И. Раззаков атындағы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети
Кыргызский государственный технический университет имени И. Раззакова

“САНАРИПТЕШТИРҮҮ ЖАНА ГЛОБАЛДАШУУ ДООРУНДАГЫ ИЛИМ, ТЕХНИКА ЖАНА ИНЖЕНЕРДИК БИЛИМ БЕРҮҮ”

ЖАШ ОКУМУШТУУЛАРДЫН, МАГИСТРАНТТАРДЫН ЖАНА СТУДЕНТТЕРДИН
68-ЭЛ АРАЛЫК ОНЛАЙН ИЛИМИЙ-ТЕХНИКАЛЫК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫН

МАТЕРИАЛДАРЫ

3-Том

“НАУКА, ТЕХНИКА И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В ЭПОХУ ЦИФРОВИЗАЦИИ И ГЛОБАЛИЗАЦИИ”

МАТЕРИАЛЫ

68 МЕЖДУНАРОДНОЙ СЕТЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ (МСНТК)
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, МАГИСТРАНТОВ И СТУДЕНТОВ

Том 3

БИШКЕК – 2026

И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети
Кыргызский государственный технический университет имени И. Раззакова

“САНАРИПТЕШТИРҮҮ ЖАНА ГЛОБАЛДАШУУ ДООРУНДАГЫ ИЛИМ, ТЕХНИКА ЖАНА ИНЖЕНЕРДИК БИЛИМ БЕРҮҮ”

ЖАШ ОКУМУШТУУЛАРДЫН, МАГИСТРАНТТАРДЫН ЖАНА СТУДЕНТТЕРДИН 68-ЭЛ АРАЛЫК ОНЛАЙН ИЛИМИЙ-ТЕХНИКАЛЫК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫН

МАТЕРИАЛДАРЫ

3-Том

“НАУКА, ТЕХНИКА И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В ЭПОХУ ЦИФРОВИЗАЦИИ И ГЛОБАЛИЗАЦИИ”

МАТЕРИАЛЫ

68 МЕЖДУНАРОДНОЙ СЕТЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ (МСНТК) МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, МАГИСТРАНТОВ И СТУДЕНТОВ

Том 3

БИШКЕК – 2026

УДК 37:004:62

Жаш окумуштуулардын, магистранттардын жана студенттердин 68-эл аралык онлайн илимий-техникалык конференциясынын материалдары. – Бишкек: КМТУ, 2026. –3-том 554 б.

Жыйнакта жаш окумуштуулардын, аспиранттардын жана студенттердин «Санариптештирүү жана глобалдашуу доорундагы илим, техника жана инженердик билим берүү» аттуу 68-Эл аралык онлайн илимий-техникалык конференциясында сунушталган теориялык жана эксперименталдык изилдөөлөрдүн жыйынтыктары камтылган.

Материалы 68 международной сетевой научно-технической конференции (МСНТК) молодых ученых, магистрантов и студентов.- Бишкек: КГТУ, 2026. – том 3 554 стр.

В сборнике научных трудов представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований 68 международной сетевой научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Наука, техника и инженерное образование в эпоху цифровизации и глобализации».

Жыйнак авторлор берген макалалардын негизинде түзүлдү.
Алардын мазмунуна жана тууралыгына авторлор жооп берет.

Сборник составлен на основе материалов, представленных авторами.
Авторы несут ответственность за содержание и достоверность материалов.

Журнал электрондук форматта чыгарылат жана
Университеттин эмгек жамаатында колдонулат

Журнал для внутреннего пользования,
выходит в электронном формате

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель: Чыныбаев М.К., к.ф.-м.н., доц., ректор
Зам.председателя: Элеманова Р.Ш., д.т.н., проф.,проректор по НР
Секретарь: Дуйшеналиева А.Дж., к.п.н., доц., директор ДНиПК

Члены:
Сырымбекова Э.И., проректор по АР
Асиев А.Т., проректор по АХР
Чымыров А.У., проректор по МС
Арзыбаев А.М., проректор по цифровизации
Жайлообай кызы Ч., заведующая ОАиД
Абдиев А.Р., директор КГМИ им.У.Асаналиева
Рыспаева И.А., директор ТИ
Маткеримов Т.Ы., директор ИТиР
Калматов У.А., директор ЭИ
Кабаева Г.Дж., директор ИИТ
Болотов Т.Т., директор КИСИ им.Н.Исанова
Сагымбаев А.А., директор ИЭТ
Усупкожоева А.А., директор КГТИ
Кожобаева С.Т., директор ИАД
Сыдыкова Ч.К., директор ВШЭиБ
Уметалиев А.С., директор МВШЛ
Өзүбекова Р.А., директор филиала Кара-Куль
Тургунбаев М.С., директор филиала Кызыл-Кия
Сыдыков Ж.Д., директор филиала г. Токмок
Калчороев А.К., директор филиала г. Кара-Балты

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ КОМИТЕТ

Председатель: Элеманова Р.Ш., д.т.н., проф., проректор по НР
Зам.председателя: Дуйшеналиева А.Дж., к.п.н., доц., директор ДНиПК
Секретарь: Омурзакова А.Р., гл. специалист ДНиПК

Члены:
Аманкулова А.Б., директор издательства КГТУ им.И.Раззакова
Молмакова М.С., зам. директора по науке КГМИ .У.Асаналиева
Конкубаева Н.У., зам. директора по науке ТИ
Бопушев Р.Т., зам. директора по науке ИТиР
Уманова Н.Д., зам. директора по науке ЭИ
Тойбаева Ж.Д., зам. директора по науке ИЭТ
Кудакеева Г.М., зам.директора по науке ИИТ
Муканбет к. Э., зам. директора по науке КИСИ им.Н.Исанова
Коколоева У.У., зам. директора по науке КГТИ
Кадыркулов Д.А., зам. директора по науке ИАД
Чонкоева А.А., зам. директора по науке ВШЭБ
Орозонова А.А., зам. директора по науке МВШЛ
Суеркулов М.А., зам. директора по науке филиала г. Токмок
Дубинина В.В., ответственная по науке филиала г. Кара-Балта

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА, ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬНАЯ СРЕДА

1. **Адышев С.Т., Тойгонбай кызы Айзирек.** Декоративдик живописте «туулган жер» темасын чагылдыруу..... 10
2. **Кайратбекова К.К., Омуралиев Д. Д.** Особенности архитектурно-планировочного формирования современных молодёжных центров 13
3. **Кайратбекова К.К., Омуралиев Д. Д.** Опыт строительства молодежных центров во второй половине **XX** века 20
4. **Заирова А. С.** Способы моделирования этно-декоративных средств в развитии объектов инновационной архитектуры..... 26
5. **Хасенов М.И.** Архитектурно-планировочные концепции рекреационного освоения побережья крупных водоемов: анализ и адаптация британского опыта..... 32

ГОРНОЕ ДЕЛО

6. **Умаров Т.С., Абдыкалыков Э.Ж.** Применение современных геомеханических моделей для оценки устойчивости бортов карьера..... 48
7. **Касымов Р.Г., Макенова А.Б.** Анализ методов прогнозирования износа футеровок мельницы полу-самоизмельчения (ПСИ)..... 55
8. **Молдобаев Э.С., Сагынбек уулу Исабек.** Интенсификация технологии обогащения медно-золотой руды ОФ «Казминералз Бозымчак»..... 60
9. **Алиев М.И., Мельников А.А., Анисимов Т.П.** Анализ добычи и переработки нефти в Кыргызской Республике..... 64
10. **Алиев М.И., Кубанычбекова А.К.** Переработка нефти на НПЗ «ДЖУНДА» г. Кара-Балта..... 68

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ

11. **Айманбаева Д. К., Мусаева Ж. М.** Современные тенденции развития образовательных веб-платформ 72
12. **Арыстанбекова Г.Т., Дуйшоков К.Д.** Глубокое обучение и погружение в мир нейронных сетей..... 78
13. **Арыстанбекова Г.Т., Дуйшоков К.Д.** Веб-ориентированная система учёта и прогнозирования персональных финансов с использованием методов машинного обучения..... 84
14. **Асылбеков А. Т., Маматалиева Б. А., Абдулаев А. А.** Моделирование пространственно-временных зависимостей и адаптация к изменениям топологии с использованием графовых нейронных сетей (GNN) 90
15. **Байгазиев М.С., Шайназаров Э.М.** Разработка веб-сайта для кафедры с использованием фреймворка DJANGO 93
16. **Байгазиев М.С., Кубатбеков А.К.** Анализ угроз и механизмов обеспечения информационной безопасности в облачных сервисах 98
17. **Байгазиев М.С., Орозалиев Р.Т.** Современные методы и технологии тестирования программного обеспечения в медиакоммуникационных системах.. 106
18. **Досматов А.Б., Кадышев С.** Анализ киберугроз и безопасности в сетях 5g: в контексте Кыргызской Республики..... 111
19. **Маматалиева Б. А., Усупов Н.Т., Абдулаев А. А.** Безопасность веб приложений и базы данных 115
20. **Муканбаева А.К., Валеева А.А.** Разработка информационной системы формирования и обновления списков избирателей на основе данных единого государственного реестра населения 122

21. **Токонов А.Т., Таштанбаева В.О.** Анализ методов обеспечения безопасности базовой станции в горных условиях 128
22. **Орускулов Т.Р., Кыйшыбаева И.К.** Педагогические и технологические требования к разработке электронных учебников..... 132
23. **Орускулов Т.Р., Кыйшыбаева И.К.** Педагогические и технологические требования к разработке электронных учебников в условиях цифровой образовательной среды..... 139
24. **Раззаков М.И., Сергиенко И.В.** Современный графический дизайн с применением интеллектуальных технологий..... 146
25. **Раззаков М.И., Шаршенбекова Э.Н.** Инновационные решения в кроссплатформенной мобильной разработке..... 152
26. **Саадабаева А.** The impact of artificial intelligence on economic growth in emerging economies(Влияние искусственного интеллекта на экономический рост в развивающихся экономиках)..... 157
27. **Садыкова Э.А., Бектурганов Э.Б.** Программная поддержка электронных изданий..... 161
28. **Садыкова Э.А., Масимова Б.Э.** Роль искусственного интеллекта в издательском деле..... 167
29. **Улукбеков А. Т., Апилова Т. А.** Разработка интеллектуальной платформы для планирования туристических маршрутов с использованием искусственного интеллекта..... 174
30. **Уметалыева А.У., Асеинова С.А.** Графический дизайн как фактор повышения качества полиграфической продукции 180
31. **Чингизова Н.Н., Дулатов Ж.Д.** Сравнительный анализ операционных систем: LINUX И MICROSOFT WINDOWS 186
32. **Сыдыгалиев С.Н.** Влияние искусственного интеллекта на мышление человека. 192
33. **Зарлыков Э.М., Салиев А.Б.** Сравнительный анализ ARIMA, LSTM И PROPHET для прогнозирования KPI SOC..... 195
34. **Батырканов Ж. И., Ткачёв И.И.** Адаптивное управление индивидуальной траекторией обучения студента в условиях цифровизации образования..... 201
35. **Мельников А.А., Момунов Н.Г.** Исследование методов обнаружения и предотвращения компьютерных вирусов..... 205
36. **Шаршебаева И.Т.** Исследование технологии блокчейн и её применение в Веб-разработке..... 208

ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

37. **Батыржанова П.С., Закутный Н.А.** Эволюция развития, добычи и применения нефти..... 213
38. **Батыржанова П.С., Темирканова А.Ш.** Методика проведения занятий с использованием интерактивных технологий по дисциплине «химия»..... 216
39. **Эдигеева К.Т., Маматова К.Б.** Зат атооч жана анын категорияларын окутуу..... 219
40. **Темирбекова А., Акунов А.** Мамлекетти башкаруу тажрыйбасы жана тарыхый эс тутум..... 225
41. **Темирбекова А.** Кыргыз Республикасынын көз карандысыздык жөнүндөгү декларациясына 35 жыл 229

ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ

42. **Сырымбекова Э.А., Элеманова Р.Ш., Кожобекова К.К.** К вопросу возрождения рецептуры и технологии кыргызского национального продукта «Гүлазык»..... 235

43. **Нурланова Н.Н., Корчубекова Т.А., Гуцал С.Н.** Сравнительный анализ микробиологической контаминации и физико-химических показателей различных сортов муки в контексте продовольственной безопасности..... 242
44. **Токтогонова Ф., Алымкулова Н. Б.** Проблемы оборота БАД в Кыргызской Республике..... 250
45. **Токонова А. Н., Элеманова Р.Ш.** Анализ внедрения программы производственного контроля на пищевых предприятиях Кыргызской Республики..... 256
46. **Кочнева С. В. , Муртазаев Б. Е.** Оптимизация технических решений процесса объемного дозирования жидких компонентов в производстве майонезе..... 264

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

47. **Акназар у. Ж., Майрамбекова А.М.** Биомеханический анализ прочности и надежности ахиллова сухожилия 268

ТЕХНОЛОГИИ В ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

48. **Омурзакова У.М., Аманова Н.С.** Классификация технологических отходов в швейном производстве и их учет в структуре себестоимости..... 272
49. **Осмонова М.М., Бекболсунова А.Б.** Разработка женской одежды в японском стиле «Древо жизни» в программе ADOBE ILLUSTRATOR..... 280
50. **Сыдыгалиева М.О., Абдиллажанова С.Б., Кадырбекова Ж.М.** Женская национальная одежда с конструктивным декорированием..... 283

ТРАНСПОРТ И РОБОТОТЕХНИКА

51. **Абдылдаева А.Т., Джалбиев Э.А.** Разработка интеллектуальной системы управления беспилотным транспортным средством на основе ИИ (нейросети)..... 286
52. **Асанова А.А., Джалбиев Э.А.** Выявление неисправностей на автоматизированной производственной линии на основе искусственного интеллекта..... 289
53. **Асанова А.А., Джалбиев Э.А.** Разработка автоматического модуля диагностики технических систем 296
54. **Гененко В. В., Васильев В.Б.** Функциональные задачи автоматизированной системы управления режимами работ зерносушильной установки..... 303
55. **Жаныбекова Г. Ж., Акматбеков Р.А.** Параметрическая оптимизация типовых линейных систем управления 309
56. **Жолдошбекова Г. А., Джалбиев Э.А.** Цифровая модернизация локальных систем АСУ ТП для повышения эффективности технологических процессов..... 315
57. **Иманалиев Т. О., Термечикова А. А.** Повышение эффективности эксплуатационных свойств грузовых автомобилей в различных дорожных условиях путем оптимизации параметров работы их пневматической подвески.. 319
58. **Казыбаев Д.Ж., Джалбиев Э.А.** Разработка устройства подачи сеточного покрытия на деревья с помощью дронов 326
59. **Кириенко Е.А., Трегубов А.В.** Производственные испытания промышленных сварочных роботизированных установок 330
60. **Майрамбеков А.М., Джалбиев Э.А.** Разработка автоматического модуля по диагностике и выявлению неисправностей на автоматической линии на основе искусственного интеллекта..... 335
61. **Максимов Д.В., Васильев В.Б.** Обзор систем современных кернорезных станков и возможности их модернизации 340
62. **Мамытов К. С., Васильев В.Б.** Разработка автоматической системы управления режимами работы электрического кернорезного станка..... 345

63. **Мамытов К. С., Васильев В.Б.** Сравнительный анализ скалярного и векторного методов управления асинхронным электродвигателем на базе частотного преобразователя применительно к кернорезному станку..... 350
64. **Молдоева А.Б., Алмасбеков А.А.** Разработка адаптивной системы светофорного объекта для оптимизации транспортных потоков 355
65. **Муратов М.Р., Трегубов А.В.** Разработка поворотного устройства для обработки интегрированных силовых элементов и прецизионных узлов подвеса бпла на базе малогабаритного станка с ЧПУ 360
66. **Муслимов А.П., Лапотышкин А.В.** Двухконтурная автоматическая система, управляющая технологическим процессом на токарном станке по двум параметрам: скоростью вращения заготовки и величиной зазора в гидростатических направляющих 369
67. **Пазылов Т.М., Муслимов А.П., Абдыкеримова Д.К.** Разработка полностью автоматизированной каскадной системы насосов для регулирования давления в системе водоснабжения 374
68. **Полещук С.К., Васильев В.Б.** Анализ универсального стенда для исследования автоматических систем управления режимами работ гидравлической буровой машины и гидроаппаратуры 378
69. **Рахатбеков Б.Р.** Теоретическое сравнение алгоритмов планирования маршрута для логистических бпла и методика их выбора 383
70. **Рахатбеков Б.Р.** Разработка концепции многофункционального дрона для логистических задач: обзор и анализ 386
71. **Садабаев А.П., Самсалиев А.А.** Разработка оптического резонатора для фокусировки энергии излучений СВЧ плазмотрона 390
72. **Стасенко Л.Н., Арыкбаев К.Б., Гаченко Д.** Улучшение и оптимизация эффективности грузовых перевозок в Кыргызской Республике..... 395
73. **Суконкин А.А., Муслимов А.П.** Автоматическая система контроля поверхностных дефектов тел вращения фотоэлектрическим методом и автоматическая система разбраковки..... 402
74. **Урих Д.А., Васильев В.Б.** Разработка автоматической системы регулирования скорости подачи режущего инструмента фрезерного станка с ЧПУ..... 408
75. **Чынгыз Маратбек уулу, Алмасбеков А.А.** Разработка мехатронной системы автоматизации аэрации сточных вод с предиктивным управлением, адаптированной к условиям Кыргызстана..... 413
76. **Шамов Н.К.** Обзор методов машинного обучения для адаптивного управления реабилитационным экзоскелетом и теоретическое обоснование выбора..... 416
77. **Шамов Н.К.** Анализ механических конструкций и систем управления реабилитационных экзоскелетов..... 420
78. **Ювэнь Цяньян, Самсалиев А.А.** Разработка систем контроля параметров работы СВЧ плазматрона 423
79. **Ли Пэнцзю, Дыйканбаева У.М.** Оптимизация траекторий движения режущего инструмента станков с численным программным управлением при многоосевой обработке..... 428
80. **Иязов М.С., Керимбаев Н.Ш.** Экспериментальное исследование и восстановление рамы самосвала CAT 789c методом технологии сварки и неразрушающего контроля..... 434
81. **Янецкий А.А., Омуралиев У.К., Сопоев М.К.** Изменение параметров работы гибкой производственной автоматической линии (ГАПЛ) THMSRX-3 путем внесения правок в программный код для различных производственных задач..... 441
82. **Садиева А. Э., Исманов Д.Р.** Вопросы энергоэффективности в холодильной технике..... 446

83. **Алиев М.И., Резников С.В.** Анализ и выбор схемы крепления манипулятора с механизмом переменной структуры для строительно-ремонтных работ..... 450
84. **Алиев М.И., Анциферов В.В.** Өзгөрүлмө түзүлүштүү механизмге ээ сокку берүүчү машиналарды түзүү боюнча иштеп чыгуулар..... 454
85. **Калчороев А.К., Белеков Н.Р.** Разработка системы малого беспилотного летательного аппарата..... 458
86. **Калилов Т.А., Смадияров А.Э.** Совершенствование технического обслуживания ходовой части автомобилей..... 461
87. **Кадыкеев А.К., Садиева А.Э., М. Осмонбек кызы** Исследование и математическое моделирование системы автоматического переворота изделий в технологических процессах..... 464

ЭКОЛОГИЯ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ, ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

88. **Абдирашитова Н.А., Дунканаев А.М., Борбоев Ш.Ш.** Прогноз потребления сжиженного природного газа в системах автономной газификации населенных мест 469
89. **Жыргалбаева Н.М., Борбоев Ш.Ш., Дунканаев А.М.** Ресурсосберегающие технологии в газораспределительных системах: технико-экономическое обоснование перехода на полимерные трубопроводы 475
90. **Куниев А.Х., Мурзаканов А.Н.** Экологическая безопасность транспортной системы Кыргызстана в условиях урбанизации 482
91. **Саньков В.И., Иманалиева С.Ж., Алимов А.К.** Анализ эффективности совместного применения теплового насоса и солнечного коллектора в системе теплоснабжения индивидуального жилого дома 487
92. **Маратбек уулу Ч., Алмасбеков А.А.** Разработка мехатронной системы автоматизации аэрации сточных вод с предиктивным управлением, адаптированной к условиям Кыргызстана..... 490
93. **Самудинов Б.Н., Шабданова Э.А.** Исследование соответствия освещения учебных помещений санитарным нормам с применением люксметра SONEL LXP-2..... 493

ЭКОНОМИКА, ЛОГИСТИКА И УПРАВЛЕНИЕ

94. **Айманбаева Д.К., Зюкина В.В.** Использование информационных технологий в создании рекламной продукции 499
95. **Акылбекова Ф. А., Курбанова И. Х.** Роль человеческого капитала в развитии цифровой экономики Кыргызстана 503
96. **Арзаева А.Г.** Разработка системы документации органа по сертификации для прохождения аккредитации 510
97. **Набиев И.А.** AGENTIC AI И автономные цепи поставок 513
98. **Нарбаева Э.К., Тохтыева З.Х.** Зеленое финансирование как фактор устойчивого экономического развития Кыргызской Республики..... 517
99. **Орозбаков Б.Д., Зыкова Е.П.** Необходимость входного контроля сырья для повышения качества выпускаемой продукции 523

ЭНЕРГЕТИКА, ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

100. **Абдесов А.Э., Бокоева Ж.А.** Перспективы использования возобновляемых источников энергии в энергосистемах..... 529
101. **Ажиходжоева А.А., Толомушев А.Э.** Анализ возможности внедрения сетевых солнечных электростанций в системы электроснабжения социальных объектов и оценка экономического эффекта 533

102. **Аскарбеков А.Н.** Изучение повышения эффективности функционирования дифференциальных защит при внутренних коротких замыканиях в силовых трансформаторах 537
103. **Базаркулов А.Б.** Исследование анормальных режимов и их влияния на функционирование защит силовых трансформаторов на примере дифференциальной защиты..... 541
104. **Темирбаев К.К., Куржумбаева Р.Б.** Возможность использования возобновляемых источников энергии в зданиях Кыргызской Республики…… 546

УДК 75.03

С.Т. Адышев , Тойгонбай кызы Айзирек
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

S.T. Adyshev, Toigonbai kyzy Aizirek
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
adyshev63@kstu.kg, aizirektoigonbaikyzy@kstu.kg

ДЕКОРАТИВДИК ЖИВОПИСТЕ «ТУУЛГАН ЖЕР» ТЕМАСЫН ЧАГЫЛДЫРУУ

ОТРАЖЕНИЕ ТЕМЫ «РОДИНА» В ДЕКОРАТИВНОЙ ЖИВОПИСИ

REPRESENTATION OF THE THEME “HOMELAND” IN DECORATIVE PAINTING

Бул макалада декоративдик живопись искусствосунун өзгөчөлүктөрү жана анын адамдын ички дүйнөсүн, айрыкча «Туулган жер» темасы аркылуу чагылдыруу мүмкүнчүлүктөрү каралат. Автор өз эмгегинде түстөрдүн жана композициянын жардамы менен Кыргызстандын жети облусунун биримдигин символикалык түрдө көрсөтүүгө аракет кылган.

Ачкыч сөздөр: *декоративдик живопись, композиция, түс, образ, туулган жер, символика.*

В статье рассматриваются особенности декоративной живописи и её возможности в передаче внутреннего мира человека на примере темы «Родина». Автор стремится через цвет и композицию отразить единство семи областей Кыргызстана.

Ключевые слова: *декоративная живопись, композиция, цвет, образ, родина, символика.*

This article examines the features of decorative painting and its ability to express a person’s inner world through the theme “Homeland”. The author uses color and composition to symbolically represent the unity of the seven regions of Kyrgyzstan.

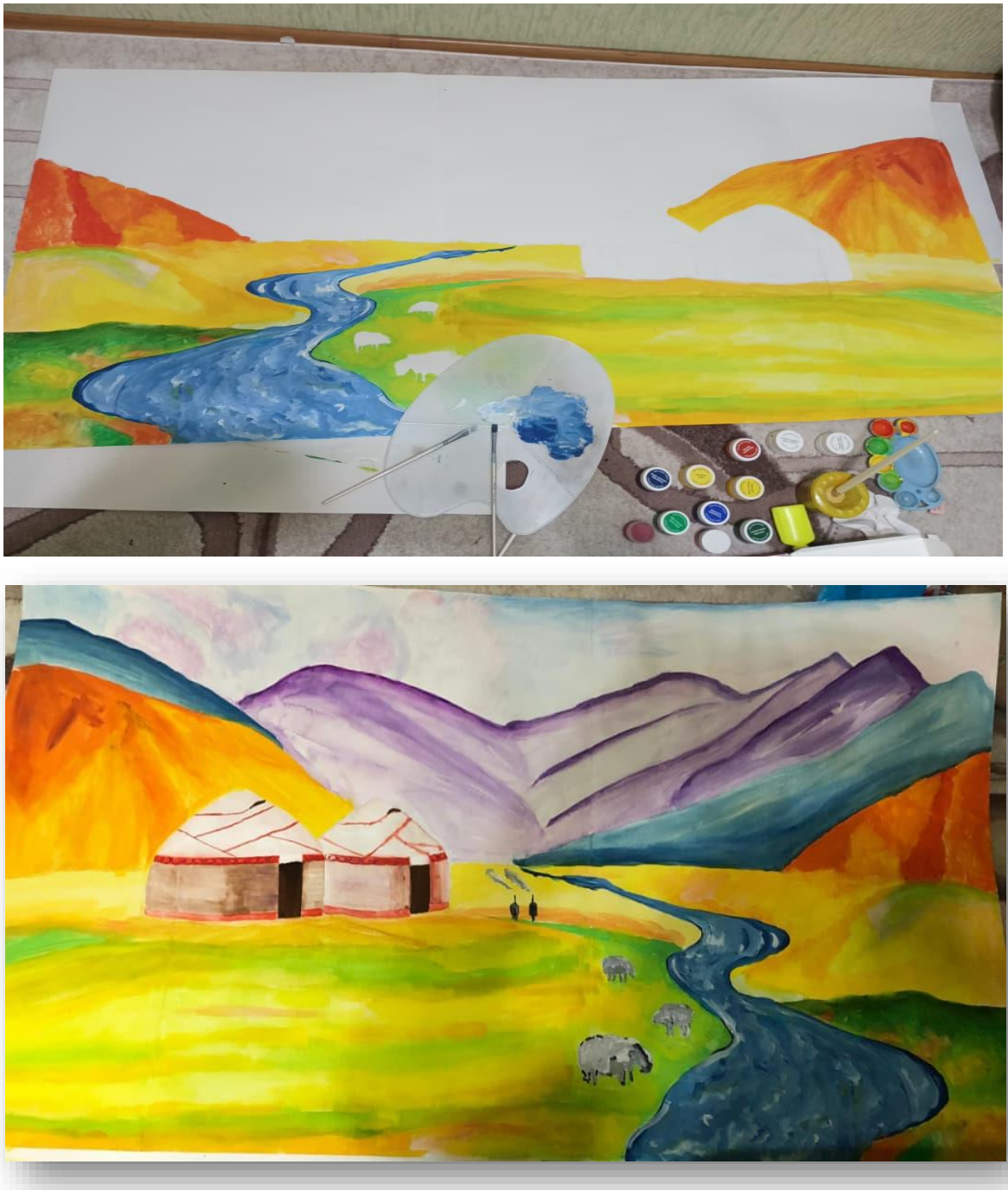
Key words: *decorative painting, composition, color, image, homeland, symbolism.*

Киришүү. Декоративдик живопись – көркөм искусствонун маанилүү багыттарынын бири болуп саналат. Ал айлана-чөйрөнү эстетикалык жактан кооздоо менен бирге, терең мазмунду да камтыйт. Бул багытта реалдуулукту түз көчүрүүдөн көрө, аны символдор, стилдештирүү жана түстөр аркылуу берүү өзгөчө мааниге ээ. «Туулган жер» темасы ар бир адам үчүн ыйык жана терең мааниге ээ. Ал адамдын тарбиясына, дүйнө таанымына жана келечекке болгон көз карашына түздөн-түз таасир этет.

Изилдөөнүн максаты. Бул иштин максаты – декоративдик живопистин каражаттары аркылуу «Туулган жер» темасын көркөм чагылдыруу жана композиция, түс, форма аркылуу мекенге болгон сүйүүнү берүү ыкмаларын изилдөө.

Изилдөөнүн материалдары жана методдору Изилдөөдө декоративдик живопистин негизги ыкмалары колдонулду:
стилдештирүү;
символикалык берүү;

түстүк контраст;
композициялык чечимдер.



1-сүрөт. Эскиз

Ошондой эле түстөрдүн эмоционалдык таасири жана алардын символикалык мааниси талданды. Практикалык иш катары автор тарабынан «Туулган жер» аттуу чыгарманын эскизи жана даяр композициясы иштелип чыкты.

Бул чыгармада декоративдик ыкма колдонулуп, композиция эркин жана образдуу түрдө түзүлгөн. Сүрөттө түстөрдүн контрасттуулугу жана алардын айкалышы өзгөчө мааниге ээ. Жогорку бөлүгүндө көк жана ак түстөр биздин Ысык-Көлүбүздү, кызгылт-көк түс бул Баткен облусунда гүлдөгөн өрүк гүлдөрүн, төмөн жагындагы жашыл жана сары түстөр жердин берекесин, жашоонун уландысын чагылдырат.

Сүрөттөгү формалар толук реалисттик эмес, алар атайын бузулуп, декоративдик стилде берилген. Бул ыкма көрүүчүнүн көңүлүн деталдарга эмес, жалпы образга жана мааниге бурат. Адамдын образы борбордук орунга жайгашып, ал табият менен бир бүтүндүктө көрсөтүлгөн. Бул – адам менен туулган жердин ажырагыс байланышын билдирет.
Ошондой эле композицияда динамика байкалат; сызыктардын жана формалардын өзгөрмөлүүлүгү жашоонун агымын, убакыттын өтүшүн жана эскерүүлөрдүн үзгүлтүксүздүгүн чагылдырат.

2-сүрөт. Туулган жер

Изилдөөнүн жыйынтыктары жана аларды талкуулоо. Бул чыгармада декоративдик ыкма колдонулуп, композиция эркин жана образдуу түрдө түзүлгөн. Түстөрдүн айкалышы өзгөчө мааниге ээ:

көк жана ак түстөр – Ысык-Көлдүн символу;

кызгылт түс – Баткен облусундагы өрүк гүлдөрүн чагылдырат;

жашыл жана сары түстөр – жердин берекесин жана жашоонун уландысын билдирет.

Формалар атайын жөнөкөйлөтүлүп жана бузулуп берилген, бул көрүүчүнүн көңүлүн деталдарга эмес, жалпы образга бурат. Композициянын борборунда адам образы жайгашып, ал табият менен бир бүтүндүктө көрсөтүлгөн. Бул – адам менен туулган жердин ажырагыс байланышын символдойт. Ошондой эле композицияда динамика байкалат: сызыктардын өзгөрмөлүүлүгү жашоонун агымын жана убакыттын өтүшүн билдирет.

Корутунду. Жыйынтыктап айтканда, туулган жер – бул жөн гана географиялык аймак эмес, ал биздин тарыхыбыз, маданиятыбыз жана келечегибиз. Декоративдик живописти жардамы менен бул түшүнүктү терең жана символикалык деңгээлде чагылдырууга болот. Туулган жерге болгон сүйүү – чыныгы мекенчилдиктин негизги белгиси болуп саналат.

Адабияттар тизмеси

1. Алимбеков А. Кыргыз сүрөт өнөрүнүн тарыхы. – Бишкек: Бийиктик, 2015.
2. Жолдошев С. Көркөм өнөрдүн негиздери. – Бишкек: Шам, 2018.
3. Основы декоративного искусства. – Москва: Искусство, 2016.
4. Теория цвета и композиции в живописи. – Санкт-Петербург: Питер, 2019.
5. Искусство живописи и композиции. – Москва.

УДК 72.01

К.К. Кайратбекова, Д. Д.Омуралиев
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

Keremet Kairatbekova, Duishonbek Omuraliev
Razzakov University, Bishkek, Kyrgyz Republic
kairatbekovak@gmail.com

ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНОГО ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МОЛОДЁЖНЫХ ЦЕНТРОВ

ЗАМАНБАП ЖАШТАР БОРБОРЛОРУНУН АРХИТЕКТУРАЛЫК-ПЛАНДЫК ТҮЗҮЛҮШҮНҮН ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨРҮ

FEATURES OF ARCHITECTURAL AND PLANNING FORMATION OF MODERN YOUTH CENTERS

Макалада заманбап архитектуралык типологиянын динамикалуу өнүгүп жаткан багыты — жаштар борборлорунун архитектуралык-пландоо түзүлүшүнүн калыптануу өзгөчөлүктөрү изилденген. Изилдөөнүн актуалдуулугу коомдук мейкиндиктердин визуалдык эстетикасы менен алардын функционалдык мазмунунун ортосундагы карама-каршылыктардын күчөшү менен шартталган. Кытайдагы Gehua Youth and Cultural Center объектисинин мисалында имараттын морфогенези, функционалдык зоналарга бөлүнүшү жана коммуникациялык түйүндөрүнүн эффективдүүлүгү деталдуу талдоого алынган. Автор архитектуралык форманын татаалдыгы пайдалануучулардын реалдуу муктаждыктарына дайыма эле жооп бербестигин далилдеген. Изилдөөнүн жыйынтыгында, заманбап долбоорлоодогу формализмдин терс таасирлери аныкталып, жаштар борборлорунун мейкиндигин оптималдаштыруу боюнча сунуштар берилген.

Ачкыч сөздөр: *жаштар борбору, архитектуралык типология, пландоо түзүлүшү, функционалдык дефекттер, коомдук мейкиндиктердин морфогенези, архитектуралык формализм, Gehua Youth and Cultural Center, универсалдуу мейкиндик, долбоорлоо принциптери.*

В статье представлен углубленный анализ архитектурно-планировочного формирования современных молодежных центров как динамично развивающегося типа общественного здания. Актуальность исследования обусловлена растущим противоречием между внешней эстетикой архитектурных объектов и их функциональной пригодностью. На примере культурно-молодежного центра Gehua (Китай) детально анализируются процессы морфогенеза, принципы функционального зонирования и эффективность организации коммуникационных узлов. Автором выявлен критический разрыв между концептуальной сложностью архитектурной формы и практическими потребностями пользователей. В результате исследования определены дефекты формалистического подхода в проектировании и сформулированы выводы о необходимости приоритета функциональной гибкости пространства над его визуальной оболочкой в архитектуре молодежных хабов.

Ключевые слова*: молодежный центр, архитектурная типология, планировочная структура, функциональные дефекты, морфогенез общественных пространств, архитектурный формализм, Gehua Youth and Cultural Center, универсальное пространство, принципы проектирования.*

The article provides an in-depth analysis of the architectural and planning formation of modern youth centers, a rapidly evolving typology of public buildings. The relevance of the study

stems from the increasing contradiction between the visual aesthetics of architectural objects and their functional efficiency. Using the Gehua Youth and Cultural Center in China as a case study, the article examines the processes of morphogenesis, principles of functional zoning, and the effectiveness of spatial communications. The author identifies a critical gap between the conceptual complexity of architectural forms and the actual needs of the youth users. As a result, the study highlights the deficiencies of the formalistic design approach and concludes that functional adaptability must take precedence over visual expression in the design of modern youth hubs.

***Key words**: youth center, architectural typology, planning structure, functional deficiencies, morphogenesis of public spaces, architectural formalism, Gehua Youth and Cultural Center, universal space, design principles.*

Введение. Современные молодежные центры являются важным элементом социальной и культурной инфраструктуры города. Они формируют многофункциональные пространства для общения, творчества, образования и досуга, способствуя социальной интеграции и развитию личности. Во второй половине XX века, в условиях урбанизации и роста городского населения, возникла необходимость в специализированных общественных зданиях. В этот период началось формирование типологии молодежных центров. На современном этапе их развитие связано с глобальными архитектурными тенденциями, цифровизацией и изменением образа жизни молодежи. Такие центры трансформируются в универсальные общественные пространства, объединяющие различные функции. Однако в последние десятилетия усиливается формалистический подход, при котором архитектурная выразительность доминирует над функциональной эффективностью. Это приводит к снижению качества пространственной среды.

Цель исследования: Целью данного исследования является выявление и анализ архитектурно-планировочных особенностей современных молодежных центров, а также определение их функциональных дефектов.

Объект исследования: Архитектурно-планировочная организация современных молодежных культурно-досуговых центров как специфического типа общественного здания в условиях современной городской среды.

Материалы и методы исследования: В работе применен комплексный подход к анализу архитектурного объекта, включающий функциональный, пространственный и морфогенетический методы. Основой исследования послужил кейс Gehua Youth and Cultural Center, расположенный в КНР.

Использованы следующие методы:

1. функциональный анализ — для выявления логики зонирования и сценариев использования пространства;
2. графоаналитическое моделирование (Space Syntax) — для оценки связности пространств, глубины маршрутов и доступности функциональных зон;
3. морфогенетический анализ — для изучения процессов формообразования и их влияния на планировочную структуру;
4. композиционный анализ — для выявления роли центральных элементов и организации пространственной иерархии;
5. конструктивный анализ — для оценки степени гибкости и адаптивности архитектурной системы.

Такой междисциплинарный подход позволяет рассмотреть объект не только как архитектурную форму, но и как функционирующую социальную среду.

Центрическая структура и пространственная неэффективность. Анализ планировочной структуры показал, что здание организовано по принципу замкнутой кольцевой композиции с внутренним двором (см. рис. 1). С композиционной точки зрения данное решение формирует выраженный центр, однако с позиции пространственной логики оно снижает эффективность связей между функциональными зонами.

Внутренний двор, декларируемый как общественное ядро, фактически выступает как пространственный разрыв, увеличивая длину маршрутов и глубину пространственного графа. Перемещение между основными зонами осуществляется преимущественно по периферии, что усложняет навигацию и увеличивает временные затраты пользователей.

Таким образом, центрическая структура в данном случае не обеспечивает необходимую интеграцию пространства, а приводит к его частичной фрагментации.

Рисунок 1 – Анализ функционального процесса первого этажа

Нарушение логики функциональных связей. Функционально-планировочный анализ показал недостаточную связанность ключевых зон здания — образовательных, досуговых и театральных (см. рис. 2). Несмотря на их близкое расположение, взаимодействие между ними осуществляется опосредованно.

Это приводит к увеличению протяженности маршрутов, снижению интенсивности взаимодействия между зонами и формированию относительно изолированных функциональных кластеров. Подобная структура противоречит современным принципам формирования молодежных центров как открытых и взаимосвязанных пространств.

Рисунок 2 – Анализ горизонтального зонирования планировки первого этажа

Гипертрофированная визуальная открытость. Анализ визуальных связей показал, что внутренние пространства здания ориентированы на центральный двор и обладают высокой степенью визуальной открытости (см. рис. 3).

Данное решение способствует формированию единого визуального поля, однако сопровождается снижением уровня приватности и отсутствием четкого разделения пространств по степени публичности. В результате пользователь оказывается в условиях постоянной визуальной доступности, что может оказывать сдерживающее влияние на поведенческие сценарии и повышать когнитивную нагрузку.

Таким образом, в проекте недостаточно реализован баланс между открытыми и камерными пространствами, что является важным фактором для молодежной среды.

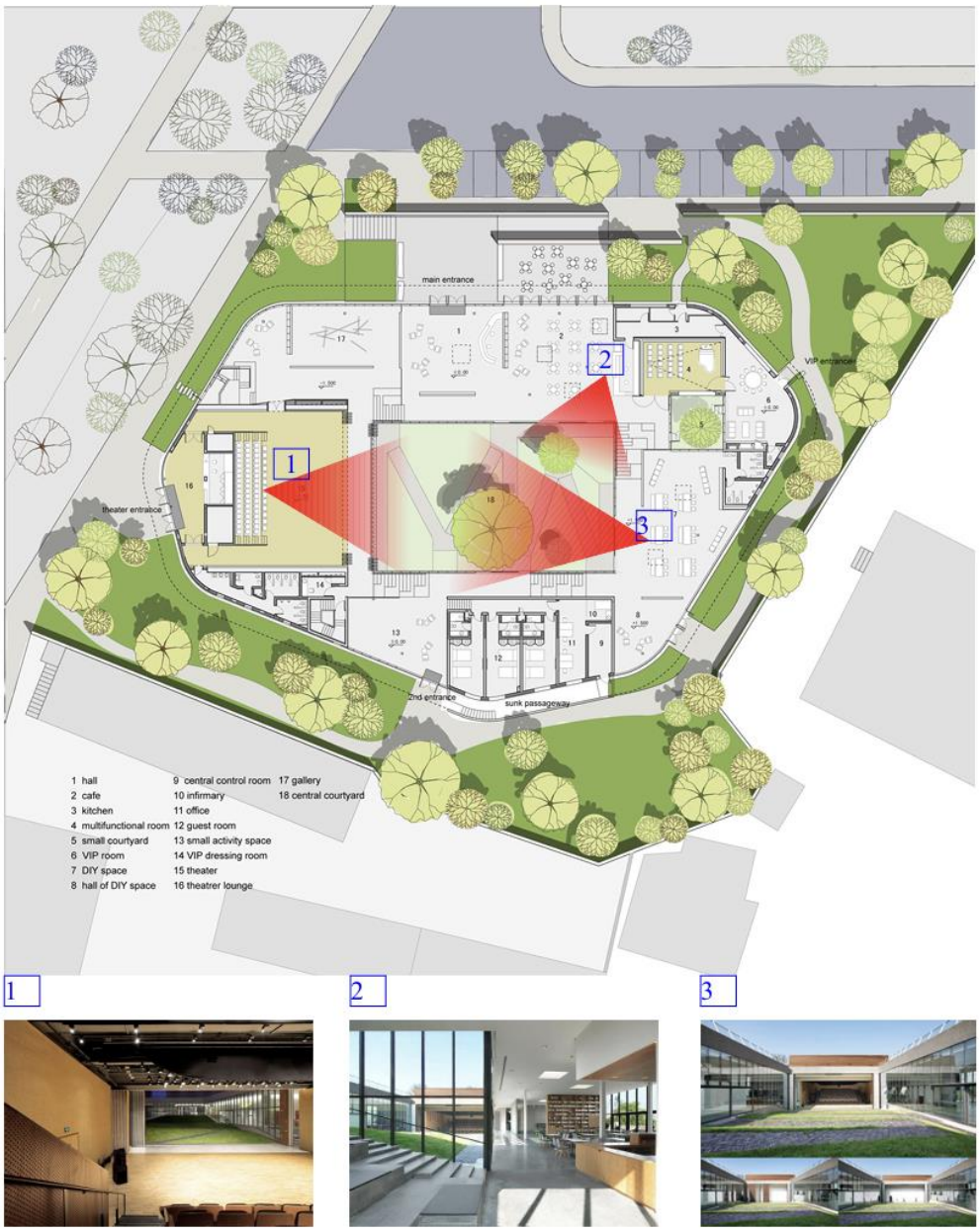


Рисунок 3 – Анализ видовых точек

Формализм как доминирующий фактор проектирования. Морфогенетический анализ показал, что формообразование здания в значительной степени определяет его планировочную структуру (см. рис. 4). Наблюдается доминирование композиционно-образного подхода над функциональной логикой.

Это проявляется в подчинении планировочных решений геометрии кольцевой формы, вторичности функциональных связей и необходимости адаптации пользователя к заданной архитектурной структуре. В данном случае можно говорить о преобладании формоориентированного подхода, при котором эксплуатационные качества пространства оказываются ограниченными.

Принципы формирования композиции

Централизация — вокруг двора выстроены все главные функции.

Функциональная гибкость — свободная структура позволяет трансформацию и адаптацию помещений.

Контекстуальность — форма здания повторяет рельеф, обращаясь к природному окружению.

Интеграция внутренних и наружных пространств — внутренние помещения логично перетекают в открытые террасы и эксплуатируемую крышу.

Рисунок 4 – Принципы формирования композиции

Конструктивная жесткость и ограничеснная адаптивность. Конструктивный анализ показал, что здание выполнено с использованием монолитных железобетонных конструкций, обеспечивающих реализацию сложной геометрии (см. рис. 5).

Данная система обладает ограниченными возможностями трансформации. Жесткая фиксация несущих элементов и инженерных коммуникаций делает перепланировку технически затрудненной и снижает адаптивный потенциал здания.

Несмотря на заявленную многофункциональность, архитектурное решение не в полной мере обеспечивает гибкость пространства, необходимую для современных общественных объектов.

Рисунок 5 – Анализ конструктивной структуры

Вывод. Проведённое исследование показало, что в архитектурно-планировочном формировании современных молодежных центров наблюдается доминирование формоориентированного подхода, при котором приоритет нередко отдается визуальной выразительности в ущерб функциональной эффективности. На примере Gehua Youth and Cultural Center установлено, что центрическая структура организации пространства может приводить к снижению связности и увеличению протяженности маршрутов, а внутренний двор, выступающий композиционным ядром, в рассматриваемом случае выполняет преимущественно разделяющую функцию.

Выявлено, что избыточная визуальная открытость пространства может оказывать влияние на психологический комфорт пользователей, формируя эффект постоянной наблюдаемости и ограничивая разнообразие сценариев поведения. Нарушение баланса между публичными и приватными зонами снижает качество архитектурной среды. Дополнительно установлено, что жесткая конструктивная система ограничивает возможности трансформации пространства и адаптации здания к изменяющимся требованиям.

Таким образом, эффективное проектирование современных молодежных центров требует перехода от формоориентированного подхода к функционально и социально ориентированной архитектуре. Необходимо обеспечивать высокую степень пространственной связности, гибкость планировочных решений и возможность трансформации среды в соответствии с потребностями пользователей.

Список литературы

1. Омуралиев Д. Д., Дооткулова С. Архитектурная аналитика. — Бишкек: 2025.
2. Gehl J. Cities for People. — Washington: Island Press, 2010.
3. Markus T. A. Buildings and Power: Freedom and Control in the Origin of Modern Building Types. — London: Routledge, 1993.
4. Черняев В. И. Архитектура общественных зданий. — М.: Стройиздат, 2009.
5. Hillier B., Hanson J. The Social Logic of Space. — Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
6. Koolhaas R. Delirious New York: A Retroactive Manifesto for Manhattan. — New York: Monacelli Press, 1994.
7. Alexander C. A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction. — New York: Oxford University Press, 1977.
8. Ching F. D. K. Architecture: Form, Space, and Order. — Hoboken: Wiley, 2014.
9. Carmona M. Public Places Urban Spaces: The Dimensions of Urban Design. — London: Routledge, 2010.
10. Jacobs J. The Death and Life of Great American Cities. — New York: Random House, 1961.
11. Whyte W. H. The Social Life of Small Urban Spaces. — New York: Project for Public Spaces, 1980.

УДК 72.01

К.К. Кайратбекова, Д. Д.Омуралиев
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

Keremet Kairatbekova, Duishonbek Omuraliev
Razzakov University, Bishkek, Kyrgyz Republic
kairatbekovak@gmail.com

ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА МОЛОДЕЖНЫХ ЦЕНТРОВ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX ВЕКА

XX КЫЛЫМДЫН ЭКИНЧИ ЖАРЫМЫНДА ЖАШТАР БОРБОРЛОРУН КУРУУ ТАЖРЫЙБАСЫ

EXPERIENCE IN BUILDING YOUTH CENTERS IN THE SECOND HALF OF THE 2 XX CENTURY

Изилдөөдө бул процесстин архитектуралык жана социалдык өзгөчөлүктөрүнө өзгөчө көңүл бурулуп, ар кайсы өлкөлөрдө ар кайсы өлкөлөрдө жаштар борборлорун долбоорлоо жана куруу тажрыйбасы талданат. Алардын пайда болушунун тарыхый өбөлгөлөрү, шаар курууну пландаштыруу жана маданий концепциялар, ошондой эле бул борборлордун коомдук турмуштагы ролу каралат. Социалисттик блок өлкөлөрүндөгү жана батыштагы курулуш практикасын салыштырууга, жалпы тенденцияларды жана улуттук өзгөчөлүктөрдү аныктоого өзгөчө көңүл бурулат. Макалада архитектуралык чечимдер, функционалдык райондоштуруу жана жаштар борборлорунун шаардык чөйрөгө интеграцияланышы, ошондой эле идеологиялык, экономикалык жана социалдык факторлордун тышкы көрүнүшүнө тийгизген таасири талданат. Монументалдык көп функционалдуу комплекстер жана чакан жергиликтүү клубдар менен тажрыйба, алардын аймактын маданий салттарына ыңгайлашуу мисалдары каралды. Жаштар борборлорунун 60-80-жылдардагы массалык курулушунан тартып постиндустриалдык доордогу трансформацияга чейинки негизги өнүгүү этаптары баса белгиленди.

***Ачкыч сөздөр**: жаштар борбору, коомдук мейкиндик, архитектура, урбанизация, советтик модернизм, маданий саясат, социалдык интеграция, улуттук каада-салттар, коомдук имараттар.*

Это исследование анализирует опыт проектирования и строительства молодежных центров во второй половине XX века в разных странах, уделяя особое внимание архитектурным и социальным характеристикам этого процесса. Рассмотрены исторические предпосылки их возникновения, градостроительное планирование и культурные концепции, а также роль этих центров в общественной жизни. Особое внимание уделяется сравнению строительной практики в странах социалистического блока и на Западе, выявлению общих тенденций и национальных особенностей. В статье анализируются архитектурные решения, функциональное зонирование и интеграция молодежных центров в городскую среду, а также влияние идеологических, экономических и социальных факторов на их внешнее выражение. Был рассмотрен как опыт работы с монументальными многофункциональными комплексами, так и с небольшими местными клубами, включая примеры их адаптации к культурным традициям региона. Выделены ключевые этапы развития молодежных центров, от их массового строительства в 60-х и 80-х годах до трансформации в постиндустриальную эпоху.

***Ключевые слова**: молодёжный центр, общественное пространство, архитектура, урбанизация, советский модернизм, культурная политика, социальная интеграция, национальные традиции, общественные здания.*

This study analyzes the experience of designing and building youth centers in the second half of the 20th century in different countries, paying special attention to the architectural and social characteristics of this process. The historical background of their origin, urban planning and cultural concepts, as well as the role of these centers in public life are considered. Special attention is paid to comparing construction practices in the countries of the socialist bloc and in the West, identifying common trends and national characteristics.

The article analyzes architectural solutions, functional zoning and integration of youth centers into the urban environment, as well as the influence of ideological, economic and social factors on their external expression. The experience of working with monumental multifunctional complexes as well as with small local clubs was reviewed, including examples of their adaptation to the cultural traditions of the region. The key stages of the development of youth centers are highlighted, from their mass construction in the 60s and 80s to transformation in the post-industrial era.

***Key words**: youth center, public space, architecture, urbanization, Soviet modernism, cultural policy, social integration, national traditions, public buildings.*

Введение. Во второй половине XX века молодежные центры стали важной частью социальной инфраструктуры, отражая культурные, политические и архитектурные тенденции эпохи. Их создание было связано с необходимостью организации досуга, образования и обучения для новых поколений в контексте урбанизации, демографического роста и изменения образа жизни.

В странах социалистического блока эти центры были инструментом государственной идеологической политики и коллективного образования; в западных странах-платформами самоуправления молодежи, развития субкультур и общественной инициативы. Несмотря на различия, объединяющим фактором было желание создать пространство, где молодые люди могли бы развиваться, учиться, общаться и развивать свои интересы.

Цель исследования. Проанализировать исторический опыт проектирования и строительства молодёжных центров во второй половине XX века, изучить их архитектурные, функциональные и социальные особенности, выявить общие тенденции и национальные различия, а также определить практические выводы для современного градостроительства и культурной политики.

Материал исследования:

1. Исторические документы, включая государственные программы строительства, культурные и образовательные стратегии.
2. Публикации, монографии, статьи и каталоги архитектурных объектов.
3. Примеры конкретных объектов (Московский дворец молодёжи, Дворец пионеров на Воробьёвых горах, Battersea Youth Centre, Ungdomshuset и др.).

Методы исследования:

1. **Историко-архивный анализ** – изучение документов и публикаций для выявления хронологии строительства и типовых подходов.
2. **Сравнительный анализ** – сопоставление архитектурных и функциональных решений молодёжных центров разных стран, выявление общих тенденций и национальных особенностей.
3. **Функционально-пространственный анализ** – исследование планировочных схем, зонирования помещений, интеграции в городскую среду.
4. **Социокультурный анализ** – оценка роли центров в жизни молодёжи, их образовательного, культурного и социального значения.

Результаты исследования и их обсуждение. Хронология и этапы развития.

I. Конец 1940-х – 1950-е годы: Зарождение концепции

В послевоенный период в Европе и СССР появляются первые специализированные здания для молодёжи: клубы, дома пионеров, спортивные комплексы.

Архитектура — функционализм, простые формы, акцент на общественные залы и учебные помещения.

II. 1960–1970-е годы: Период массового строительства

СССР и социалистические страны:

Строительство крупных дворцов молодёжи и дворцов пионеров.

Архитектура позднего модернизма: масштабные остеклённые фасады, просторные фойе, гибкие планировки.

Пример: Московский дворец молодёжи (1985), Дворец пионеров на Воробьёвых горах (1960-е).

Западная Европа и США:

Развитие community centres и youth clubs, часто в рамках жилых районов.

Архитектура менее монументальна, больше внимания к комфортным и адаптируемым пространствам.

III. 1980-е годы: Дифференциация функций и форм

На Востоке — сохранение крупных государственных проектов, но с элементами национального стиля.

На Западе — рост самоуправляемых молодёжных центров (Ungdomshuset в Копенгагене, 1982), ориентация на субкультурную сцену.

IV. 1990-е годы: Переход и трансформация

В странах бывшего СССР — сокращение государственного финансирования, перепрофилирование или упадок многих центров.

В Европе и США — интеграция молодёжных центров в многофункциональные культурные комплексы, использование бывших промышленных зданий.

1. Исторические документы и государственные программы

В СССР создание молодёжных центров было частью государственной идеологической политики. Примером служит Дворец пионеров на Воробьёвых горах, где проводились кружки, лекции и культурные мероприятия, направленные на воспитание молодёжи.

Западная Европа

В странах Западной Европы молодёжные центры часто возникали в ответ на потребности молодёжи в культурном развитии и творчестве. Например, в Великобритании активно строились community centres, ориентированные на местную молодёжь. Battersea Youth Centre в Лондоне является примером такого подхода.

2. Публикации, монографии, статьи и каталоги

Множество публикаций посвящено архитектуре и роли молодёжных центров. Например, в журнале «Architectural Journal» публиковались статьи о проектировании общественных зданий, включая молодёжные центры. В СССР также издавались книги и брошюры, посвящённые архитектуре дворцов пионеров и их роли в воспитании молодёжи.

3. Архитектурные проекты и чертежи молодёжных центров

СССР: Дворец пионеров на Воробьёвых горах, Москва (1962)

Дворец пионеров на Воробьёвых горах, спроектированный архитекторами В. А. Калмыковым и Г. Г. Сафаровым, является ярким примером советской модернистской архитектуры. Здание сочетает стеклянные фасады и белый камень, отражая принципы свободной планировки и функционализма того времени. Внутри — залы для кружков, концертный зал, зимний сад.

Рисунок 1 - Дворец пионеров на Воробьёвых горах в Москве

Западная Европа: Battersea Youth Centre, Лондон (1960-е). Battersea Youth Centre в Лондоне, построенный в 1960-х годах, является примером британских community centres. Компактное здание, ориентированное на местную молодёжь, включает зал для танцев, мастерские и кухню для кулинарных занятий. Архитектура ориентирована на функциональность и доступность.

Рис унок 2 - Battersea Youth Centre в Лондоне

Дания: Ungdomshuset, Копенгаген (1982). Ungdomshuset в Копенгагене был передан группе молодых людей в 1982 году. Здание, ранее известное как Folkets Hus, стало центром для самоуправляемых молодёжных инициатив. Внутри размещались концертные залы, мастерские и пространства для собраний.

Рис. 3 Дания: Ungdomshuset, Копенгаген (1982)

Германия: Zeche Carl, Эссен

Zeche Carl в Эссене — это культурный центр, созданный на базе бывшей угольной шахты. Здание включает концертные залы, студии и кафе, предоставляя пространство для различных культурных мероприятий.

Рисунок 4 - Германия: Zeche Carl, Эссен

Кыргызстан: Дворец молодёжи в Бишкеке. Дом молодёжи в Бишкеке, ранее известный как советский молодёжный центр, после 1991 года частично перепрофилирован, но сохранил концертную и кружковую деятельность, став площадкой для городских молодёжных фестивалей.

Рисунок 5 - Дворец молодёжи в Бишкеке

4.Архитектурные приёмы. Планировочные схемы:

Советские дворцы молодёжи — крупный центральный зал, блоки клубных и спортивных помещений, административная зона, отдельный вход для зрителей.

Западные youth centres — модульная структура, свободная трансформация залов, акцент на доступности и уюте.

Художественные элементы:

В СССР — витражи, мозаики, декоративные панно с героико-патриотической тематикой.

На Западе — граффити, инсталляции, арт-объекты, созданные самой молодёжью.

Архитектурные особенности этих здании. Многофункциональность: объединение залов для собраний, театральных сцен, спортивных площадок, кружков, кафе и библиотек в одном здании.

Пространственная открытость: большие вестибюли, трансформируемые залы, амфитеатры.

Национальные мотивы: орнаменты, декоративные панели, элементы планировки, напоминающие традиционные общественные пространства.

Интеграция в жилую среду: расположение в микрорайонах (СССР) или в центральных общественных зонах (Западная Европа).

Выводы. Опыт строительства молодежных центров во второй половине 20 века показал, что архитектура и расположение этих объектов не только отражают функциональные потребности, но и социально-политическую идеологию того времени.

В социалистических странах приоритет отдавался крупным комплексам, которые символизировали заботу государства о молодежи, в то время как в западных странах приоритет отдавался более интимным и гибким пространствам, ориентированным на инициативы внизу.

Основным уроком этого периода является необходимость адаптации общественных зданий к культурным традициям и реальным потребностям молодежи, а также их интеграция в городскую среду как живые, открытые и многофункциональные пространства.

Список литературы

1. Pietsch, S., & Müller, A. (Eds.). (2015). *Walls That Teach: On the Architecture of Youth Centres*. Jap Sam Books. ISBN: 9789490322427.
2. Bastien, S., & Holmarsdottir, H. B. (Eds.). (2017). *Youth as Architects of Social Change: Global Efforts to Advance Youth-Driven Innovation*. Springer.
3. Ильвицкая, С. В., & Зайцева, А. П. (2020). *Творческие концепции архитектурной деятельности*. МАРХИ.
4. Ильвицкая, С. В., & Зайцева, А. П. (2020). *Трансформация концепции молодёжного пространства в современной городской среде*. МАРХИ.
5. Рассмотрение формирования современных молодёжных центров. *CyberLeninka*.
6. Особенности формирования модульных универсальных молодёжных центров. *CyberLeninka*.
7. Развитие архитектуры молодёжных досуговых учреждений за рубежом. *NSKTVS*.
8. Архитектурные принципы формирования молодёжных досуговых учреждений. *Naukaru*.

Проводит анализ существующих примеров молодёжных досуговых учреждений и особенностей организации деятельности молодёжи, указывая взаимосвязь между деятельностью и формированием архитектурного пространства. naukaru.ru

9. Архитектура Кыргызстана. *Scribd*. Scribd+1
10. Фрунзе советский. 1926–1991. *Новая литература Кыргызстана*.
11. Бишкек утопический. *FES*.
12. Youth Center Book Case Study. *Scribd*.
13. Design of a Youth Center through Appealing Architecture. *Chalmers University of Technology*.
14. Architecture and Design for Children and Youth. *SLKS*.

УДК 72.016.4(574)

А. С. Заирова
И.Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

A.S. Zairova
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
acem0206@gmail.com

СПОСОБЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭТНО-ДЕКОРАТИВНЫХ СРЕДСТВ В РАЗВИТИИ ОБЪЕКТОВ ИННОВАЦИОННОЙ АРХИТЕКТУРЫ

ИННОВАЦИЯЛЫК АРХИТЕКТУРА ОБЪЕКТТЕРИН ӨНҮКТҮРҮҮДӨ ЭТНО-ДЕКОРАТИВДИК КАРАЖАТТАРДЫ МОДЕЛДӨӨ ЫКМАЛАРЫ

ETHNODECORATIVE MODELING METHODS IN THE DEVELOPMENT OF INNOVATIVE ARCHITECTURE

Макалада Казакстандын заманбап архитектурасында этно-декоративдик каражаттарды моделдөөнүн ыкмалары каралат. Ишке ашырылган архитектуралык объекттердин мисалында этникалык декоративдик элементтердин форманы түзүүчү түзүлүштөргө трансформацияланышынын мыйзам ченемдүүлүктөрү аныкталат.

Инновациялык архитектура шартында этно-декоративдик ыкмаларды практикалык колдонуу мумкүнчүлүктөрү белгиленет.

Ачкыч сөздөр: *этно-декоративдик ыкмалар, Казакстандын инновациялык архитектурасы, казак орнаменти, архитектуралык декор.*

В статье рассмотрены способы моделирования этно-декоративных средств в современной архитектуре Казахстана. На примере реализованных архитектурных объектов выявлены закономерности трансформации этнических декоративных элементов в формообразующие структуры. Определены возможности практической реализации этно-декоративных методов в условиях инновационной архитектуры.

Ключевые слова: *этно-декоративные методы, инновационная архитектура Казахстана, казахский орнамент, архитектурный декор.*

The article examines methods of modeling ethno-decorative elements in contemporary architecture of Kazakhstan. Based on examples of implemented architectural projects, the patterns of transformation of ethnic decorative elements into form-generating structures are identified. The possibilities for the practical application of ethno-decorative methods within the context of innovative architecture are determined.

Key words: *ethno-decorative methods, innovative architecture of Kazakhstan, Kazakh ornament, architectural decor*

Введение. Современная архитектура формируется в условиях одновременного воздействия глобальных инновационных процессов и стремления к сохранению и переосмыслению региональной и культурной идентичности. Нивелирование локальных особенностей, как следствие глобализации, в архитектурной практике зачастую приводит к обезличиванию архитектурной среды и утере связи с культурным наследием. Вопросы интеграции региональных особенностей в архитектуру Казахстана обретают особую значимость, поскольку страна находится в активной стадии развития строительной индустрии, испытывающей на себе влияние глобальных процессов. Ключевым инструментом формирования уникального национального архитектурного языка является внедрение этнокультурных моделей, заложенных в национальных традициях конкретного региона. Анализ архитектурных объектов показывает, что обращение к традициям зачастую ограничивается механическим воспроизведением орнаментальных декоративных форм в качестве поверхностного оформления. Актуальность исследования обусловлена необходимостью поиска научно обоснованных методов интеграции этно-декоративных традиций в архитектуру. Разработка способов моделирования этно-декоративных средств как морфологического ресурса позволяет перейти от их декоративного использования к генеративному формообразованию, позволяющему внедрять культурные коды в инновационную архитектуру Казахстана.

Цель исследования. Цель данного исследования-выявить этно-декоративные методы композиционной организации формы в современной архитектуре Казахстана. Актуальность исследования подтверждается необходимостью решения следующих задач: исследование этно-декоративных традиций казахской культуры с учетом их морфологического потенциала; выявление теоретических предпосылок и возможностей практической реализации этно-декоративных методов в условиях инновационных технологий; сопоставление международного опыта работы с культурным наследием для дальнейшей разработки алгоритмов формообразования в современную архитектурную практику Казахстана.

Материал и методы исследования . Методология исследования ориентирована на выявление закономерностей интеграции этно-декоративных средств в архитектурную форму в условиях современной инновационной архитектуры. В качестве первоисточников для

выявления теоретических аспектов понятия этно-декоративных средств в архитектуре изучались этнографические описания и научные монографии. Применён междисциплинарный подход, объединяющий композиционный анализ архитектурно-конструктивных особенностей и исторический, этнографический анализ источников с целью выявления принципов пространственной организации, символических значений и трансформации в современных архитектурных решениях Казахстана. В рамках натурных исследований, проводимых в городе Алматы осуществлены визуальные наблюдения, фотофиксация отдельных зданий, построенных в советский и постсоветский периоды с целью выявления интеграции этно-декоративных средств в архитектурные решения.

Результаты исследования и их обсуждение.Решение региональной идентичности предполагает использование в качестве ключевых моделей этно-декоративные средства, транслирующие символические, художественные и пространственные коды конкретного этноса. Концепция «критического регионализма», сформулированная К. Фремптоном, предполагает обращение к специфике места и культурной памяти как инструменту «опосредованного сопротивления» глобальной унификации [1]. Доктор архитектуры Абдрасилова Г. в монографии «Основы региональной архитектуры Казахстана» выявила основные аспекты и тенденции развития архитектуры и градостроительства Казахстана в контексте формирования региональной среды [2]. В архитектурной практике этнические модели проявляются в декоративном оформлении, либо в структуре самой архитектурной формы. Орнамент, выступая носителем символического и художественного кода, является одним из ключевых этно-декоративных средств в искусстве и архитектуре. «Связанный с поверхностью, которую он украшает и зрительно организует, орнамент как правило, выявляет, или акцентирует архитектонику предмета, на который он нанесен» [3, с.13]. Традиционно орнаменты выполняли декоративную функцию, связанную с эстетической организацией поверхности и пространства. Повторяемость элементов, универсальность воспроизведения и возможность адаптации обеспечивает широту применения в различных областях. Этимология происхождения орнамента, семантическое значение, генезис и роль носителя культурной памяти -предмет междисциплинарных исследований от искусствоведения до теории архитектуры. Вплоть до конца XIX века декорирование фасадов являлось неотъемлемой частью архитектурного проектирования. Эмоциональное воззвание Адольфа Лооса в работе «Орнамент и преступление» [4], направленное на отказ от орнамента, а также теоретические изыскания Луиса Салливана [5], ориентированные на выявление «чистых форм», хронологически совпали с началом научно-технической революции, обусловившей переориентацию архитектурного мышления в пользу функционально-конструктивной логики.

Орнамент занимает центральное место в традиционной казахской культуре. Изучению Генезиса казахского орнамента, семантическое значение и роли орнамента в архитектуре посвящены работы ученых-исследователей: Басенова Т. К. [6], Глаудинова Б. А. [7], Джанибекова У. Д. [8], Маргулана А.Х. [8], Муканова М.С. [[10], Ибраевой К.Т. [11] и др. По мнению автора книги «Органон орнамента» Кажгали улы Алибека в орнаментальном языке «наглядно отображается первоначальная основа первичных представлений человека о пространстве» [12.стр. 70]. В основу морфологических структур казахского орнамента заложены композиционные приемы, построенные на законах ритмики, симметрии, зеркальности. Модульность элементов и глубокая семантическая насыщенность делает возможным интеграцию орнамента в морфогенетический код, считываемый в фасадных сетках, параметрических оболочках или пространственной ритмике архитектурных форм. Анализ архитектурного декора на примере памятников архитектуры, созданных в период охватывающий древние и средние века до середины XX века, позволяет выявить аспекты, формирующие визуальный образ зданий и роль этнических элементов в архитектурном декоре. (Таблица 1).

Таблица 1- Морфологический статус орнамента в истории архитектуры

	Описание объекта /ериод/визуал	Интеграция в структуру архитектурной формы	Уровень формообразующего участия
Аппликативный характер	а) Мавзолей Ахмета Яссауи (материалы автора)	Принцип декоративной организации : Орнаментально-пластический, рельефный, скульптурный Принцип проявления и связь с конструкцией: апликативный характер, прочная взаимосвязь с тектоникой сооружения Морфологическая роль орнамента: орнамент в плоскости фасада задаёт масштаб, ритм, пропорции и пространственный строй.	Декор структурирует фасад, усиливая тектоническую выразительность
Конструкция орнамент	б) Пагода Шакьмуни, Китай год постройки1056[17]	Принцип декоративной организации : Орнаментально-пластический, рельефный, скульптурный Принцип проявления и связь с конструкцией:конструктивно-интегрированный Морфологическая роль орнамента: орнаменты интегрированны в конструктивные элементы здания формируют пластику фасада.	Декор структурирует фасад, усиливая тектоническую выразительность
Интегративный характер	в) Башни Аль Бахар[15]	Принцип декоративной организации : Орнаментально-пластический, рельефный, скульптурный Принцип проявления и связь с конструкцией:конструктивно-интегрированный Морфологическая роль орнамента: орнаменты интегрированны в конструктивные элементы здания формируют пластику фасада.	Орнаменты переходят на новый качественный уровень архитектурного языка интегрируясь в конструктивные элементы зданий.

** Источник: Материалы автора.*

В процессе исследования роли орнамента в архитектурном декорировании в контексте времени и технологического развития выявляется роль орнамента как системообразующего фактора в структуре фасада, в объемно -пространственной композиции. В архитектурной практике Казахстана советского и постсоветского периодов интеграция этнических мотивов началась в 40-е годы XX века. В период формирования народного самосознания республик входящих в состав Советского Союза началось внедрение орнаментальных мотивов в каноны советского монументального стиля [13]. Орнаменты претерпевают трансформацию на уровне формы: от прямого цитирования до абстрактной стилизации, на уровне материала: от традиционных гипсовых аппликаций до конструкций из металла и железобетона. В период серийного производства 70–80 х годов XX века орнаменты активно внедряются в систему ограждающих, светозащитных и фасадных конструкций. (Рис.1). Начало XXI века ознаменовано внедрением новых материалов и технологий. Технологии лазерной резки,3d-

печать, пескоструйные технологии, “текстильные» фасады открывают практически неограниченные возможности фасадных решений. Цифровые технологии переводят трансляцию смыслов и коммуникацию со зрителем на качественно новый уровень (Рисунок 1).

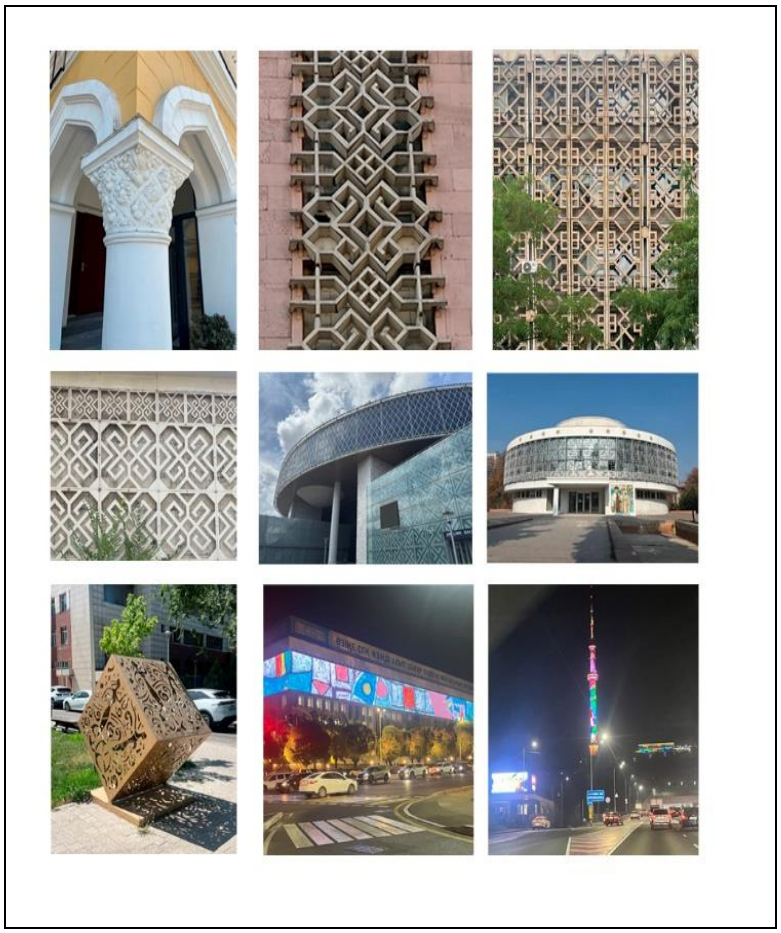


Рисунок 1 - Примеры интеграции орнаментальных форм в архитектуре жилых и общественных зданий Казахстана (Материалы автора)

Достижения инновационных технологий в области проектирования и строительства формируют образ архитектуры XXI века. Орнамент становится частью архитектурной системы благодаря способности формировать выразительность архитектуры на уровне плоскости, объема и пространства через ритм и структуру формы. Морфологический потенциал орнаментальных форм и символическую содержательность формообразующих элементов в мусульманской архитектуре отмечает академик Д.Д. Омуралиев: “в настоящее время компьютерные технологии и современный уровень науки позволяют проводить поразительные аналогии математической точности геометрических построений орнаментов мусульманской архитектуры с квазикристаллическими моделями» [14, стр.353].

Интеграция этнических элементов в параметрическое проектирование -новый виток формирования региональной идентичности. Металлические панели фасадов, выполненные в виде традиционного арабского орнамента -работают как кинетические световые диафрагмы, реагирующие на движение солнца. Ячеистые структуры конструктивных элементов, форма которых вдохновлена традиционными мотивами, переводят орнамент на качественно новый уровень архитектурного языка. Технологические возможности новых строительных материалов, помноженные на параметрическое проектирование, формируют новый взгляд на региональную архитектуру (Рисунок 2).

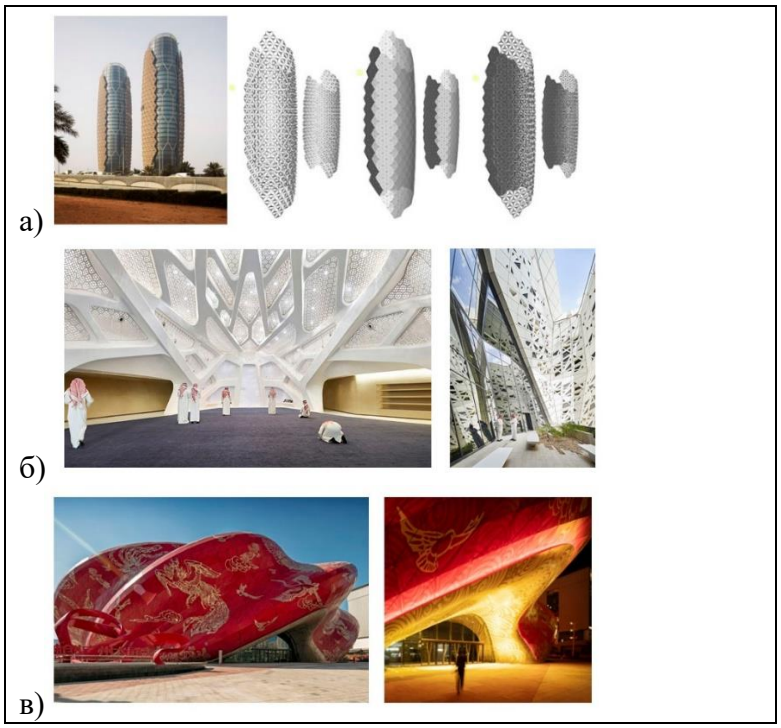


Рисунок 2 а, б, в – Мировой опыт интеграции орнаментальных форм в инновационную архитектуру:
а) Кинетические энергоэффективные конструкции в виде традиционных арабских решеток “машрабия”, реагирующие на движение солнца- Башни Аль Бахар; Aedas Architect [15].
б) Геометрия орнамента традиционных «мукарнас», переведенная в современную параметрическую архитектуру- King Abdullah Petroleum Studies and Research Centre [16].
в) Алюминиевые фасадные панели имитируют традиционный китайский шелк- Большой театр Sunac в Гуанчжоу; Steven Chilton Architects [17].

Выводы. Анализ эволюции орнамента от декора к структуре выявляет потенциал генеративного формообразования. Орнаменты демонстрируют неограниченные возможности внедрения на всех уровнях: от элемента фасада, объема здания до градостроительного уровня. Морфологические особенности казахского орнамента: модульность и геометрия мотивов- способствуют интеграции традиционных мотивов в алгоритмы параметрического проектирования.

Изучение мирового опыта синтеза национальных традиций и инновационных решений позволяет наметить направления дальнейшего развития темы исследования с учетом широкого внедрения инновационных методов проектирования и строительства современного Казахстана.

Список литературы

1. Фремптон К. Современная архитектура: Критический взгляд на историю развития/Пер.с анг. Е.А. Дубченко; под ред.В.Л. Хайта.-М.; Стройиздат,1990.-535 с.:ил.- Перевод изд.: Modern architecture: a critical history// K.Frampton/-ISBN 5-274-00223-4

2. Абдрасилова Г. С. Основы региональной архитектуры Казахстана: Монография. - Алматы, 2015. -265с

3. Архитектурный орнамент: учебное пособие: Р.У.Чекаева,Ф.М.Чекаев, В.В.Ревтова, В.М.Талипова. /-Астана:ТОО Мастер По,2015–177 с.

4. Лоос, Адольф. Орнамент и преступление/АдольфЛоос; пер.с нем.-Москва; АД Маргинем Пресс,2025. -96 с.: илл.

5. Луис Генри Салливан Орнамент в архитектуре-[Электронный ресурс]-Режим доступа: https://theory.totalarch.com/sullivan-about-architecture (дата обращения 20 марта 2026)

6. Басенов Т. К. Орнамент Казахстана в архитектуре. - Алма-Ата: Изд. АН КазССР, 1957

7. Глаудинов Б. «История архитектуры Казахстана (с древних времен до начала XX века). Алматы: КазГаса, 1999.-Т.1.-295с

8. Джанибеков У.Д. Эхо...По следам легенды о золотой домбре. - Алма-Ата: Өнер, 1990–304 с., ил.

9. Маргулан А.Х. Казахское народное -прикладное искусство.-Алма-Ата: Онер. - Т.1.1986.-256 с

10. Муканов М. С. Казахская юрта. - Алма-Ата: Кайнар, 1981.-224с

11. Ибраева К. Т. Казахский орнамент, -Алматы: Өнер,1994–128 с.+56с.вклейка

12. Кажгали улы Алибек.Органон орнамента.-Алматы.2003.-456

13. Броновицкая А. Ю., Малинин Н. С., Пальмин Ю.И Алма-Ата: архитектура советского модернизма.1955–1991.Справочник-путеводитель.-М.: Музей современного искусства «Гараж». -352 с.: илл.

14. Омуралиев Д., Воличенко О. Мейнстримы новейшей архитектуры-двадцать первый век. - Palmarium Academic Publishing. OmniScriptum GmbH & Co. KG, Saarbrucken 2013.-452 с.

15. Башни Аль Бахар; Aedas Architect [Электронный ресурс]-Режим доступа: https://www.architime.ru/specarch/aedas_architects/al_bakhar.htm#12.jpg (дата обращения 20 марта 2026)

16. King Abdullah Petroleum Studies and Research Centre [Электронный ресурс]-Режим доступа: https://www.zaha-hadid.com/architecture/king-abdullah-petroleum-studies-and-research-centre/ (дата обращения 20 марта 2026)

17. Большой театр Sunac в Гуанчжоу; Steven Chilton Architects [Электронный ресурс]-Режим доступа: https://archi.ru/news/88605/v-guanchzhou-postroili-teatr-s-fasadom-kak-budto-iz-rasshitogo-zolotom-shelka (дата обращения 03 февраля 2026)

УДК 72.01

М.И. Хасенов
И.Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

M.I. Khassenov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
m.khassenov@kazgasa.kz

АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ КОНЦЕПЦИИ РЕКРЕАЦИОННОГО ОСВОЕНИЯ ПОБЕРЕЖЬЯ КРУПНЫХ ВОДОЕМОВ: АНАЛИЗ И АДАПТАЦИЯ БРИТАНСКОГО ОПЫТА

ARCHITECTURAL AND PLANNING CONCEPTS FOR THE RECREATIONAL DEVELOPMENT OF THE SHORELINES OF LARGE WATER BODIES: ANALYSIS AND ADAPTATION OF THE BRITISH EXPERIENCE

Макалада Улуу Британиянын ири суу объекттеринин жээк аймактарын рекреациялык өздөштүрүү боюнча архитектуралык-пландоо тажрыйбасы жана шаар курууну жөнгө салуу

системасы талданып, Казакстандын шарттарына ылайык колдонууга мүмкүн болгон туруктуу мейкиндиктик өнүгүүнүн натыйжалуу принциптерин аныктоо каралат. Изилдөө жээк зоналарын комплекстүү өздөштүрүү боюнча ыкмаларды, анын ичинде функционалдык зоналаштыруу, экологиялык туруктуулук, туристтик инфраструктура жана ченемдик-укуктук жөнгө салуу маселелерин изилдөөгө багытталган. Өзгөчө көңүл британдык моделдерди Казакстандын архитектуралык-шаар куруу, социалдык-экономикалык жана жаратылыш-климаттык өзгөчөлүктөрүнө, атап айтканда Балхаш, Алакөл көлдөрүнүн жана Капчагай суу сактагычынын жээк аймактарына ылайыкташтыруу мүмкүнчүлүктөрүнө бурулган. Жүргүзүлгөн талдоонун негизинде туруктуу өнүгүү принциптерин, жаратылыш потенциалын сактоону жана аймактык пландоонун натыйжалуулугун жогорулатууну эске алуу менен рекреациялык-туристтик зоналарды түзүү боюнча сунуштарды иштеп чыгуу перспективалары каралат. Жыйынтыгында британдык тажрыйба түздөн-түз көчүрүп алуу үчүн эмес, Түштүк Казакстандын жээк аймактарынын мейкиндиктик уюштурулушун өркүндөтүүгө көмөктөшүүчү ылайыкташтырылган архитектуралык-пландоо чечимдерин иштеп чыгуу үчүн аналитикалык негиз катары практикалык маани эе экени белгиленет.

Ачкыч сөздөр: *жээк аймагы, архитектуралык-пландоо уюштурулушу, рекреациялык өздөштүрүү, туруктуу өнүгүү, туристтик инфраструктура, чет өлкөлүк тажрыйбаны адаптациялоо, аймактык пландоо.*

В статье представлен анализ британского опыта архитектурно-планировочной организации рекреационного освоения прибрежных территорий крупных водоемов и системы градостроительного регулирования Великобритании с целью выявления эффективных принципов устойчивого пространственного развития, применимых к условиям Казахстана. Исследование направлено на изучение подходов к комплексному освоению береговых зон, включая вопросы функционального зонирования, экологической устойчивости, туристической инфраструктуры и нормативно-правового регулирования. Особое внимание уделено возможностям адаптации британских моделей к архитектурно-градостроительным, социально-экономическим и природно-климатическим особенностям Казахстана, в частности к прибрежным территориям озер Балхаш, Алаколь и Капшагайского водохранилища. На основе проведенного анализа рассматриваются перспективы формирования рекомендаций по созданию рекреационно-туристических зон с учетом принципов устойчивого развития, сохранения природного потенциала и повышения эффективности территориального планирования. Сделан вывод, что британский опыт представляет практическую ценность не как объект прямого заимствования, а как аналитическая основа для разработки адаптированных архитектурно-планировочных решений, способствующих совершенствованию пространственной организации прибрежных территорий Южного Казахстана.

Ключевые слова: *прибрежная территория, архитектурно-планировочная организация, рекреационное освоение, устойчивое развитие, туристическая инфраструктура, адаптация зарубежного опыта, территориальное планирование.*

The article presents an analysis of the British experience in the architectural and planning organization of the recreational development of coastal areas of large water bodies, as well as the urban planning regulatory system of the United Kingdom, with the aim of identifying effective principles of sustainable spatial development applicable to the conditions of Kazakhstan. The study is focused on examining approaches to the integrated development of coastal zones, including issues of functional zoning, environmental sustainability, tourism infrastructure, and legal and regulatory frameworks. Particular attention is given to the possibilities of adapting British models to the architectural-urban, socio-economic, and natural-climatic characteristics of Kazakhstan, especially to the coastal territories of Lake Balkhash, Lake Alakol, and the Kapshagay Reservoir. Based on the conducted analysis, the prospects for developing recommendations for the creation of recreational

and tourism zones are considered, taking into account the principles of sustainable development, preservation of natural potential, and improvement of territorial planning efficiency. It is concluded that the British experience has practical value not as a model for direct borrowing, but as an analytical foundation for developing adapted architectural and planning solutions aimed at improving the spatial organization of coastal territories in Southern Kazakhstan.

Key words: *coastal territory, architectural and planning organization, recreational development, sustainable development, tourism infrastructure, adaptation of foreign experience, territorial planning.*

В настоящий момент Казахстан развивается в различных аспектах и одним из ключевых направлений является туризм. К 2027 году планируется реализовать 181 инвестиционный проект в области развития туризма на сумму более 1 трлн тенге, что позволит увеличить приток туристов [1]. Создание рекреационных туристических зон на прибрежных территориях крупных водоемов Алматинской области является одним из направлений развития туризма в Казахстане. Прибрежные территории крупных водоемов Алмтаинской области, таких как Алаколь, Балхаш и Капчагайское водохранилище, становятся привлекательными и стратегически важными для формирования устойчивых рекреационных территорий, учитывая особенности местного ландшафта, климатических и экологических условий.

Исследование является актуальным и обусловлено необходимостью формирования устойчивого и комплексного освоения прибрежных территорий крупных водоемов Казахстана, которые имеют особенный потенциал как туристических возможностей, так и природно-климатических условий. Сегодня освоение этих территорий – это фрагментарная застройка, слабо развитая инфраструктура, отсутствие целостного архитектурно-градостроительного плана развития этих территорий.

Вопросы комплексного освоения прибрежных территорий в Великобритании в своих трудах изучали Дж. Кирбиг, М. Кемп, М. Линн, С. Лавери, К. Николлс [2,3,4,5,6].

Анализ мирового опыта освоения прибрежных территорий позволяет выделить опыт Великобритании, в частности освоения прибрежных территорий в городе Лондон. Британский опыт демонстрирует системный подход к решению вопросов освоения прибрежных территорий. Среди прочего следует выделить, что в Великобритании сформирована и действует многоуровневая система градостроительного и природоохранного регулирования, в которую включены как различные законодательные акты, так и стратегическое планирование.

Опыт Великобритании показывает возможности освоения прибрежных территорий в условиях климатических рисков (наводнения, эрозия берегов и т.д.) а также учитывая экологические ограничения. Если говорить о прибрежных территориях озер Алаколь, Балхаш и Капшагайского водохранилища, то они могут быть охарактеризованы изменчивыми гидрологическими условиями и экологической чувствительностью, и именно в этом контексте изучение опыта Великобритании может стать быть полезным.

Туристические кластеры Великобритании формируются через создание общественных пространств и архитектуру. Важно отметить, что тут прибрежные территории не рассматриваются как зоны точечной застройки, а позиционируются как целостные туристско-рекреационные кластеры, которые объединяют в себе общественные, транспортные, культурные и природные компоненты. Такой подход может быть адаптирован для Казахстанских условий, где на сегодняшний день развитие туризма носит несистемный и локальный характер, без формирования устойчивых архитектурных и пространственных связей между объектами.

Изучение британского опыта направлено на поиск возможности его адаптации к архитектурно-градостроительным, социально-экономическим и природно-климатическим условиям Казахстана, в особенности к прибрежным территориям озер Балхаш, Алаколь и Капшагайского водохранилища. Результаты полученные в рамках изучения и анализа британского опыта предполагается использовать для формирования свода рекомендаций по

созданию рекреационно-туристических зон на прибрежных территориях озер Балхаш, Алаколь и Капшагайского водохранилища. Таким образом цель работы заключается не в прямом заимствовании британской модели, а в критическом осмыслении и адаптации изученного опыта, как инструмента повышения качества архитектурно-градостроительной и пространственной организации прибрежных территорий в Южном Казахстане.

Исследование проведено на основе современных научных подходов - комплексного и системного, что позволило изучить, систематизировать и проанализировать данные по исследуемой теме. В работе были использованы основные общенаучные теоретические и эмпирические методы исследования:

- архитектурно-градостроительный анализ, который применяется для изучения конкретных решений рекреационных прибрежных территорий Великобритании на примере Лондона и других отдельных городов;
- нормативно-правовой анализ, включающий анализ документов территориально планирования и градостроительного законодательства Великобритании;
- проектно-сравнительный метод используется для сопоставления британских и Казахстанских подходов к освоению прибрежных территорий;
- метод архитектурных аналогий предполагает выявление и интерпретацию сходных композиционных и функциональных, а также архитектурно-образных решений;
- метод концептуально моделирования применяется для формирования обобщенных архитектурно-планировочных моделей и градостроительных схем освоения прибрежных территорий с учетом различных факторов;
- синтетический метод обобщения результатов – обеспечивает интеграцию аналитических и теоретических выводов, полученных в рамках исследования, для формирования практических рекомендаций по применению британского опыта для освоения прибрежных территорий Казахстана.

Прибрежные территории представляют собой зоны взаимодействия водного объекта и застроенной или природной части городской среды. В градостроительном контексте к прибрежным территориям относятся участки, примыкающие к рекам, озёрам, морям, водохранилищам и каналам, включая водоохранные зоны, набережные, прибрежные парки и застроенные прибрежные кварталы.

В градостроительной структуре водные пространства выполняют функции визуальных и композиционных акцентов, формируют панорамы и силуэты города, а также обеспечивают пространственную идентичность прибрежных районов. Кроме того, водные объекты способствуют улучшению микроклимата, повышению экологической устойчивости городской среды и формированию непрерывных зелёно-водных каркасов.

Прибрежные зоны обладают высоким рекреационным и туристическим потенциалом, что делает их одними из наиболее ценных территорий в структуре города или поселка. Наличие воды повышает привлекательность общественных пространств, способствует формированию пешеходных маршрутов, зон отдыха, культурных и спортивных объектов.

В архитектурно-градостроительном проектировании прибрежные территории часто рассматриваются как ключевые общественные пространства, ориентированные на массовое использование. Грамотно организованные набережные и прибрежные парки стимулируют развитие внутреннего и внешнего туризма, формируют имидж города и способствуют социально-экономическому развитию прилегающих территорий.

Освоение прибрежных территорий как сложных природно-градостроительных систем требует учета нормативно-правовых, планировочных и экологических факторов, определяющих допустимые параметры их использования и застройки. В связи с этим анализ действующих документов территориального планирования и отраслевого законодательства является необходимым этапом данного исследования, направленного на разработку архитектурно-градостроительных решений по формированию устойчивых туристических кластеров.

Таким образом следует рассмотреть ключевые нормативно-правовые и градостроительные документы Республики Казахстан и Великобритании, регулирующие использование прибрежных территорий, с целью выявления принципов, механизмов и ограничений их освоения. Сравнительный анализ позволяет определить особенности национальных моделей регулирования, выявить существующие нормативные пробелы и сформировать методологическую основу для адаптации зарубежного опыта в условиях прибрежных территорий озёр Алаколь, Балхаш и Капчагай.

В Великобритании используются и регулируют вопросы освоения прибрежных территорий следующие документы: The London Plan, Development Plan, Policy 7.29 The River Thames, Thames Strategy, Thames Estuary 2100 Plan –все эти документы регулируют вопросы землепользования, развития прибрежных территорий, определяют правила строительства на указанных территориях. [7, 8].

Анализ градостроительного и природоохранного законодательства Великобритании показывает, что регулирование прибрежных территорий осуществляется в рамках целостной многоуровневой системы стратегического и локального планирования, интегрирующей архитектурные, экологические, социальные и экономические аспекты развития. Прибрежные зоны рассматриваются как самостоятельный объект пространственного планирования, для которого устанавливаются специальные режимы использования, требования к публичному доступу и качеству архитектурной среды. Наличие специализированных стратегий и планов обеспечивает комплексный подход к формированию устойчивых туристических и рекреационных кластеров, что делает британскую модель методологически значимой для адаптации в условиях Республики Казахстан.

В Республике Казахстан стратегическое планирование осуществляется через следующие документы:

- Генеральные схемы территориального развития: которые определяют приоритеты развития страны в долгосрочном планировании, является документов национального уровня.
- Генеральные планы населённых пунктов: позволяет формировать функционально-планировочную структуру города (поселка) на местном уровне.
- Схемы территориального планирования областей: позволяет формировать пространственное развитие областей.

Таким образом, следует отметить, что в законодательстве Республики Казахстана отсутствует целостная стратегия развития прибрежных территорий в отличии от Великобритании.

Если говорить о документах, регламентирующих использование прибрежных территорий, то следует выделить следующие:

- Водный кодекс Республики Казахстан, который регулирует правовой режим водных объектов и водоохранных зон, устанавливая ограничения на хозяйственную и строительную деятельность.
- Земельный кодекс Республики Казахстан, который определяет категории земель и режим их использования, включая земли водного фонда и рекреационного назначения.
- Экологический кодекс Республики Казахстан, который устанавливает экологические требования и процедуры оценки воздействия на окружающую среду при освоении прибрежных территорий.
- Закон РК «Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности», который регламентирует общие принципы территориального планирования и застройки.
- Строительные нормы и правила (СН, СП), которые определяют технические и санитарные параметры застройки вблизи водоёмов, включая отступы и ограничения.

– Документы территориального планирования (генпланы, схемы), которые фиксируют функциональное зонирование прибрежных территорий на стратегическом и локальном уровнях.

Таким образом, анализ нормативно-правовой базы Республики Казахстан показывает, что регулирование прибрежных территорий осуществляется на основе совокупности водного, земельного, экологического и градостроительного законодательства и носит фрагментарный, отраслевой характер. Действующие документы ориентированы преимущественно на установление охранных и ограничительных режимов и не формируют целостного архитектурно-градостроительного механизма комплексного освоения прибрежных рекреационных территорий и формирования туристических кластеров. Отсутствие специализированного документа и интегрированного подхода обуславливает необходимость разработки адаптированных архитектурно-планировочных решений с учетом зарубежного опыта.

В архитектурно-градостроительном проектировании туристические кластеры часто интегрируются в структуру города как общественно значимые территории, ориентированные не только на туристов, но и на местных жителей. Это позволяет обеспечить круглогодичное использование пространства, повысить его функциональную насыщенность и устойчивость. Таким образом, туристический кластер выступает эффективным инструментом территориального развития, способствующим комплексному освоению пространства и формированию конкурентоспособной городской среды.

Следует отметить, что в Великобритании накоплен больший опыт формирования рекреационных пространств не только на побережьях, но и вдоль рек, каналов и внутренних водоемов. Этот опыт может стать полезным для формирования таких территорий в условиях Казахстана, где крупные водоемы функционируют в условиях континентального климата.

В современных условиях устойчивого развития прибрежные территории рассматриваются как стратегический пространственный ресурс, обладающий высоким потенциалом для развития туризма. В мировой архитектурной практике известно множество примеров по трансформации различных набережных или даже портовых зон в многофункциональные общественные пространства, которые формируют туристические и рекреационные кластеры.

В данном контексте особое место занимает опыт Великобритании, так как тут освоение прибрежных территорий проходит на основе комплексного подхода, который сочетает в себе архитектурно-планировочные решения, нормативно-правовые аспекты, и принципы устойчивого развития. На примере прибрежных территорий Лондона и других городов Великобритании прослеживается последовательная политика обеспечения равного общественного доступа к водоемам, рекам и каналам, а также политика редевелопмента в прошлом промышленных и портовых территорий в пространства, обладающие туристическими, общественными и культурными функциями.

Британская практика основана на преемственности градостроительных решений, которые в свою очередь ориентированы на сохранение природного ландшафта, экологического баланса и исторического контекста места, при параллельном развитии современной инфраструктуры города. В контексте города Лондон, набережные и прибрежные территории рассматриваются как непрерывные общественные коридоры, которые формируют каркас туристических и рекреационных маршрутов города, а не как изолированные зоны застройки.

Таким образом, изучение британского опыта представляет достаточный интерес в контексте Казахстана, где побережья крупных водоемов, таких как озера Балхаш, Алаколь, а также Капшагайское водохранилище, обладают недостаточно реализованным, но значительным рекреационным потенциалом. Архитектурно-планировочные и градостроительные принципы представленные в градостроительстве Великобритании, могут способствовать созданию туристических кластеров, ориентированных на общественный

доступ и повышение качества пространственной среды прибрежных территорий Казахстана с сохранением экологической устойчивости.

Regent’s Canal (Канал Ритжентс) один из основных водных линейных объектов Лондона, протяженность которого составляет около 13,8 километров. Этот канал соединяет такие объекты как Paddington Basin и Limehouse Basin и далее соединяется с Темзой. Этот канал был построен как элемент индустриальной транспортной системы в начале XIX века, а уже в XXI веке стал важным компонентом городской экологической и рекреационной инфраструктуры.

Канал имеет особенную градостроительную и пространственную роль, он формирует водно-ландшафтный коридор, который соединяет районы различного социального и функционального профилей. Канал создает альтернативную, независимую от улично-дорожной сети города, систему городских связей. Это особенно важно в условиях плотной застройки центральной части Лондона [9].

Сегодня, Regent’s Canal (Канал Ритжентс) представлен как непрерывный пешеходно-рекреационный маршрут города. Также следует отметить, что в отличии от большинства транспортных инфраструктур XIX- XX веков, канал представляет собой не барьер, а некий градостроительный «шов».

Следует отметить что, когда создавался канал в начале XIX века застройка вдоль него носила складской и индустриальный характер, тут были различные мастерские, депо и элеваторы. Однако позже, в конце XX века Regent’s Canal (Канал Ритжентс) стал территорией активного редевелопмента из промышленной зоны в общественное пространство. В ходе этой работы старались сохранить индустриальное наследие этой территории, выраженное в кирпичных фасадах, металлических конструкциях и пропорциях. Существующие на этой территории промышленные помещения старались адаптировать под новые общественные функции, преобразовывая их в офисы, лофты, культурные и образовательные пространства, а саму территорию вдоль канала – в зону активных прогулок. Важным аспектом преобразования бывшей промышленной территории канала стало включение воды в архитектурную композицию преобразованных зданий, так тут появились различные террасы, остекленные фасады и визуальные коридоры от общественных объектов к каналу (Рисунок 1).

Рисунок 1 - Regent’s Canal (Канал Ритжентс) [10]

Regent’s Canal (Канал Ритжентс) в архитектурно-градостроительной практике стал ярким примером демократизации прибрежных пространств. Его отличает от закрытых частных набережных свободный доступ к воде, непрерывный прогулочный маршрут, а также возможности разнообразного использования территории (в качестве пространства для отдыха, неформальной активности или как транзитную территорию). В современном виде канал представляет собой некую человекоориентированную среду, где все подчинено человеку, а не транспорту [11].

Ценность существования Regent’s Canal (Канал Ритжентс) в Лондоне сегодня заключается в интеграции исторической составляющей этой территории в городскую ткань

без утраты своей уникальности, в переходе от монофункциональности территории к полифункциональной общественной среде.

Greenwich Peninsula исторически это промышленная территория где находилось крупное газовое производство. Сегодня – это крупный многофункциональный городской квартал, который охватывает около 150 акров на берегу Темзы и считается одним из крупнейших проектов городского редевелопмента в Европе (Рисунок 2).

Рисунок 2 - Greenwich Peninsula [12]

До 1990-х годов на территории была газовое производство и тяжелая промышленность, что как следствие сделало территорию сильно загрязненной. Эту территорию также называли «большим пустырем» иза проблем с доступом и отсутствием городской ткани.

Идея о реорганизации территории возникла в 1997 году, когда одно из государственных агентств (English Partnerships) приобрело участок земли и начало очистку территории и реорганизацию инфраструктуры района (в том числе транспортной).

Одним из ключевых и ярких объектов преобразования района стал Millennium Dome (Купол тысячелетия). Это огромное куполообразное здание на полуострове Гривич в котором проходила крупная выставка, посвященная началу нового третьего тысячелетия. Здание открыло свои двери для посетителей в 1999 году, и в то время оно занимало пятое место в мире по полезному объему. Сегодня, здание существует и служит внешней оболочкой развлекательного комплекса [13] (Рисунок 3).

Рисунок 3 - Millennium Dome (Купол тысячелетия) [13]

С точки зрения градостроительства полуостров представляет большое общественное пространство, в котором хорошо организована связь с рекой, длинна я набережная обеспечивает пешеходные маршруты, также продуманы парки, скверы и видовые площадки. Улично-дорожная сеть на полуострове формирует ряд маршрутов, где пешеходные

пространства интегрированы с жилыми кварталами и рекреационными зонами (Рисунок 4) [14].

Рисунок 4 - Greenwich Peninsula общий вид [14]

Доступность полуострова обеспечена наличием канатной дороги, которая соединяет два берега реки Темзы. В настоящее время полуостров продолжают застраивать жилимы домам, создавая новые жилые районы.

Thames Path это пешеходный непрерывный маршрут вдоль реки Темзы, протяженность которого составляет около 300 километров, большая и наиболее значимая часть которого проходит через Большой Лондон. Это уникальный линейный каркас общественного пространства, который обеспечивает функциональную, пространственную и визуальную связь различных городских территорий. (Рисунок 5)

Рисунок 5 - Thames Path карта [15]

С градостроительной точки зрения Thames Path можно охарактеризовать как протяженную общественную ось, которая интегрирована в городскую ткань Лондон. Этот маршрут является пешеходным и не подчинен транспортной логике. Thames Path связывает между собой жилые кварталы, деловые районы и исторический центр.

Одним из ключевых значений с точки зрения архитектурно-градостроительных вопросов является наличие открытого доступа к воде. Если говорить об истории, то берега Темзы как правило были застроены объектами промышленного назначения. В этой связи создание Thames Path стало этапом возвращения реки городу, а также изменило отношение горожан к прибрежной территории.

Рисунок 6 - Thames Path общий вид [16]

Правительство Лондона рассматривает Thames Path как толчок к созданию новых проектов редевелопмента промышленных территорий, что в конечном счете должно привести к созданию непрерывного прохода вдоль воды.

Формирование Thames Path диктует особые условия к формированию застройки на протяжении своего пути. Вдоль всего маршрута можно наблюдать различную типологию и стили. Так, например, тут представлена историческая застройка (набережные XIX века, склады, доки), современные комплексы, а также объекты прошедшие через процедуры реновации и получившие новые функциональные назначения.

South Bank как и другие объекты описанные выше, это бывшая территория индустриальных объектов и зона вторичных функций. Это территория южного берега Темзы, которая пролегает от Westminster Bridge до Blackfriars Bridge (Рисунок 7). South Bank начинает преобразовываться в культурно-общественный кластер в 1951 году, после проведения на этой территории мероприятия Festival of Britain.

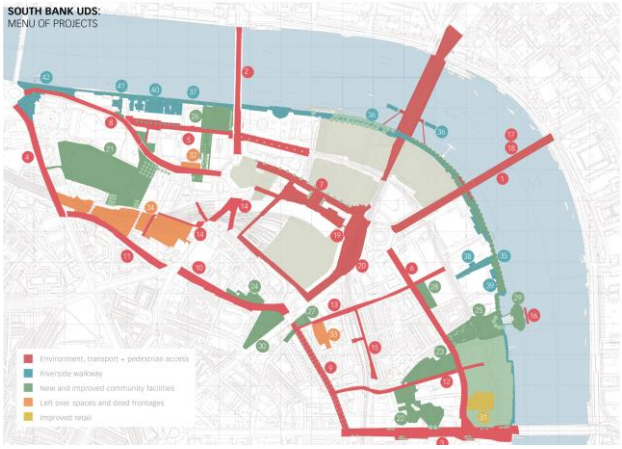


Рисунок 7 - South Bank карта [17]

Сегодня, с точки зрения градостроительства South Bank представляет собой пример редевелопмента прибрежной территории без тотальной зачистки застройки, это проект, который поэтапно формирует общественное пространство [18].

South Bank это непрерывная пешеходная набережная, которая является частью Thames Path. Это общественное пространство которое развивается вдоль воды и формирует последовательность открытых площадок и террас, открывает визуальные коридоры на ключевые городские точки, такие как St Paul’s Cathedral, Westminster и City of London. (Рисунок 8).

Рисунок 8 - South Bank общие виды [19]

Характерной особенностью этой набережной является многоуровневость, которую можно формально разделит на три части: верхний уровень представлен в виде городских улиц и мостов, средний – это общественные здания и нижний уровень – это собственно пешеходная набережная.

South Bank это пространство которое может использоваться круглогодично. Его архитектурно-градостроительные особенности заключаются в том, что тут в приоритете пешеходы, а не транспорт, что тут отсутствуют четкие границы между зданием и улицей, и в

целом все пространство не подчинено каким-то программам и сценариям, оно может использоваться спонтанно [20].

Следует отметить, что с точки зрения теории и практики градостроительства South Bank – это модель постиндустриального развития прибрежных территорий, пример устойчивого редевелопмента, а также иллюстрация того, как общественное пространство определяет логику застройки, а не наоборот.

Chelsea Harbour это городской комплекс на северном берегу реки Темза, который представляет собой проект трансформации бывшего промышленного района. Сейчас это пространство с жилыми, коммерческими и общественными функциями. Это территория бывшего портового дока где ранее находились складские помещения, железнодорожные сооружения, а также угольный причал, который был заброшен в 1980 году.

В ходе реконструкции район был преобразован в жилое пространство с премиальными апартаментами, а также гостиницей, выставочными пространствами и офисом. Сегодня этот квартал имеет хорошую визуальную связь с рекой (Рисунок 9).

Рисунок 9 - Chelsea Harbour [21]

Chelsea Harbour представляет собой комплекс из разных стилей и объемов, который создан поддерживая идею «город у воды», в котором будут созданы общественные пространства и беспрепятственный доступ к воде. Основным элементом является марина с 75 причальными местами, вокруг которой расположены жилые дома, и объекты коммерческого и культурного назначений [22].

Сегодня Chelsea Harbour рассматривается как пример комплексной городской регенерации бывших промышленных территорий, где важную роль играют архитектурная эклектика, интеграция жилых и общественных функций, а также ориентация на рекреацию и качество городской среды у водного фронта.

St Katharine’s Dock это док, который находится в центральной части Лондона и был построен как коммерческий портовый объект в 1820 году. В начале порт был грузовым, но к середине XX века он утратил свою конкурентоспособность и был закрыт 1968 году (Рисунок 10)

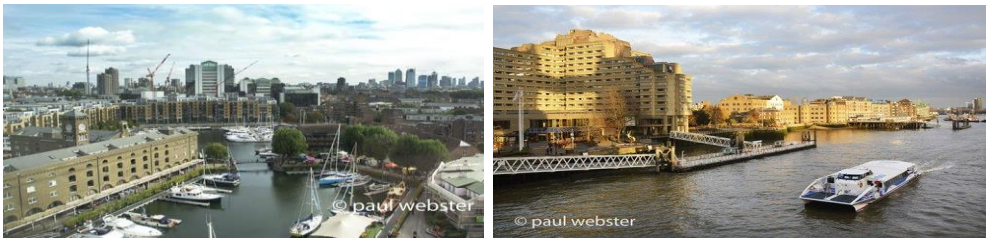


Рисунок 10 - St Katharine’s Dock [23]

В ходе реконструкции 1970-1990 бывший порт был преобразован в городскую пристань с общественными, жилыми и коммерческими функциями. В процессе модернизации были снесены некоторые склады, на месте которых появились жилые и коммерческие здания, а сам водный бассейн был сохранен.

St Katharine’s Dock часто рассматривается как ранний пример успешной редевелопмент-практики в британской урбанистике, где переосмысленная историческая инфраструктура становится медиацией между прошлым промышленного использования и современной потребностью в рекреационных и общественных пространствах [24].

Таким образом можно сделать ряд выводов:

1. Британские набережные и каналы формируют линейные непрерывные рекреационные коридоры, что позволяет интегрировать воду в среду города. Такой опыт может быть применим для прибрежных зон Алаколя и Капчагайского водохранилища в Казахстане, где сейчас еще не сформирована туристическая инфраструктура.
2. На примерах редевелопмента бывших промышленных территорий King’s Cross Central и Greenwich Peninsula в Великобритании как можно преобразовать бывшие промышленные территории в туристические кластеры. Такой опыт может быть полезен для преобразования промышленных и портовых территорий на побережье Балхаша и Капчагайского водохранилища.
3. Такие пространства как Thames Path и Regent’s Canal в Великобритании показывают важность и актуальность формирование пешеходных и велосипедных маршрутов вдоль воды, которые объединяют территории урбанизированные и природные. Такие примеры могут быть полезными для Казахстанской практики с точки зрения организации связи между курортными объектами и рекреационными зонами с целью создания целостной туристической сети.
4. South Bank и Greenwich Peninsula являются яркими примерами того, как можно предложить смешанное использование территорий с учетом спортивных, культурных, образовательных и рекреационных функций. Такой подход повысит привлекательность территорий среди туристов и местного населения.

Озеро Алаколь. Сегодня прибрежная территория озера Алаколь застраивается стихийно и фрагментарно, без общей концепции пространственного развития. Основные зоны туризма выделены в поселках Коктума и Акши (Рисунок 11), тут наблюдается линейная застройка вдоль берега. Устаревшие генеральные планы либо их частичное реализация неизбежно приводят к тому, что вдоль воды застройка имеет высокую плотность, отсутствуют сформированные общественные прибрежные пространства, а также наблюдается нарушение санитарных разрывов и природного ландшафта.

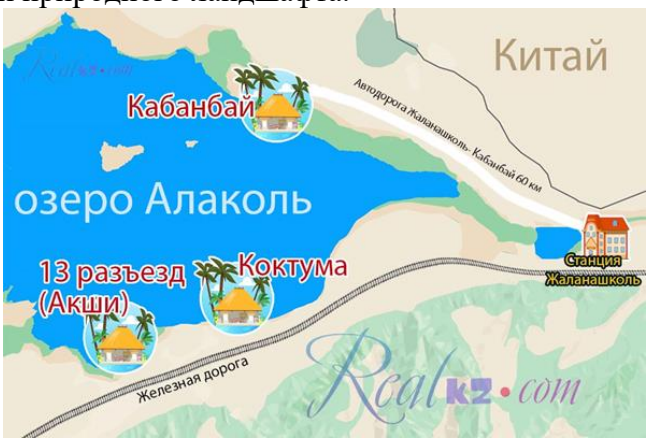


Рисунок 11- Озеро Алаколь. Курортная карта [25]

На побережье озера Алаколь туристическая инфраструктура развивается быстрее градостроительных решений, что приводит к росту сезонных баз отдыха, количество благоустроенных пляжей ограничено, инженерные сети находятся в дефиците.

Озеро Балхаш. Это уникальный природный объект, имеющий значительные масштабы, однако его прибрежные территории используются неравномерно и не структурированы. На территории города Балхаш набережная существует и выполняет функцию променада, а за пределами города берег озера не освоен. Основные проблемы, которые можно наблюдать на

прибрежной территории Балхаша это отсутствие единой стратегии развития береговой территории, разрывы между городскими и природными прибрежными зонами. (Рисунок 12)

Рисунок 12 - Озеро Балхаш, карта [26]

Туристическая инфраструктура на побережье Балхаша представлена точечно. Существуют отдельно стоящие зоны отдыха, неформальные кемпинги, а также следует отметить слабую транспортную обеспеченность прибрежных территорий.

Капчагайское водохранилище. На побережье водохранилища в отличии от представленных ранее озер, наиболее активно ведётся освоение территорий под формирование туристических и рекреационных объектов. Основными характерными четами освоения прибрежных территорий водохранилища можно назвать линейную застройку вдоль береговой линии и слабую интеграцию отдельных объектов в единую градостроительную сеть.

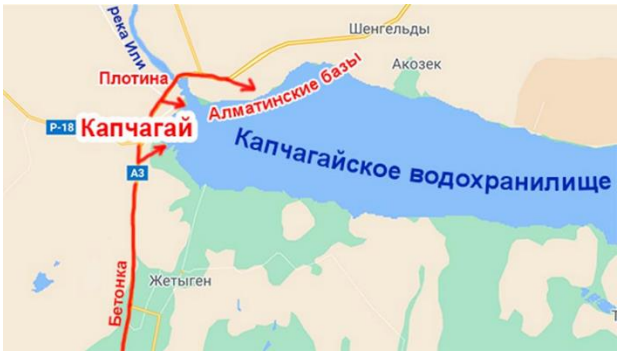


Рисунок 13 - Капчагайское водохранилище. Курортная карта [27]

Туристическая инфраструктура на побережье Капчагайского водохранилища представлено более развито, чем на озерах Балхаш и Алаколь (Рисунок 13). Она представлена в виде облагороженных пляжных зон, баз отдыха и другое. Имеется хорошая транспортная связь с городом Алматы. Как следствие развитость туристического сектора ведет за собой высокий уровень сезонной нагрузки. При этом сохраняется дефицит публичных, доступных прибрежных пространств, а также при развитии туристической привлекательности недостаточно учтены экологические ограничения.

Несмотря на различия в масштабе и степени освоения, все три прибрежные территории характеризуются отсутствием комплексного градостроительного подхода, недостаточной ролью архитектуры и слабым развитием общественных прибрежных пространств. Это снижает качество среды и ограничивает потенциал устойчивого туристического развития.

Таким образом прибрежные территории Алаколя, Балхаша и Капчагайского водохранилища характеризуются разным уровнем освоения, но имеют общие системные проблемы такие как отсутствие комплексных мастер-планов прибрежных зон, доминирование точечной застройки над пространственным планированием, слабая роль архитектуры как инструмента формирования идентичности и устойчивого туризма.

С точки зрения архитектуры и градостроительства данные территории обладают высоким потенциалом для формирования непрерывных рекреационных коридоров, общественных набережных и устойчивой туристической инфраструктуры по аналогии с успешными зарубежными практиками.

Таким образом, проведённый анализ зарубежного и отечественного опыта освоения прибрежных территорий, а также архитектурно-градостроительная оценка состояния побережий озёр Алаколь, Балхаш и Капчагайского водохранилища позволили выявить ключевые закономерности и проблемные аспекты их пространственного развития. Рассмотренные примеры британской практики продемонстрировали эффективность комплексного подхода к формированию туристических кластеров, основанного на приоритете общественных пространств, непрерывности прибрежных маршрутов и интеграции архитектуры с ландшафтом и экологическими ограничениями. Полученные выводы позволили сформулировать ряд архитектурно-градостроительных рекомендаций по формированию туристических кластеров:

1. Туристический кластер не должен рассматриваться как просто совокупность баз отдыха, это должна быть единая связанная система, которая включается в себя ландшафт, пешеходные маршруты, инфраструктуру и общественные пространства. Таким образом с учетом переосмысления подходов к формированию туристических кластеров должен произойти переход от точечной застройки к кластерной модели.
2. По аналогии с Thames Path можно формировать непрерывный прибрежный общественный каркас, где береговая линия будет публичной и непрерывной, где архитектура подчиняется логике движения человека. В этой ситуации застройка формируется второй линией, не перекрывая доступ к воде.
3. Следует рассматривать архитектуру как носитель идентичности. В этом случае следует отказаться от типовых решений при проектировании гостиниц, а также формировать с помощью материалов, масштаба и других аспектов региональный архитектурный код.
4. Взамен формирования привычного моносезонного курорта необходимо формировать пространство с различными функциями (рекреационными, культурными, спортивными и образовательными) чтобы обеспечить многофункциональность прибрежных территорий.

Результаты работы подтверждают, что применение кластерного подхода в архитектурно-градостроительном развитии прибрежных территорий позволяет обеспечить комплексность планировочных решений, повысить качество туристической и рекреационной среды, а также создать условия для устойчивого социально-экономического развития регионов. Полученные выводы и рекомендации могут быть использованы при разработке мастер-планов прибрежных территорий, программ территориального планирования и проектов туристического развития в Республике Казахстан.

Список литературы

1 Токаев К. Туристская отрасль в Казахстане: динамика, инвестиции и Neo Nomad Visa / Комитет индустрии туризма Министерства туризма и спорта Республики Казахстан. https://www.gov.kz/memleket/entities/tourism/press/article/details/196717?lang=ru (дата обращения: 15.01.2026).

2 Kirby J. A., Masselink G., Essex S., Poate T., Scott T. Adaptation of coastal communities to climate change through zoning: a review of Coastal Change Management Areas (CCMAs) in England // Ocean & Coastal Management. - 2021. - Vol. 215. - Article 105950. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964569121004336 (дата обращения: 13.01.2026).

3 Kemp M. Strategies for Sustainable Growth in the Thames Gateway // SSRN Electronic Journal. - July 2025.

https://www.researchgate.net/publication/393748835_Strategies_for_Sustainable_Growth_in_the_Thames_Gateway (дата обращения: 13.01.2026).

4 McGowan L. The practice and prospects of Integrated Coastal Zone Management (ICZM) in the UK: improving non-statutory coastal governance through collaboration : PhD thesis. - Liverpool : University of Liverpool, 2011. https://livrepository.liverpool.ac.uk/2893/ (дата обращения: 13.01.2026).

5 Lavery S., Donovan B. Flood risk management in the Thames Estuary looking 100 years ahead // Philosophical Tran**sactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and** Engineering Sciences. - 2005. - Vol. 363, No. 1831. - P. 1455–1474. https://royalsocietypublishing.org/rsta/article-abstract/363/1831/1455/52080/Flood-risk-management-in-the-Thames-Estuary (дата обращения: 13.01.2026).

6 Sherwin K. W., Nicholls R. J. Managed realignment of urban shorelines: application to the Thames Estuary, London // Journal of Coastal Research. - 2007. - Vol. 23, No. 6. - P. 1525–1534. https://eprints.soton.ac.uk/52826/ (дата обращения: 13.01.2026).

7 London City Hall. London Plan 2016: Chapter Seven – London's Living Spaces. https://www.london.gov.uk/programmes-strategies/planning/london-plan/past-versions-and-alterations-london-plan/london-plan-2016/london-plan-chapter-seven-londons-living-spaces (дата обращения: 17.01.2026).

8 GOV.UK. Creating benefits and riverside strategies: Thames Estuary 2100 / Department for Environment, Food & Rural Affairs & Environment Agency. -Published 19 Apr. 2023. https://www.gov.uk/guidance/creating-benefits-and-riverside-strategies-thames-estuary-2100 (дата обращения: 21.01.2026).

9 Canal & River Trust. Regent's Canal - информационный ресурс о водном канале, его роли и возможностях для отдыха, прогулок и активности на воде. Canal & River Trust - крупнейшая благотворительная организация, управляющая сетью каналов и рек в Англии и Уэльсе. https://canalrivertrust.org.uk/canals-and-rivers/regents-canal (дата обращения: 20.01.2026).

10 TripAdvisor. Regent's Canal - Attraction Review, London, England. TripAdvisor LLC. - Рейтинг и отзывы туристов о Regent's Canal в Лондоне. https://www.tripadvisor.com/Attraction_Review-g186338-d510136-Reviews-Regent_s_Canal-London_England.html (дата обращения: 20.01.2026)

11 London Museum. Regent's Canal - история и описание водного канала, его развития и современных функций в Лондоне; коллекционный материал музея о Regent's Canal. https://www.londonmuseum.org.uk/collections/london-stories/regents-canal (дата обращения: 15.01.2026).

12 Greenwich Peninsula. Welcome to Greenwich Peninsula - regeneration, riverside development and community in London. — Official web portal. https://www.greenwichpeninsula.co.uk/ (дата обращения: 15.01.2026).

13 Wikipedia. Millennium Dome - интернет-энциклопедия Википедия. https://en.wikipedia.org/wiki/Millennium_Dome (дата обращения: 15.01.2026).

14 New London Architecture (NLA). Greenwich Peninsula – London's built environment community project. - HLA - London's built environment community, крупнейшее профессиональное сообщество специалистов по градостроительству, архитектуре и городскому развитию в Лондоне. https://www.nla.london/projects/greenwich-peninsula (дата обращения: 16.01.2026).

15 Etsy. Карта Темзы, 762×254 мм - интернет-торговая платформа, страница товара: карта реки Темзы (оформление, визуализация). https://www.etsy.com/listing/844782207/karta-temzy-762x254mm (дата обращения: 23.01.2026).

16 Walking Englishman. Thames Path (including map, GPS files and statistics) - информационный ресурс о пешеходном маршруте Thames Path, предлагаемом как длинный пешеходный маршрут вдоль реки Темзы с описаниями, картами и маршрутными файлами. https://www.walkingenglishman.com/ldp/thamespath.htm (дата обращения: 23.01.2026).

17 Lifschutz Davidson Sandilands. South Bank Urban Design Strategy проект градостроительной стратегии развития района South Bank в Лондоне, реализованный с участием South Bank Employers' Group. https://lds-uk.com/projects/leisure/south-bank-urban-design-strategy/ (дата обращения: 22.01.2026).

18 Encyclopædia Britannica. South Bank - статья о районе Южный берег (Южный банк) на реке Темза в Лондоне; культурный и развлекательный центр, история и описание района. https://www.britannica.com/topic/South-Bank (дата обращения: 22.01.2026).

19 TripAdvisor. South Bank - Attraction Review, London, England. TripAdvisor LLC - отзывы и оценки туристов о районе South Bank в Лондоне. https://www.tripadvisor.ru/Attraction_Review-g186338-d188721-Reviews-South_Bank-London_England.html (дата обращения: 25.01.2026).

20 Visit London. Official London tourism guide - информационный ресурс о достопримечательностях, событиях, маршрутах и туристических возможностях Лондона. https://www.visitlondon.com/ (дата обращения: 25.01.2026).

21 Wikipedia. Chelsea Harbour - интернет энциклопедия Википедия. https://en.wikipedia.org/wiki/Chelsea_Harbour (дата обращения: 29.01.2026).

22 Know Your London. Chelsea Harbour - статья блога о районе Челси Харбор в Лондоне, его истории, архитектуре и развитии. - 10 июля 2023. https://knowyourlondon.wordpress.com/2023/07/10/chelsea-harbour/ (дата обращения: 29.01.2026).

23 Tower Hotel from Tower Bridge (2018) - цифровое изображение (фотография). Изображение размещено на Squarespace CDN. https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/52067629e4b0e286857da2ab/1533663580487-569YDAKIA9AYC9PTSA1S/C+tower+hotel+from+Tower+bridge+2018.jpg?format=500w (дата обращения: 29.01.2026).

24 Advisor Travel. St Katharine Docks - Point of Interest, London, England - туристическая справочная информация о районе St Katharine Docks в Лондоне (описание, отзывы, советы). https://en.advisor.travel/poi/St-Katharine-Docks-24454 (дата обращения: 29.01.2026).

25 Real KZ.com. Алаколь карта. Карта курортных поселков Акши, Коктума, Кабанбай (Жарбулак) - информационный интернет ресурс о карте озера Алаколь и расположении баз отдыха на его берегу. https://real kz.com/page.php?page_id=3875&article_id=609 (дата обращения: 23.01.2026).

26 Real KZ.com. Рыбалка на озере Балхаш - статья о водоёме Балхаш, его характеристиках, возможностях отдыха и рыболовства в прибрежной зоне. https://real kz.com/page.php?page_id=3885&article_id=454 (дата обращения: 23.01.2026).

27 Real KZ.com. Отдых на озере Зайсан: пляжи, кемпинги, базы отдыха - информационный интернет ресурс о прибрежной зоне озера Зайсан, её природных характеристиках и туристическом потенциале. https://real kz.com/page.php?page_id=3889&article_id=433 (дата обращения: 23.01.2026).

УДК 626.877:550.82

Т.С. Умаров, Э.Ж. Абдыкалыков
И.Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

T. S. Umarov, E.Zh.Abdykalykov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
t_umarov@kstu.kg, a.erlan@kstu.kg

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРА

КАРЬЕР ДУБАЛДАРЫНЫН ТУРУКТУУЛУГУН БААЛОО үчүн ЗАМАНБАП ГЕОМЕХАНИКАЛЫК МОДЕЛЬДЕРИН КОЛДОНУУ

APLICATION OF MODERN GEOMECHANICAL MODELS TO ASSESS THE STABILITY OF QUARRY WALLS

Макалада, карьердин дубалдарынын туруктуулугун балоодо геомеханикалык моделдерди колдонууга арналган заманбап илимий жана билим берүү булактарына серep берилген. Тоо тектеринин чыңалуу-деформациялык абалын моделдөөнүн негизги ыкмалары, анын ичинде чектик тең салмактуулук ыкмалары, сандык методдор жана татаал геомеханикалык моделдер каралат. Жантаймалардын туруктуулугуна таасир этүүчү факторлорго талдоо жүргүзүлүп, эсептөө жана мониторинг методдорун өнүктүрүүнүн негизги тенденциялары аныкталган. Интегралдык геомеханикалык моделдерди колдонуу туруктуулукту болжолдоонун тактыгын олуттуу түрдө жакшыртууга жана тоо-кен иштеринин коопсуздугун камсыз кылууга мүмкүн экени аныкталган.

Ачкыч сөздөр: *геомеханика, карьер, жантаюунун туруктуулугу, моделдөө, чектүү элементтер ыкмасы, чыңалуу-деформация абалы.*

В статье представлен обзор современных научных и учебных источников, посвящённых применению геомеханических моделей при оценке устойчивости бортов карьеров. Рассмотрены основные подходы к моделированию напряжённо-деформированного состояния массива горных пород, включая методы предельного равновесия, численные методы и комплексные геомеханические модели. Проведен анализ факторов, влияющих на устойчивость откосов, а также выявлены основные тенденции развития методов расчёта и мониторинга. Установлено, что применение интегрированных геомеханических моделей позволяет существенно повысить точность прогноза устойчивости и обеспечить безопасность горных работ.

Ключевые слова: *геомеханика, карьер, устойчивость бортов, моделирование, метод конечных элементов, напряженно-деформированное состояние.*

The article presents a review of modern scientific and educational sources devoted to the application of geomechanical models in assessing the stability of quarry walls. The main approaches to modeling the stress-strain state of a rock mass are considered, including limit equilibrium methods, numerical methods and complex geomechanical models. An analysis of factors influencing slope stability was conducted, and the main trends in the development of calculation and monitoring

methods were identified. It has been established that the use of integrated geomechanical models can significantly improve the accuracy of stability prediction and ensure the safety of mining operations.

Key words: *geomechanics, quarry, slope stability, modeling, finite element method, stress-strain state.*

Введение. Исследование устойчивости бортов карьеров с использованием современных геомеханических моделей (метод конечных элементов, предельного равновесия) позволяет оптимизировать углы наклона, обеспечивая безопасность горных работ. Моделирование учитывает гидрогеологию, структурные неоднородности и прочностные свойства пород, снижая риски обрушений при углубке карьеров.

Обеспечение устойчивости бортов карьеров — ключевая задача при открытой разработке месторождений, особенно при увеличении глубины карьеров. Современные геомеханические модели позволяют перейти от эмпирических оценок к точному прогнозированию поведения массива горных пород.

Открытая разработка месторождений полезных ископаемых является одним из наиболее распространенных способов добычи минерального сырья. При ведении горных работ в карьерах важнейшей задачей является обеспечение устойчивости бортов и откосов. Нарушения устойчивости может привести к оползням, обрушениям горных пород, авариям и значительным экономическим потерям.

Современные условия разработки месторождений характеризуются увеличением глубины карьеров, усложнением горно-геологических условий и необходимостью повышения безопасности горных работ. В связи с этим возрастает значение применения современных методов геомеханического моделирования для анализа устойчивости бортов карьеров.

Цель исследования. Целью исследования является рассмотрение методов исследования устойчивости бортов карьеров и анализ применения современных геомеханических моделей.

Материал и методы исследования. Материалы и методы исследования устойчивости бортов карьера включают построение 3D геомеханических моделей на основе данных инженерно-геологических изысканий, лабораторных испытаний пород и численного моделирования (метод конечных элементов, метод дискретных элементов) для расчета напряженно-деформированного состояния массива и коэффициента запаса устойчивости.

Материалы исследования: Геологическая документация: Данные бурения, инженерно-геологические разрезы, структурные карты месторождения.

Карты инженерно-геологического районирования составляются в результате выявления в пространстве на основе совокупности теоретических положений и методических приемов объективно существующих территориальных элементов, обладающих какими-либо общими инженерно-геологическими признаками отграничения их от территорий, этими признаками не обладающих, их картографирования и описания районирования.

Физико-механические свойства пород: Результаты лабораторных испытаний образцов керна (прочность на сжатие/растяжение, сцепление, угол внутреннего трения).

Для определения относительной твердости минералов в качестве примера можно привести шкалу Мооса. В соответствии с этой шкалой такой материал как кальцит при давлении на него ножом легко получает царапины на своей поверхности, что соответствует показателю твердости 3, а топаз, сам не получая повреждений, легко царапает стекло, но поддается обработке алмазом, что относит его к категории твердости 8.

Геометрические параметры: 3D-модели карьера, созданные в специализированном ПО (например, Micromine, Datamine, Surpac), определяющие проектную глубину и углы наклона бортов.

Гидрогеологические условия: Сведения о наличии подземных вод, уровне грунтовых вод и давлении поровой воды.

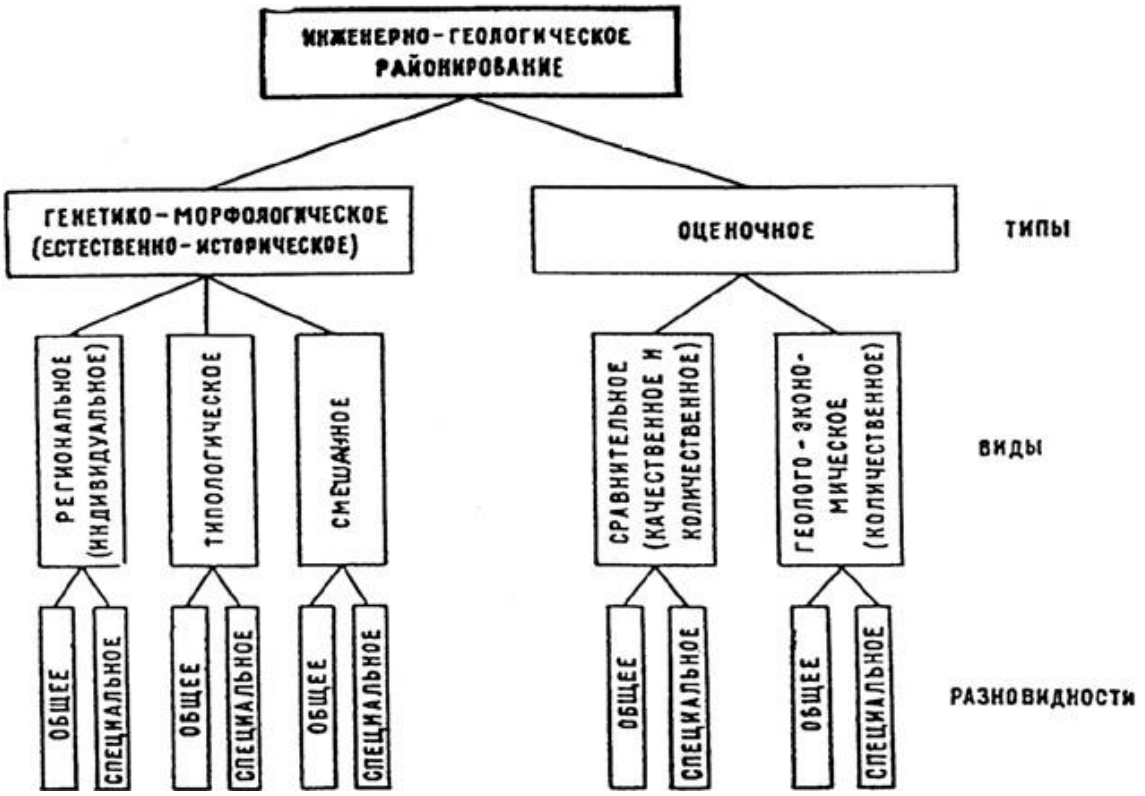


Рис.1 Систематика типов инженерно-геологического

Методы исследования:
Аналитический метод (предельного равновесия): Расчет коэффициента запаса устойчивости (КСТ) с использованием методов Бишопа, Моргенштерна-Прайса или Янбу для оценки круглоцилиндрических поверхностей скольжения.
Численное моделирование:
Метод конечных элементов (МКЭ/FEM): Использование программ (RS2/RS3, PLAXIS) для анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) сложного массива пород.
Метод дискретных элементов (МДЭ/DEM): Применение программ (3DEC, UDEC) для моделирования блоков пород с учетом структурных нарушений.

Таблица 1 - Шкала Мооса относительной твердости минералов

Минералы	Твёрдость	Способ определения твёрдости
Тальк	1	Легко чертится ногтем
Каменная соль	2	Чертится ногтем
Кальцит	3	Легко чертится ножом
Плавиковый шпат	4	Чертится стеклом. Ножом чертится под небольшим давлением
Апатит	5	Чертится стеклом. Ножом чертится под небольшим давлением
Ортоклаз	6	Ножом не чертится. Слегка царапает стекло
Кварц	7	Легко царапает стекло
Топаз	8	Легко царапает стекло
Корунд	9	Легко царапает стекло
Алмаз	10	Легко царапает стекло

Натурные наблюдения: мониторинг деформаций бортов (лазерное сканирование, геодезические реперы) для верификации моделей.

Сравнительный анализ: сопоставление полученных коэффициентов запаса с нормативными значениями (обычно Кст>1.2-1.5 в зависимости от ответственности объекта).
Комплексный подход обеспечивает определение предельных параметров устойчивых бортов, минимизируя риски обрушений.

Результаты исследования и их обсуждение. Применение современных геомеханических моделей (метод конечных элементов, предельного равновесия) в Кыргызстане позволяет с высокой точностью оценивать устойчивость бортов карьеров, учитывая высокую сейсмичность региона и анизотропию пород. Исследования показывают, что моделирование снижает риски обрушений, оптимизирует углы наклона бортов, учитывая трещиноватость и влажность пород.

Основные результаты исследований и их обсуждение:

Учет сейсмического воздействия: В условиях горной гряды Тянь-Шань критически важен учет сейсмических нагрузок. Использование метода конечных элементов (МКЭ) позволяет определить коэффициент запаса устойчивости (K_з) борта в условиях землетрясений, что предотвращает внезапные обрушения.

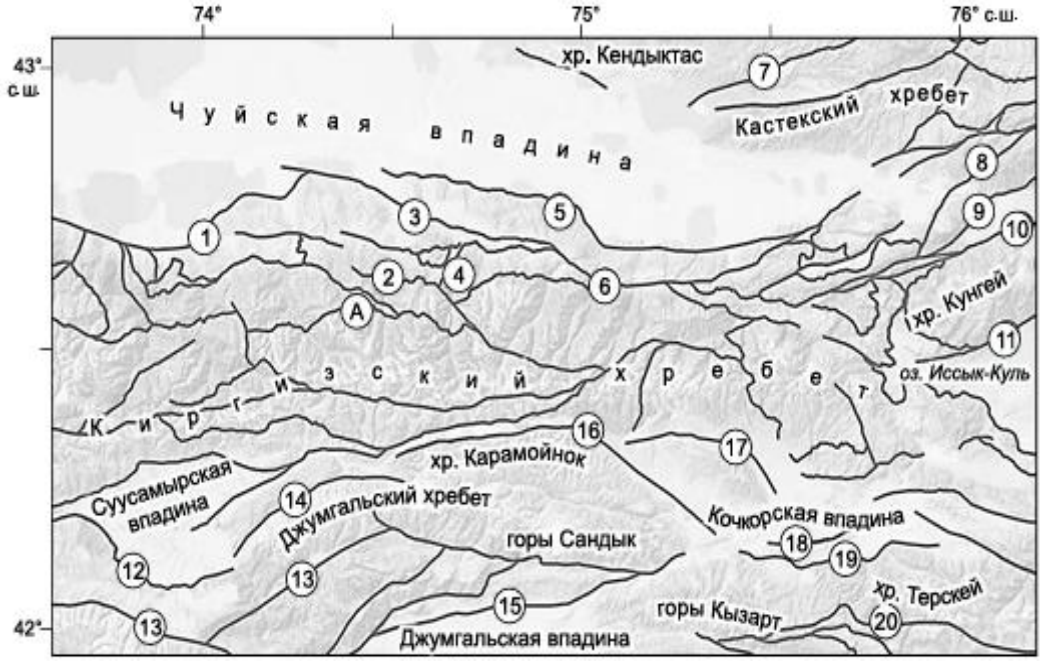


Рисунок 2 - Топография и главные разломы

Разломы: 1 — Аксуйский, 2 — Чонкурчакский, 3 — Байтикский, 4 — Аламединский, 5 — Иссыкатинский, 6 — Шамсинский,7 — Каракунузский, 8 — Заилийский, 9 — Северо-Кеминский, 10 — Южно-Кеминский, 11 — Тогуз-Булакский (Северо-Иссыккульский), 12 — Араминский, 13 — Кызылойский, 14 — Каракульский, 15 — Улунбулакский (Узунбулак-Ойкаинская зона),16 — Каракольский, 17 — Ортокский, 18 — Акчопский, 19 — Южно-Кочкорский, 20 — Каракурджурский. А — разлом Верхо вой, выделенный по результатам тектонофизической реконструкции напряжений.

Сейсмичность. Особенность сейсмического режима Северного Тянь-Шаня обусловлена геологическим строением, интенсивностью протекающих здесь геодинамических процессов и связана с древними глубинными разломами — Северо-Тяньшаньским, Кеминским и Кунгейским . На его территории произошли такие разрушительные землетрясения, как Чиликское M = 8.3 1889 г.,Жаланаш-Тюпское M = 6.8 1978 г., Сарыкамышское M = 6.8 1970 г., Верненское M = 7.3 1887 г., Кеминское M = 8.2 1911 г., Баласагунское M = 6.4 1475 г., Беловодское M = 6.9 1885 г., Суусамырское M = 7.3 1992 г. [Геодинамика…, 2009].

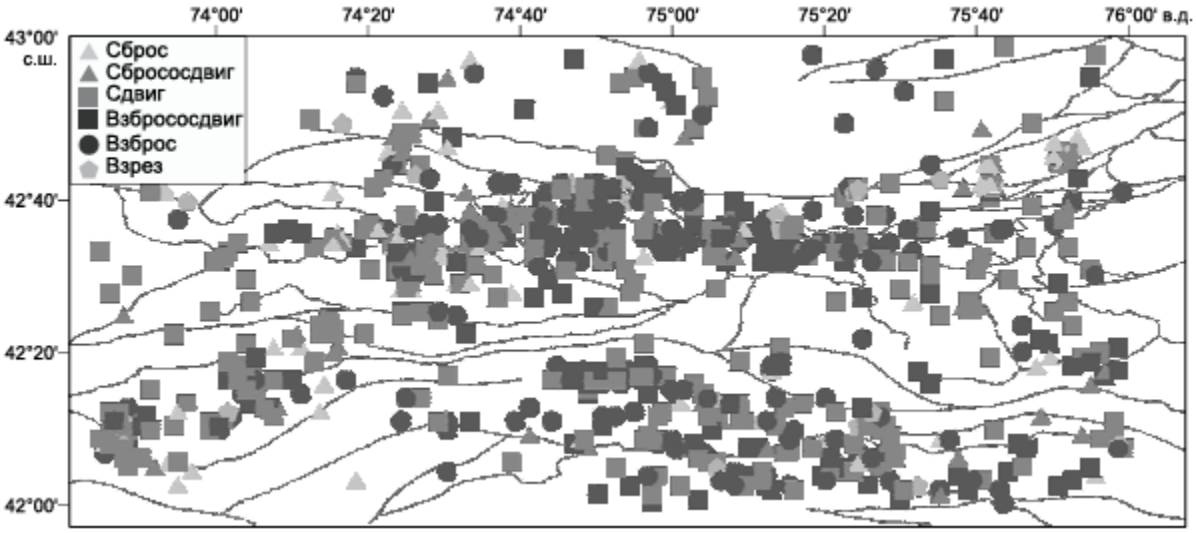


Рис. 3 - Районирование коры Северного Тянь-Шаня по типам механизмов очагов землетрясений

На рис. 3 показано пространственное распределение в коре различных типов механизмов очагов землетрясений. Из приведенного рисунка видно, что практически повсеместно наблюдаются вариации кинематических типов механизмов. Взбросы часто сочетаются со взбрососдвигами, а иногда и с чисты ми сдвигами. Землетрясения с механизмами в виде взбросов и взбрососдвигов наблюдаются в коре практически всего региона. Сбросы, хотя и в меньшем количестве, но также достаточно часто встреча ются. Согласно данным рис. 3, сбросы и сбрососдвиги более представлены в восточной и западной частях коры исследуемого региона. В центральной его части эти механизмы иногда встречаются, но здесь очевидное преимущество имеют механизмы типа взбросов и взбрососдвигов.

Численное моделирование и анизотропия: исследования анизотропных карьерных откосов с использованием горного сканирования выявляют структурные особенности массива. Это помогает точнее определять прочностные свойства породных контактов и моделировать поведение неустойчивых участков.

Анализ факторов деформирования: результаты подтверждают, что наибольшее влияние на снижение коэффициента устойчивости оказывают увеличение влажности пород и снижение их прочностных параметров, что характерно для четвертичных отложений.

Сценарное прогнозирование: современные подходы включают решение обратных задач для калибровки моделей, что позволяет устанавливать зависимости между изменчивостью свойств пород и рисками деформации бортов.

Оптимизация параметров: применение программного обеспечения для моделирования позволяет находить оптимальные углы наклона нерабочих бортов, обеспечивая их надежность и снижая объемы вскрышных работ.

Обсуждение результатов подчеркивает необходимость интеграции натурных исследований (сканирования, мониторинга) с математическим моделированием для создания надежных моделей, обеспечивающих безопасность горных работ в сложных горно-геологических условиях Кыргызстана.

Применение современных геомеханических моделей (UDEC/3DEC, RS3, FLAC) в мировой практике обеспечивает высокую точность оценки устойчивости бортов карьеров за счет учета сложной структуры пород, тектонических нарушений и гидрогеологии. Результаты показывают, что 3D-моделирование позволяет выявлять зоны потенциальных деформаций, которые не определяются классическими методами, снижая риски обрушений.

Результаты исследования: Эффективность численного моделирования: Программы, основанные на методах конечных элементов (FEM) и разностных элементов (DEM),

позволяют моделировать нелинейное поведение пород, включая развитие трещин и перемещений.
3D против 2D: Трехмерные модели (3DEC) значительно точнее описывают устойчивость при сложной геометрии карьера и тектонических нарушениях, чем традиционные 2D-анализы.
Учет гидрогеологии: Геомеханические модели эффективно учитывают влияние порового давления воды на снижение сцепления и угла внутреннего трения пород.

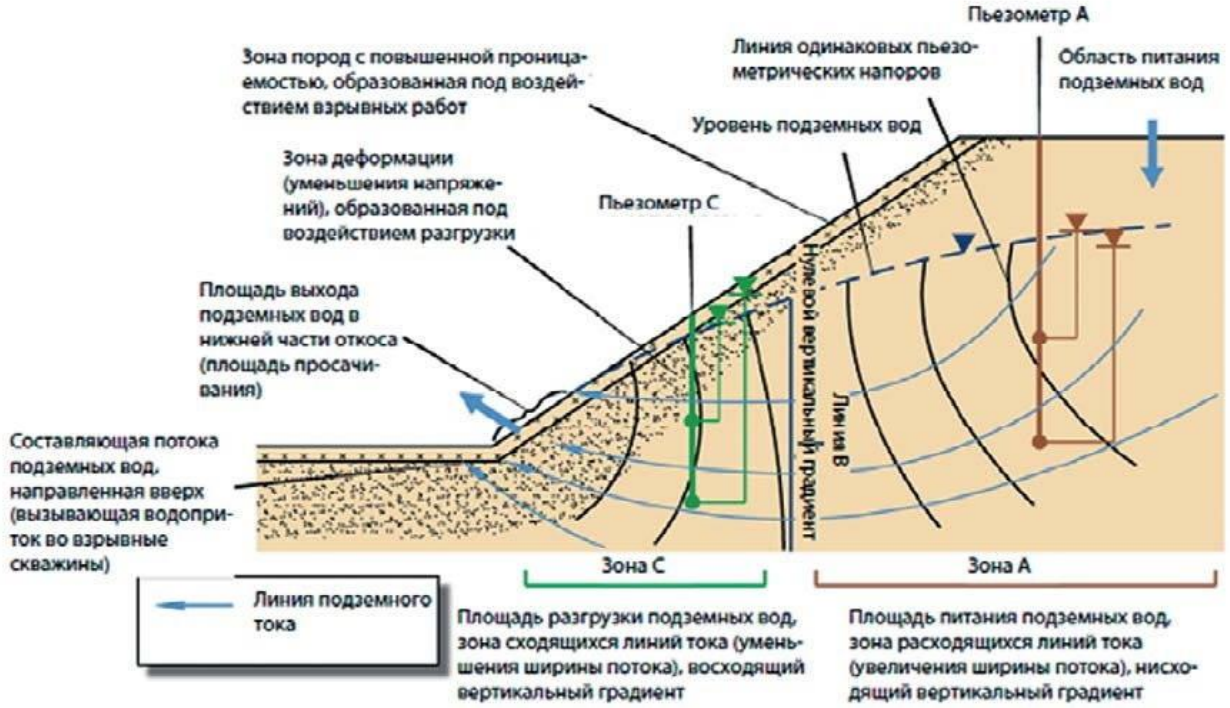


Рисунок 4 - Схема размещения пьезометров для определения вертикальных градиентов

Мониторинг фактического распределения порового давления, градиентов подземных вод по вертикали оценивается по внутрикарьерным профилям, выходящим в область питания подземных вод (рис.4). Следует отметить, что современный уровень развития средств контроля за состоянием подземных вод позволяет в автоматическом режиме с частотой от несколько секунд до года считывать показатели порового давления, температуры, минерализации подземных вод, дебита дренажных устройств, производительности водоотлива, переводить их в цифры и по радиоканалам передавать на станцию мониторинга.

Обсуждение результатов:

Снижение рисков: Современные модели позволяют перейти от реактивного управления устойчивостью (после обрушения) к проактивному, прогнозируя деформации.

Ограничения: Точность модели напрямую зависит от качества входных данных (физико-механических свойств пород), получаемых при инженерно-геологических изысканиях.

Комплексный подход: В мировой практике наилучшие результаты дает сочетание численного моделирования с системами мониторинга (радары, спутниковая геодезия).

Экономическая эффективность: Правильное применение моделей позволяет увеличить углы наклона бортов, что значительно снижает объемы вскрышных работ при обеспечении безопасности.

Ключевые современные инструменты:

[UDEC/3DEC (Itasca): Для моделирования сплошных и трещиноватых сред.
[RS3/RS2 (Rocscience): Для 2D и 3D конечно-элементного анализа.
[FLAC3D: Для комплексного геомеханического моделирования.

Применение современных геомеханических моделей (метод конечных элементов, предельного равновесия) значительно повышает точность оценки устойчивости бортов

карьеров за счет учета блочности, сейсмичности и неоднородности пород. В мировой практике преобладает 3D-моделирование, в то время как в Кыргызстане акцент делается на сейсмически активные условия Тянь-Шаня и адаптацию методов для глубоких карьеров.

Мировая практика:

- Активное использование программных продуктов (RS3, Geoslope Slope/W) для анализа напряженно-деформированного состояния (НДС).
- Развитие методов численного моделирования для анализа рисков оползней, вызванных техногенными трещинами.
- Выявлено, что при увеличении влажности пород коэффициент устойчивости снижается, а с увеличением высоты борта — уменьшается.
- Применение «сценарного прогнозирования» для оценки поведения бортов при различных геологических условиях.

Кыргызстан (практика и исследования):

- Разработка методик оценки устойчивости с учетом сейсмичности региона (Тянь-Шань), что критично при расчете коэффициента запаса.
- Использование горного сканера (3D-сканирование) для выявления структурных особенностей и элементов залегания, что крайне важно для анализа анизотропных карьерных откосов.
- Оценка устойчивости бортов уступов на основе расчетов с учетом разрывных нарушений и трещин.
- Применение комплексного подхода, объединяющего лабораторные исследования физико-механических свойств пород с численным моделированием.

Выводы. Устойчивость бортов карьеров является важнейшим фактором безопасной и эффективной разработки месторождений. Анализ устойчивости требует учета большого количества факторов, включая геологические, гидрогеологические и технологические условия. Современные геомеханические модели позволяют более точно прогнозировать поведения массивов горных пород и предотвращать аварийные ситуации.

Использование численного моделирования и современных программных комплексов значительно повышает надежность расчётов и способствует повышению безопасности горных работ. Таким образом, применения современных геомеханических методов является необходимым условием эффективной разработки карьеров.

Исследование устойчивости бортов карьеров с использованием современных геомеханических моделей (метод конечных элементов, предельного равновесия) позволяет с высокой точностью прогнозировать деформации массива с учетом сложной геологии, гидрогеологии и нагрузок. *Ключевой вывод:* применение 3D-моделирования и сценарного анализа обеспечивает оптимизацию углов наклона бортов, повышая безопасность горных работ и экономическую эффективность при увеличении глубины разработки.

Список литературы

1. Бычин А.К. Геомеханическое обоснование устойчивости бортов карьера с учетом влияния крупных техногенных трещин и подземной отработки. — Диссертация.
2. Вестник КРСУ (Кыргызско-Российский Славянский университет). Статьи по моделированию устойчивости бортов карьеров на месторождениях Кыргызстана с использованием современных программных комплексов.
3. Фисенко Г. Л. Геомеханика. М.: Недра, 1976. 280 с.
4. Мельников Н. В. Механика горных пород. М.: Наука, 1970. 484 с.
5. Попов В. Н. Геомеханика массивов горных пород: учебник для вузов. М.: Высшая школа, 2003. 447 с.
6. Ржевский В. В. Открытые горные работы. Ч. 1. Производственные процессы: учебник для вузов. М.: Недра, 1985. 509 с.

7. Ляпин И. Н., Королев Д. О., Коровин И. Ю. и др. Опыт применения геомеханического моделирования на этапе проектирования скважин // Нефть. Газ. Новации. 2019. № 10. С. 17–20.

8. Павлов В. А., Поляков Д. А., Субботин М. Д. и др. К вопросу импортозамещения в геомеханическом моделировании // Технологии нефти и газа. 2019. № 2. С. 3–9.

9. Хлопцова М. В. Задачи геомеханического моделирования при разработке месторождений и эксплуатаций // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 4. С. 107–116.

10. Гвишиани А. Д., Кафтан В. И., Красноперов Р. И., Татаринов В. Н. Геоинформатика и системный анализ в геофизике и геодинамике // Физика Земли. 2019. № 1. С. 42–60.

УДК 675.92.052.35:62.342

Р.Г. Касымов, А.Б. Макенова
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

R.G. Kasymov, A.B. Makenova
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
kasymov@kstu.kg, aicholpon.makenova@mail.ru

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗНОСА ФУТЕРОВОК МЕЛЬНИЦЫ ПОЛУ-САМОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ (ПСИ)

ЖАРЫМ ӨЗҮН-ӨЗҮ МАЙДАЛООЧУ ТЕГИРМЕНДЕРДЕГИ ФУТЕРОВКАЛАРДЫН ЭСКИРИШИН БОЖОМОЛДОО ЫКМАЛАРЫН ИЗИЛДӨӨ

ANALYSIS OF METHODS FOR PREDICTING THE WEAR OF LINERS IN SEMI-AUTOGENOUS GRINDING (SAG) MILLS

Макалада жарым өзүн-өзү майдалоочу тегирмендердин футеровкаларынын эскиришин мониторингдөө жана болжолдоо ыкмалары талданып, эксплуатациялык маалыматтарга негизделген көп параметрлүү ыкма сунушталат.

Ачкыч сөздөр: *көзөмөлдөө, көзөмөлдөөнүн заманбап технологиясы, алтын ылгоочу фабрика (АЫФ), тоо-кен өндүрүшү, өндүрүштү автоматташтыруу, жабдуулардын эффективдүүлүгү, эскирүүнү көзөмөлдөө, эскирүүнү алдын ала айтуу.*

В статье рассматривается анализ методов мониторинга и прогнозирования износа футеровок мельниц полусамоизмельчения и предлагается многопараметрический подход, основанный на анализе эксплуатационных данных для повышения точности оценки их остаточного ресурса.

Ключевые слова: *мониторинг, современные технологии мониторинга, золотоизвлекательная фабрика (ЗИФ), горнорудное производство, автоматизация производства, мониторинг износа, прогнозирование износа.*

The article discusses the analysis of methods for monitoring and predicting liner wear in semi-autogenous grinding (SAG) mills and proposes a multiparametric approach based on operational data to improve the accuracy of residual life estimation.

Key words: *monitoring, modern monitoring technologies, a mining plant, a gold-mining factory, mining, automation of production, equipment operating efficiency, wear monitoring, wear prediction.*

Введение. Процессы измельчения занимают ключевое место в технологической цепочке переработки руд цветных и драгоценных металлов, во многом определяя эффективность последующих стадий обогащения [1]. Особую роль в данных процессах играют мельницы полусамоизмельчения (ПСИ), широко применяемые на золотоизвлекательных фабриках благодаря их высокой производительности и универсальности. Эксплуатационные характеристики ПСИ, такие как производительность, энергоэффективность и стабильность работы, в значительной степени зависят от состояния их конструктивных элементов.

Одним из наиболее нагруженных элементов мельницы являются футеровки (рис. 1), подвергающиеся интенсивному абразивному, ударному и комбинированному износу. Их деградация приводит к ухудшению условий измельчения, изменению гранулометрического состава продукта, росту удельного энергопотребления и увеличению риска внеплановых простоев оборудования. В этой связи контроль технического состояния футеровок и прогнозирование их износа являются важными задачами обеспечения надежности и эффективности производственного процесса [1,3].

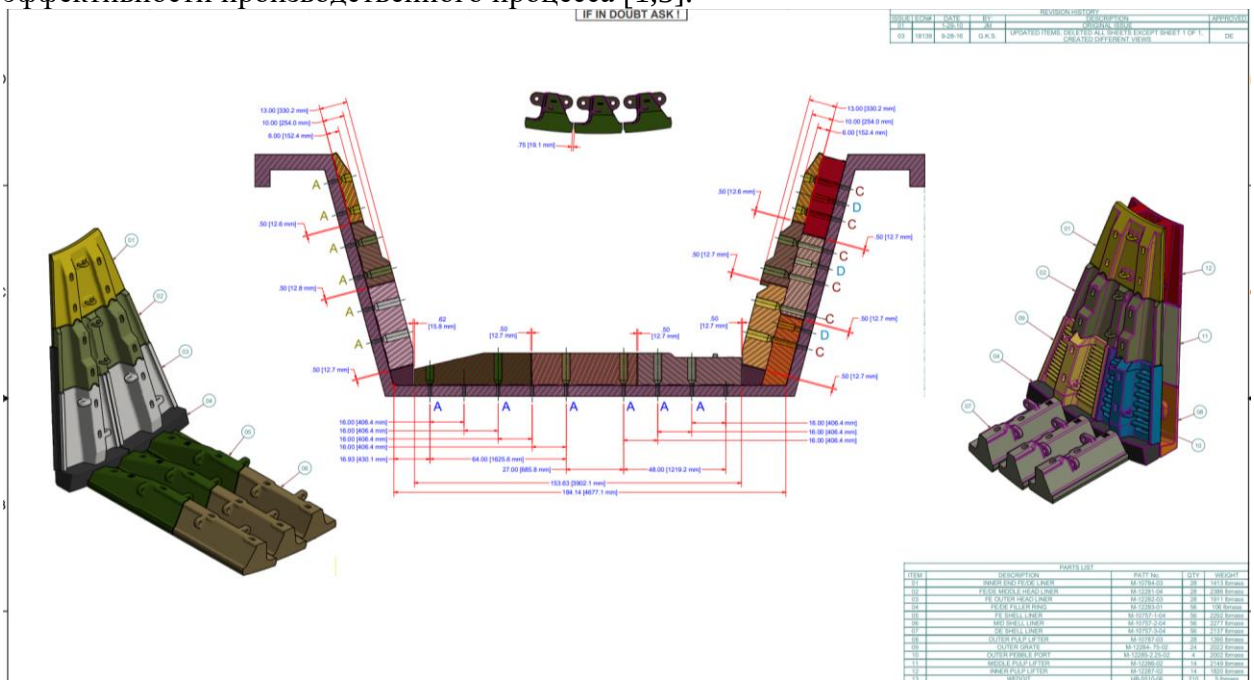


Рисунок 1 - Чертеж футеровок мельницы ПСИ

В условиях промышленной эксплуатации традиционные методы оценки износа футеровок, как правило, базируются на периодических измерениях их геометрических параметров и использовании эмпирических зависимостей. Однако данные подходы характеризуются ограниченной точностью и не позволяют учитывать динамический характер технологического процесса и влияние множества эксплуатационных факторов. [2].

Современный этап развития горнодобывающей отрасли, связанный с цифровизацией производства и накоплением больших массивов технологических данных, открывает новые возможности для разработки более точных и адаптивных методов прогнозирования. Применение комплексного анализа эксплуатационных параметров, а также методов математического моделирования и инженерного прогнозирования позволяет повысить достоверность оценки остаточного ресурса футеровок и оптимизировать процессы технического обслуживания оборудования.

Постановка проблемы. Согласно результатам исследований [2], существующие системы мониторинга состояния оборудования золотоизвлекательных фабрик, включая мельницы ПСИ, зачастую носят разрозненный характер и не обеспечивают комплексного анализа. Это приводит к снижению эффективности оценки технического состояния оборудования и затрудняет принятие обоснованных решений по его обслуживанию.

Установлено, что одной из основных причин внеплановых простоев мельниц является износ футеровок, оказывающий критическое влияние на непрерывность производственного процесса [1,2,3]. Несмотря на это, на практике контроль их состояния осуществляется преимущественно в рамках плановых остановок оборудования, с использованием визуального осмотра и ручных измерений геометрии футеровок [4].

Существующие методы мониторинга можно разделить на две группы:

- **Прямые методы**, основанные на измерении геометрических параметров футеровок, характеризуются высокой наглядностью, однако требуют остановки оборудования, являются трудоёмкими и подвержены субъективности оценок.
- **Косвенные методы**, основанные на анализе параметров работы мельницы (потребляемая мощность, вибрации, акустические сигналы [5]), позволяют осуществлять мониторинг в режиме эксплуатации, однако не обеспечивают прямой количественной оценки износа и требуют сложной интерпретации.

Применяемая в настоящее время практика прогнозирования ресурса футеровок, основанная на линейной экстраполяции результатов точечных измерений (пример на рис.2), не учитывает динамический характер технологического процесса и влияние совокупности эксплуатационных факторов [2]. Это существенно ограничивает точность прогнозов и снижает эффективность планирования ремонтных работ.

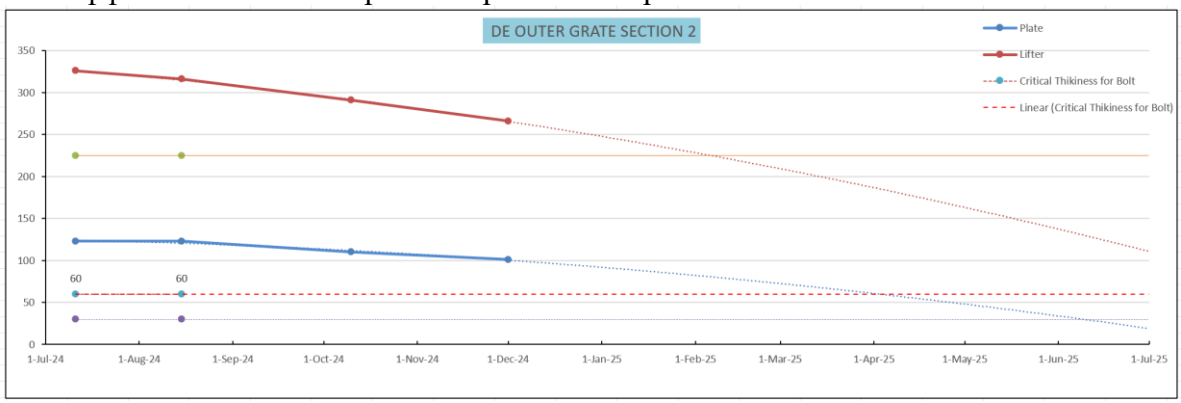


Рисунок 2 - Пример линейного графика мониторинга износа футеровок

Таким образом, существует необходимость разработки более точного и адаптивного метода прогнозирования износа футеровок, основанного на комплексном анализе эксплуатационных параметров работы мельницы.

Материалы и методы исследования. Методологической основой исследования являются положения теории измельчения, а также современные подходы к анализу эксплуатационных данных технологического оборудования.

В работе использованы следующие методы:

- анализ научно-технической литературы и результатов исследований;
- статистическая обработка эксплуатационных данных;
- методы математического моделирования;
- сравнительный анализ различных подходов к прогнозированию;
- методы инженерного прогнозирования.

В качестве исходных данных используются производственные параметры работы мельницы ПСИ, включая:

- производительность мельницы;
- потребляемую мощность;
- характеристики перерабатываемой руды;
- параметры загрузки и характеристики мелющих тел;
- временные параметры эксплуатации.

В отличие от традиционных подходов, основанных на линейной экстраполяции измерений толщины футеровок, в работе предлагается использовать многопараметрическую

модель прогнозирования износа, учитывающую влияние ключевых технологических факторов.

Общий вид модели может быть представлен следующим образом:

$$Wear = f(Q, P, H_{ore}, B, t)$$

где:

- Q— производительность (т/ч)
- P— мощность мельницы
- H_{ore}— твердость руды
- B— параметры мелющих тел
- t— время

Предлагаемый подход позволяет учитывать динамику технологического процесса и повышает точность оценки остаточного ресурса футеровок по сравнению с традиционными методами, основанными на линейной экстраполяции геометрических измерений.

Практическая значимость работы заключается в возможности внедрения разработанного метода в систему управления производством для:

- повышения надежности работы мельниц ПСИ;
- оптимизации графиков замены футеровок;
- снижения эксплуатационных затрат;
- сокращения внеплановых простоев оборудования.

Научная новизна работы заключается в разработке подхода к прогнозированию износа футеровок, основанного на комплексном анализе эксплуатационных параметров, в отличие от традиционных методов, использующих ограниченный набор данных и линейные зависимости.

Результаты проведенного анализа. В ходе проведённого анализа установлено, что срок службы футеровок мельниц полусамоизмельчения в условиях промышленной эксплуатации варьируется в диапазоне от 5 до 9 месяцев в зависимости от характеристик перерабатываемой руды и режимов работы оборудования [2,3]. При этом выявлена устойчивая тенденция к сокращению срока службы футеровок, обусловленная увеличением объёмов переработки и изменением физико-механических свойств рудного сырья.

Анализ влияния эксплуатационных параметров показал, что интенсивность износа футеровок определяется их совокупным воздействием. Установлено, что увеличение скорости вращения мельницы приводит к росту ударных нагрузок за счёт увеличения высоты подъёма рудной массы и мелющих тел, что ускоряет износ футеровок. Существенное влияние оказывают характеристики руды: повышение абразивности и доли мелких частиц способствует усилению абразивного износа, даже при относительно низкой твёрдости материала.

Также выявлено, что отклонения уровня загрузки мельницы от оптимальных значений приводят к неравномерному распределению нагрузок и локальному увеличению износа футеровок. Изменение параметров мелющих тел, в частности их размера и формы, влияет на характер взаимодействия с футеровками: увеличение диаметра тел усиливает ударные воздействия, тогда как геометрия влияет на распределение контактных напряжений.

Дополнительно установлено, что нестабильность режима работы мельницы, включая частые пуски, остановки и изменения подачи материала, приводит к изменению динамики процесса измельчения и способствует ускоренному износу футеровок.

В результате обобщения полученных данных подтверждено, что использование только геометрических измерений и линейной экстраполяции не обеспечивает необходимой точности прогнозирования износа. Это обусловило необходимость применения многопараметрического подхода, учитывающего эксплуатационные характеристики работы мельницы.

Обсуждение результатов. Полученные результаты подтверждают, что износ футеровок мельниц ПСИ носит сложный многопараметрический характер и не может быть адекватно описан с использованием упрощённых линейных моделей. Применяемые на практике методы, основанные на периодических измерениях толщины футеровок, не учитывают изменчивость технологического процесса и влияние ключевых эксплуатационных факторов, что существенно ограничивает их прогностические возможности.

Сопоставление прямых и косвенных методов мониторинга показало, что каждый из них обладает определёнными преимуществами и недостатками. Прямые методы обеспечивают высокую точность измерений, однако требуют остановки оборудования и не позволяют проводить непрерывный мониторинг. Косвенные методы, напротив, позволяют анализировать процесс в режиме реального времени, но требуют сложной интерпретации и не дают прямой оценки степени износа.

Предложенный в работе подход, основанный на использовании эксплуатационных параметров, позволяет объединить преимущества косвенных методов и устранить их ключевые ограничения за счёт построения модели, учитывающей влияние нескольких факторов одновременно. Такой подход обеспечивает более адекватное описание реальных условий эксплуатации и позволяет учитывать динамику технологического процесса.

Особую значимость полученные результаты приобретают в условиях цифровизации производства, когда доступ к большим массивам данных открывает возможности для внедрения интеллектуальных систем прогнозирования. Использование многопараметрических моделей может стать основой для создания систем предиктивного обслуживания оборудования, направленных на снижение эксплуатационных рисков и повышение эффективности производства.

Заключение. В результате проведённого исследования установлено, что существующие методы мониторинга и прогнозирования износа футеровок мельниц полусамоизмельчения обладают ограниченной точностью, обусловленной использованием упрощённых моделей и недостаточным учетом эксплуатационных факторов.

Показано, что интенсивность износа футеровок определяется совокупным воздействием параметров работы мельницы, включая скорость вращения, характеристики руды, уровень загрузки, параметры мелющих тел и режим эксплуатации.

Обоснована необходимость перехода к многопараметрическим методам прогнозирования, основанным на анализе эксплуатационных данных. Предложенный подход позволяет повысить точность оценки остаточного ресурса футеровок, снизить вероятность внеплановых остановок и оптимизировать процессы технического обслуживания.

Практическая реализация разработанного метода может способствовать повышению надежности работы оборудования и снижению экономических потерь, связанных с простоями производственного процесса.

Список литературы

1. Макенова А.Б., Омуралиев У.К. Анализ бизнес процессов технологического оборудования ЗИФ//Материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2020- ISBN 978-5-94211-912-6 (Санкт-Петербург, 23-24 апреля 2020 года, стр.354-359
2. Макенова А.Б., Омуралиев У.К. Моделирование процесса мониторинга технологического оборудования ЗИФ//Материалы 63-й МСНТК «Наука, техника и инженерное образование в эпоху цифровизации и глобализации», часть 1. Бишкек, 2021 год, стр.309-313.
3. Макенова А.Б. Магистерская диссертационная работа «Исследование и моделирование процесса мониторинга состояния технологического оборудования ЗИФ» 2021, КГТУ им.И.Раззакова, Бишкек. https://orcid.org/0000-0001-9410-2515
4. Product Design to Improve the Measurement and Projection of Mill Liner Wear / F. D. Castañeda-Quilcaro, C. L. Cordova-Yavar, R. F. Vidal Endara // *Engineering Proceedings*. — 2025. — Vol. 83, № 1. — Art. 4. — DOI: 10.3390/engproc2025083004.
5. Real-Time Acoustic Smart Monitoring of Lifter Wear in SAG Mills / M. K. Mannoubi, E. Kharrat, H. Mrad // *Procedia Computer Science*. — 2026. — Vol. 277. — P. 3153–3162.

УДК 622.279.6

Э.С. Молдобаев, Сагынбек уулу Исабек
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

E.S. Moldobaev, Saginbek Isabek
I. Razzakov Kyrgyz State Technical University,Bishkek, Kyrgyz Republic
e-mail: ernismoldobaev58@ gmail.com Sagynbekuuluisabek@gmail.com

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНО-ЗОЛОТОЙ РУДЫ НА ОФ «KAZ MINERALS BOZYMCHAK»

«KAZ MINERALS BOZYMCHAK» БАЙЫТУУ ФАБРИКАСЫНДА ЖЕЗ-АЛТЫН РУДАСЫН БАЙЫТУУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ИНТЕНСИФИКАЦИЯЛОО

INTENSIFICATION OF COPPER-GOLD ORE PROCESSING TECHNOLOGY AT THE KAZ MINERALS BOZYMCHAK CONCENTRATOR

Бозымчак кенинин жез-алтын рудасынын минералогиялык жана материалдык курамын изилдөөнүн маалыматтары, ошондой эле технологиялык рудалар (ТП) боюнча геологиялык-технологиялык карта түзүүнүн (ГТК) алкагында рудаларды технологиялык сыноонун натыйжалары келтирилген.

Ачкыч сөздөр: *руда, минерал, составы, жуулушу, флотация, үлгү, тесттер, анализ, волластонит, серпентинит, шихта.*

Представлены данные исследований минералогического и вещественного состава медно-золотой руды месторождения «Бозымчак», а также результаты технологического тестирования руд в рамках геолого-технологического картирования (ГТК) на технологических рудах (ТП).

Ключевые слова: *руда, минерал, состав, обогатимость, флотация, проба, тестовые испытания, анализ, волластонит, серпентинит, шихта.*

The data of studies of the mineralogical and material composition of the copper-gold ore of the Bozymchak deposit, as well as the results of technological testing of ores within the framework of geological and technological mapping (GTC) on technological ores (TP) are presented.

Key words: *ore, mineral, composition, washability, flotation, sample, tests, analysis, wollastonite, serpentinite, charge.*

Введение. На месторождении "Бозымчак" применяется технология флотационного процесса, от совершенствования которой зависит эффективность и производительность обогатительной фабрики. Основные условия, влияющие на флотацию: крупность измельчения полезного ископаемого перед флотацией; плотность пульпы; реагентный режим и порядок загрузки реагентов; интенсивность аэрации и перемешивания пульпы; интенсивность съема пены; продолжительность флотации [4].

Цель работы: Комплексное изучение руды включающее определение минерального и вещественного состава, а также технологические исследования проб на обогатимость, определение кинетики измельчения, проведение флотационных тестов, результаты которых будут положены в основу выработки оптимальной схемы флотационного метода обогащения [1,2,3].

Методы исследований:

1. рентгеноструктурный анализ,
2. микроскопическое изучение аншлифов и шлифов,
3. количественный анализ исходной дробленной руды и тяжелой фракции, полученной гравитационным методом из укрупненной навески.

Обсуждение результатов. По данным рентгеноструктурного анализа основными минералами, слагающими пробу, являются волластонит, гранат (андрадит), диопсид, кальцит и кварц. Количественный минералогический анализ выполняли на дробленной руде крупностью минус 2,0 мм. При этом использовали метод селективного растворения гидроксидных образований железа в щавелевой кислоте, а карбонатов – в уксусной. Полученные нерастворимые остатки классифицировали в тяжелой жидкости (бромоформ, плотность 2,9 г/см^3). Тяжелые фракции были подвергнуты магнитной и электромагнитной сепарации. Все конечные фракции просматривались под бинокулярным микроскопом (рис.1-4).

Таблица 1 -Минеральный состав руды

Наименование минералов	Массовая доля, %
Волластонит	40,0
Халькопирит	1,1
Халькозин	0,3
Полевые шпаты	3,0
Карбонаты	8,3
Пироксены (диопсид)	10,0
Кварц	12,0
Гранат (андрадит, альмандин)	24,0
Гидроксиды железа	1,0
Пирит, маркозит	0,1
Биотит	Редкие зерна
Бормит	Редкие зерна
Ковеллин	Редкие зерна
Галенит, сфалерит	Единичные зерна

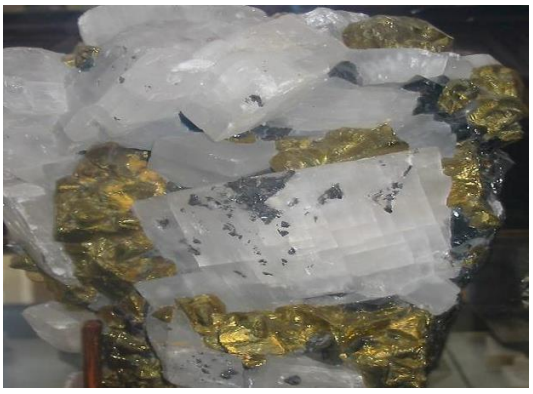


Рисунок 1 -Халькопирит с кальцитом

Рисунок 2 - Халькопирит с борнитом

Рисунок 3- Халькозин мелкие кристаллы с халькопиритом

Рисунок 4 - Ковеллин. Зернистые агрегаты

Результаты изучения минерального состава пробы руды, скорректированные с данными химического анализа и микроскопических исследований представлены в таблице 1 и рис. 1-4.

Установлено, что проба руды на 40% состоит из волластонита. Примерно ¼ массы пробы приходится на гранат, обусловленный двумя разновидностями – андрадит и альмандин. Вторая разновидность наблюдается в резко подчиненном количестве. Карбонаты представлены кальцитом, который развит в основной массе пород, а также тесно связан с гематитовыми образованиями.

Сульфиды, массовая доля которых приходится на уровне 1,5%, представлены, в основном, халькопиритом. Из других сульфидов меди регистрируется халькозин на уровне 0,2-0,3%. Борнит и ковеллин диагностирован в аншлифах. Суммарная доля сульфидов железа – пирита и марказита, небольшая и не превышает 0,1%. Пирит встречен в аншлифах и в дробленной руде, также в аншлифах определен марказит.

Такие минералы как галенит и сфалерит определяются в единичных зернах в гравиоконцентрате. Из образований железа фиксируются гидроксиды железа.

Технологические тестирования. Подготовка проб проводилась в лаборатории технологического тестирования ОФ ОсОО «KazMineralsBozymchak». Были исследованы пробы, шихты которых составляли волластонит и серпентинит, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты исследования пробы волластонита и серпентинита

Шихта руд	Рядовой волластонит	Бедная руда (волластонит)	Окисленный серпентинит
%	85	10	5
%	80	15	5
%	75	20	5
%	70	25	5

В процессе пробоподготовки были применены такие операции как рассев, дробление и истирание.

А. **Исследования на измельчаемость руды**В таблице 3. Приведены данные тестирования на измельчаемость.

Таблица 3 – Данные тестирования на измельчаемость

Тестирование на измельчаемость			
№ пробы	Класс крупности, мм	Продолжительность измельчения, мин	
		%	время
Шихта 1	- 0,075 мм	80	16
Шихта 2		80,5	16,30
Шихта 3		80	17
Шихта 4		81	17,3

Флотационные исследования. Флотационные тесты проведены по отдельности с 4 шихтами руд для сравнения извлечения металлов и к тестированию на обогатимость и определения кинетики измельчения. Реагентный режим включал в себя PAX 105 г/т , Oxfl0 80 г/т , МИБК 19 г/т.

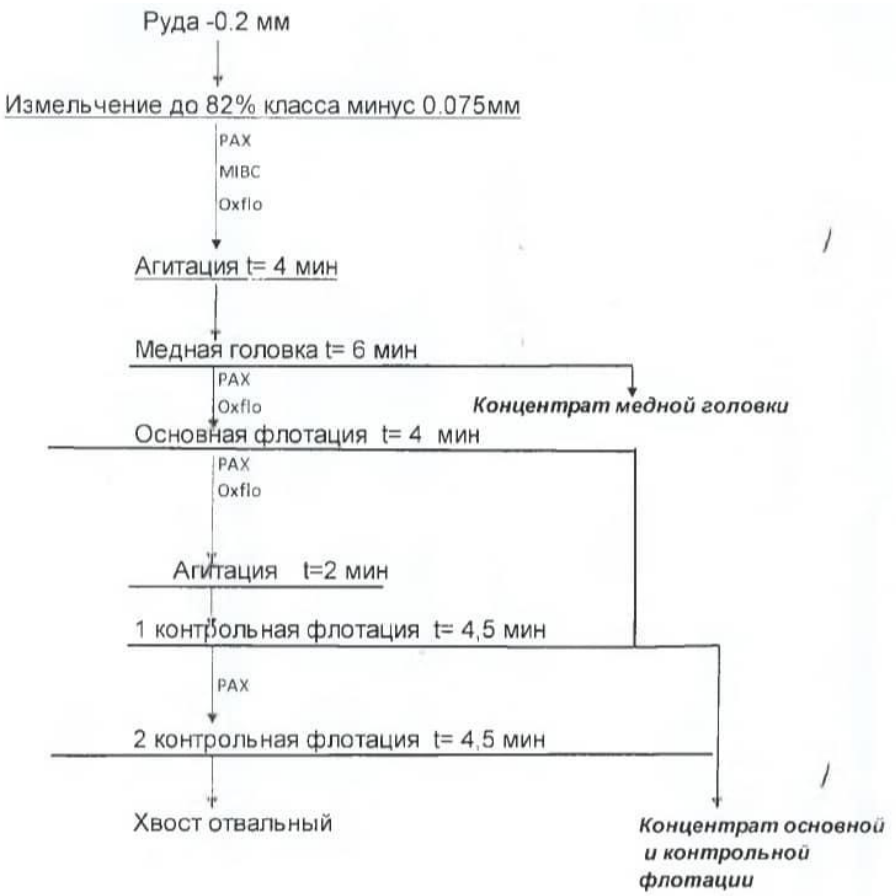


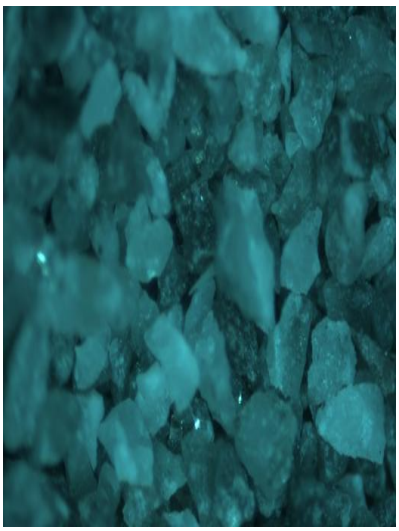
Рисунок 5 - Схема проведения флотационных тестов в рамках исследований ГТК

По результатам тестов получены средние показатели извлечения металлов шихты руд (таблица 4).

Таблица 4 - Средние показатели извлечения металлов шихты руд

№	Наименование продукта	Извлечение, %		
		Cu	Au	Ag
1	проба 1	93,26	90,82	91,21
2	проба 2	94,12	90,55	91,58
3	проба 3	93,57	91,39	90,82
4	проба 4	93,15	90,37	90,92

Крупность измельчения руды перед флотацией. Измельчение руды перед флотацией должна быть такой, чтобы: зерна флотируемого минерала были достаточно мелкими для их надежного закрепления на пузырьках воздуха, не менее 80 % класса минус 0,074 мкм. Флотация осуществляется лучше всего при некоторой средней крупности частиц, обеспечивающей достаточно полное раскрытие минералов. Оптимальная крупность определяется опытным путем, исходя не только из технологических соображений, но и из учета содержания полезного минерала в руде и производительности фабрики (рис.5,6).



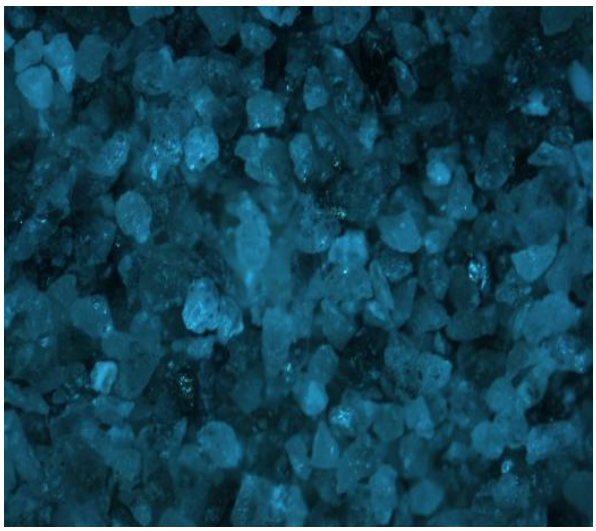


Рисунок 6 - Крупность частиц 150 мкм; Рисунок 7 - Крупность частиц 74 мкм

Минералы, обладающие высокой естественной гидрофобностью и малой плотностью, можно флотировать при большей крупности зерен. Зерна различной крупности флотируются с разной скоростью. Крупные зерна флотируются медленно. С уменьшением крупности скорость флотации возрастает до определенного предела, после чего начинает снижаться. Самые тонкие зерна (меньше 5-10 мкм) флотируются очень медленно. Оптимальная крупность флотируемых зерен зависит от свойств флотируемого минерала и условий флотации.

Заключение.

1.Руда месторождения «Бозымчак» состоит в основном из волластонита и серпентинита
2.Кинетика измельчения всех проб в среднем составила 16,8 мин (по твердости пробы одинаковые)
3.Средняя степень окисленности шихты руд составила: 7,3 %
4.Руды месторождения «Бозымчак» относятся к обогатимым рудам

Список литературы

1. Технологическая оценка минерального сырья. Методы исследования. Справочник. – М.: Недра, 1990. – 264 с.

2. Справочник по обогащению руд, т.1, 2. – М.: Недра, 1974. – 898 с.

3. Разумов К.А. Проектирование обогатительных фабрик. – М.: Недра, 1970. – 592 с.

4. Перов, В. А. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых: учеб. пособие для вузов / В. А. Перов, С. Е. Андреев, Л. Ф. Биленко. − 4-е изд., перераб. и доп. − М.: Недра, 1990. − 301 с.

УДК 665.6

М.И. Алиев, А.А. Мельников, Т.П. Анисимов
И. Раззаков атындагы КМТУ филиалы, Кара-Балта шаары, Кыргыз Республикасы.
Филиал КГТУ им. И.Раззакова, г. Кара-Балта, Кыргызская Республика

M.I. Aliev, A.A. Melnikov, T.P. Anisimov
Branch of KSTU named after I. Razzakov, Kara-Balta city, Kyrgyz Republic

АНАЛИЗ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНДА МУНАЙДЫ КАЗЫП АЛУУ ЖАНА КАЙРА ИШТЕТҮҮНҮ ТАЛДОО

ANALYSIS OF OIL PRODUCTION AND REFINING IN THE KYRGYZ REPUBLIC

Бул макалада Кыргыз Республикасында мунайды казып алуу жана кайра иштетүү тармагынын абалы талданат. Мунай кендери, казып алуу көлөмдөрү жана алардын динамикасы, ошондой эле мунайды кайра иштетүүчү ишканалардын иштөө өзгөчөлүктөрү каралат. Мунайды кайра иштетүүнүн технологиялык процесстери талданып, тармактагы негизги көйгөйлөр, анын ичинде ресурстук базанын чектелгендиги, жабдуулардын техникалык абалы жана экологиялык маселелер аныкталат. Мунай тармагын өнүктүрүүнүн негизги багыттары катары өндүрүштүн натыйжалуулугун жогорулатуу, заманбап технологияларды киргизүү жана айлана-чөйрөгө тийгизген таасирин азайтуу сунушталат.

Ачкыч сөздөр: *мунай, мунай казып алуу, мунайды кайра иштетүү, мунай өнөр жайы, Кыргызстан, мунай заводу, технологиялар, экология, натыйжалуулук.*

В статье представлен анализ состояния добычи и переработки нефти в Кыргызской Республике. Рассмотрены основные месторождения нефти, объемы добычи и их динамика, а также особенности функционирования нефтеперерабатывающих предприятий. Проведен анализ технологических процессов переработки нефти и выявлены ключевые проблемы отрасли, включая ограниченность ресурсной базы, техническое состояние оборудования и экологические аспекты. Предложены направления развития нефтяной отрасли, направленные на повышение эффективности добычи и переработки нефти, внедрение современных технологий и снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: *нефть, добыча нефти, переработка нефти, нефтяная промышленность, Кыргызстан, НПЗ, технологии, экология, эффективность.*

This article presents an analysis of oil production and refining in the Kyrgyz Republic. The main oil fields, production volumes and their dynamics, as well as the features of refinery operations are examined. The technological processes of oil refining are analyzed, and key industry challenges are identified, including limited resource base, technical condition of equipment, and environmental issues. Directions for the development of the oil industry are proposed, aimed at improving the efficiency of production and refining, implementing modern technologies, and reducing environmental impact.

Keywords: *oil, oil production, oil refining, petroleum industry, Kyrgyzstan, refinery, technologies, ecology, efficiency.*

Нефтяная промышленность является важной составляющей топливно-энергетического комплекса любого государства. Несмотря на то, что Кыргызская Республика не относится к числу крупных нефтедобывающих стран, добыча и переработка нефти играют значительную роль в обеспечении внутреннего рынка нефтепродуктами и формировании энергетической безопасности страны. В условиях роста потребления топлива и зависимости от импорта особую актуальность приобретает развитие собственной нефтяной отрасли.

Кыргызстан обладает ограниченными запасами нефти, однако наличие месторождений и функционирование нефтеперерабатывающих предприятий создают предпосылки для развития отрасли. Анализ текущего состояния добычи и переработки нефти позволяет выявить основные проблемы и определить перспективные направления развития.

Добыча нефти в Кыргызской Республике занимает ограниченное, но стратегически важное место в структуре топливно-энергетического комплекса страны. В отличие от государств, обладающих значительными запасами углеводородов, Кыргызстан характеризуется сравнительно небольшой ресурсной базой, что предопределяет невысокие объемы добычи и зависимость внутреннего рынка от импорта нефтепродуктов.

Основные нефтяные месторождения сосредоточены в южной части республики, преимущественно на территории Джалал-Абадской и Баткенской областей. Эти регионы входят в состав Ферганского нефтегазоносного бассейна, который является одним из старейших районов добычи нефти в Центральной Азии. Наиболее известными месторождениями являются Майлуу-Суу, Избаскент, Чангыр-Таш и ряд других, отличающихся сложным геологическим строением и неоднородностью пластов.

Геологические условия месторождений Кыргызстана характеризуются значительной тектонической нарушенностью, наличием складчатых структур и разломов, что осложняет как разведку, так и разработку залежей нефти. Кроме того, большинство месторождений относятся к категории трудноизвлекаемых запасов, что требует применения специальных технологий добычи и увеличивает себестоимость продукции.

Объемы добычи нефти в стране остаются на относительно низком уровне и в течение последних десятилетий демонстрируют нестабильную динамику. Это связано с постепенным истощением ранее разведанных месторождений, снижением пластового давления и ограниченными инвестициями в развитие отрасли. Существенную роль играет также недостаточный уровень геологоразведочных работ, направленных на выявление новых перспективных участков.

Следует отметить, что значительная часть действующих месторождений была введена в эксплуатацию еще в советский период. В настоящее время многие из них находятся на поздних стадиях разработки, что сопровождается снижением дебита скважин и увеличением доли трудноизвлекаемой нефти. В таких условиях возрастает необходимость применения методов повышения нефтеотдачи пластов, однако их внедрение ограничено финансовыми и технологическими возможностями.

Организационная структура нефтедобывающей отрасли включает как государственные, так и частные компании, а также предприятия с участием иностранного капитала. Привлечение инвестиций является одним из ключевых факторов развития отрасли, однако инвестиционная привлекательность ограничивается высокими рисками, связанными с геологическими особенностями и относительно небольшими запасами нефти.

В последние годы предпринимаются меры по активизации нефтедобычи, включая разработку новых лицензионных участков и проведение геологоразведочных работ с применением современных технологий. Использование сейсморазведки высокой разрешающей способности, геоинформационных систем и компьютерного моделирования позволяет более точно оценивать структуру месторождений и повышать эффективность их освоения.

Несмотря на предпринимаемые усилия, уровень добычи нефти в Кыргызской Республике остается недостаточным для обеспечения внутреннего спроса. В результате страна вынуждена импортировать значительные объемы нефти и нефтепродуктов, что оказывает влияние на экономическую устойчивость и энергетическую безопасность.

Дополнительным фактором, сдерживающим развитие отрасли, является износ производственной инфраструктуры. Устаревшее оборудование, низкий уровень автоматизации и недостаточное внедрение цифровых технологий снижают эффективность добычи и увеличивают эксплуатационные затраты. В связи с этим модернизация технической базы является одной из приоритетных задач.

Важное значение имеют также экологические аспекты добычи нефти. Разработка месторождений сопровождается воздействием на окружающую среду, включая загрязнение почв и водных ресурсов. В условиях ужесточения экологических требований возрастает необходимость внедрения экологически безопасных технологий и систем мониторинга.

Современное состояние добычи нефти в Кыргызской Республике характеризуется ограниченными ресурсами, сложными геологическими условиями, высоким уровнем износа оборудования и зависимостью от импорта. Вместе с тем наличие потенциала для развития, связанного с внедрением современных технологий и привлечением инвестиций, позволяет рассматривать нефтяную отрасль как перспективное направление экономики страны.

Добыча нефти в Кыргызской Республике осуществляется преимущественно традиционными методами, включая фонтанный и насосный способы. На ранних стадиях разработки месторождений используется естественное давление пласта, что позволяет извлекать нефть без дополнительных затрат энергии. По мере истощения пластового давления применяется насосное оборудование.

Современные методы увеличения нефтеотдачи пластов, такие как закачка воды, газа или химических реагентов, используются ограниченно. Это связано с высокой стоимостью технологий и недостатком инвестиций. Внедрение инновационных методов добычи могло бы существенно повысить эффективность разработки месторождений.

Переработка нефти в республике осуществляется на нескольких нефтеперерабатывающих предприятиях, крупнейшим из которых является НПЗ «Джунда» в городе Кара-Балта. Завод играет важную роль в обеспечении внутреннего рынка топливом.

Технологический процесс переработки нефти включает первичную и вторичную переработку. На стадии первичной переработки осуществляется разделение нефти на фракции с использованием атмосферной и вакуумной перегонки. Вторичная переработка направлена на улучшение качества продукции и включает процессы крекинга, гидроочистки и риформинга.

Несмотря на наличие перерабатывающих мощностей, значительная часть нефти и нефтепродуктов по-прежнему импортируется. Это связано с ограниченными объемами собственной добычи и необходимостью обеспечения стабильного снабжения.

Анализ добычи и переработки нефти в Кыргызской Республике позволяет выделить ряд ключевых проблем. Одной из основных является ограниченность ресурсной базы, что существенно сдерживает развитие отрасли. Большинство месторождений находятся на стадии истощения, а открытие новых требует значительных инвестиций.

Другой важной проблемой является устаревшее оборудование, используемое как в добыче, так и в переработке нефти. Это приводит к снижению эффективности производства и увеличению затрат. Кроме того, недостаточный уровень автоматизации и цифровизации процессов ограничивает возможности повышения производительности.

Серьезное значение имеют экологические проблемы, связанные с добычей и переработкой нефти. Выбросы загрязняющих веществ, образование отходов и загрязнение водных ресурсов требуют внедрения современных экологически безопасных технологий.

Нефтяная отрасль оказывает значительное влияние на экономику страны, обеспечивая рабочие места и поступления в бюджет. Однако высокая зависимость от импорта нефтепродуктов создает риски для энергетической безопасности.

С экологической точки зрения добыча и переработка нефти сопровождаются негативным воздействием на окружающую среду. В связи с этим важным направлением является внедрение технологий, направленных на снижение выбросов и рациональное использование природных ресурсов.

Перспективы развития нефтяной отрасли Кыргызской Республики связаны с модернизацией существующих предприятий, внедрением инновационных технологий и привлечением инвестиций. Развитие геологоразведки позволит увеличить ресурсную базу, а внедрение современных методов добычи повысит эффективность использования месторождений.

Важным направлением является развитие переработки нефти, что позволит снизить зависимость от импорта и повысить добавленную стоимость продукции. Также перспективным является внедрение цифровых технологий и автоматизированных систем управления.

Нефтяная отрасль Кыргызской Республики находится на стадии развития и сталкивается с рядом серьезных вызовов. Ограниченность ресурсов, технические и экологические проблемы требуют комплексного подхода к их решению. Развитие отрасли возможно при условии модернизации производства, внедрения инновационных технологий и повышения эффективности управления.

Проведенный анализ показывает, что при правильной стратегии развития нефтяная промышленность может стать важным фактором экономического роста и энергетической независимости страны.

Список литературы

1.Абдурашитов С. А., Тупиченков А. А. Трубопроводы для сжиженных газов. - М.: Недра, 1965. - 215 с.

2.Бобрицкий И. В., Юфин В. А. Основы нефтяной и газовой промышленности. - М.: Недра, 1988. - 200 с.

3.Бобровский С. А., Яковлев Е. И. Газовые сети и газохранилища. - М.: Недра, 1980. - 413 с.

4.Бородавкин П. П., Березин В. Л. Сооружение магистральных трубопроводов. — М.: Недра, 1987. - 471 с.

5. Гаврилов В. П. Черное золото планеты. - М.: Недра, 1990. — 1**60 с.**

УДК 665.6:66.01

М.И. Алиев, А.К. Кубанычбекова

И. Раззаков атындагы КМТУ филиалы, Кара-Балта шаары, Кыргыз Республикасы.

Филиал КГТУ им. И.Раззакова, г. Кара-Балта, Кыргызская Республика

M.I. Aliev, A.K. Kubanychbekova

Branch of KSTU named after I. Razzakov, Kara-Balta city, Kyrgyz Republic

ПЕРЕРАБОТКА НЕФТИ НА НПЗ «ДЖУНДА» Г. КАРА-БАЛТА

КАРА-БАЛТА ШААРЫНДАГЫ «ДЖУНДА» МУНАЙДЫ КАЙРА ИШТЕТҮҮЧҮ ЗАВОДУНДА НЕФТИНИ КАЙРА ИШТЕТҮҮ

OIL REFINING AT THE “JUNDA” OIL REFINERY IN KARA-BALTA

Бул макалада Кара-Балта шаарындагы «Джунда» мунайды кайра иштетүүчү заводунда нефтини кайра иштетүүнүн өзгөчөлүктөрү каралат. Мунайды баштапкы жана экинчи этапта кайра иштетүү процесстери, ошондой эле колдонулган жабдуулар сүрөттөлөт. Ишкананын ишинин натыйжалуулугуна талдоо жүргүзүлүп, мунай продуктыларынын сапатын жогорулатуу жана айлана-чөйрөгө тийгизген таасирин азайтуу маселелери каралат. Ошондой эле технологиялык процесстерди модернизациялоо жана заманбап ыкмаларды киргизүү маселелерине өзгөчө көңүл бурулат.

Ачкыч сөздөр: *мунай, мунайды кайра иштетүү, мунай заводу, мунай продуктылары, технологиялар, натыйжалуулук, экология, модернизация.*

В статье рассматриваются особенности переработки нефти на нефтеперерабатывающем заводе «Джунда», расположенном в городе Кара-Балта. Описаны основные технологические процессы переработки нефти, включая первичную и вторичную переработку, а также используемое оборудование. Проведен анализ эффективности работы предприятия, рассмотрены вопросы повышения качества нефтепродуктов и снижения воздействия на окружающую среду. Особое внимание уделено модернизации технологических процессов и внедрению современных методов переработки нефти.

Ключевые слова: *нефть, переработка нефти, НПЗ, нефтепродукты, технологии, эффективность, экология, модернизация.*

This article examines the features of oil refining at the “Junda” oil refinery located in the city of Kara-Balta. The main technological processes of oil refining, including primary and secondary processing, as well as the equipment used, are described. An analysis of the plant’s operational efficiency is carried out, and issues related to improving the quality of petroleum products and reducing environmental impact are discussed. Special attention is paid to the modernization of technological processes and the implementation of modern refining methods.

Key words: oil, oil refining, refinery, petroleum products, technologies, efficiency, ecology, modernization.

Нефтеперерабатывающая промышленность занимает важное место в экономике многих стран, обеспечивая производство топлива и сырья для химической промышленности. В условиях роста потребления энергоресурсов и ужесточения экологических требований особое значение приобретает повышение эффективности переработки нефти и снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Нефтеперерабатывающий завод «Джунда», расположенный в городе Кара-Балта, является одним из значимых предприятий в регионе. Завод осуществляет переработку нефти с получением различных видов нефтепродуктов, таких как бензин, дизельное топливо и мазут. Актуальность исследования обусловлена необходимостью анализа технологических процессов, оценки эффективности работы предприятия и поиска путей их совершенствования.

Целью данной работы является исследование процессов переработки нефти на НПЗ «Джунда», а также разработка предложений по повышению эффективности производства и экологической безопасности.

Переработка нефти представляет собой сложный многостадийный технологический процесс, направленный на разделение исходного сырья на фракции и дальнейшее преобразование этих фракций в ценные нефтепродукты с заданными физико-химическими свойствами. В основе переработки лежит различие температур кипения компонентов нефти, а также химические методы изменения структуры углеводородов.

Современная схема переработки нефти включает два основных этапа: первичную переработку, представляющую собой физическое разделение нефти, и вторичную переработку, основанную на химических преобразованиях полученных фракций.

Первичная переработка осуществляется на установках атмосферной и вакуумной перегонки. На первом этапе нефть подвергается предварительной подготовке, включающей удаление механических примесей, воды и солей. Это необходимо для предотвращения коррозии оборудования и повышения эффективности последующих процессов. После подготовки нефть поступает в трубчатую печь, где нагревается до температуры порядка 320–360 °C.

Нагретая нефть подается в атмосферную ректификационную колонну, где происходит разделение на фракции. В верхней части колонны выделяются легкие компоненты, такие как углеводородные газы и бензиновая фракция. В средней части колонны отбираются керосиновые и дизельные фракции, а в нижней части остается мазут, представляющий собой тяжелый остаток.

Атмосферная перегонка позволяет получить основные фракции, однако не обеспечивает полной переработки нефти. Для более глубокого извлечения полезных компонентов мазут направляется на вакуумную перегонку. В условиях пониженного давления температура кипения тяжелых углеводородов снижается, что позволяет избежать их термического разложения. В результате вакуумной перегонки получают вакуумный газойль и гудрон, которые служат сырьем для дальнейшей переработки.

Вторичная переработка нефти направлена на изменение структуры углеводородов с целью увеличения выхода легких фракций и улучшения качества продукции. Одним из основных процессов является каталитический крекинг, при котором тяжелые углеводороды

расщепляются на более легкие под воздействием высокой температуры и катализаторов. Этот процесс позволяет значительно увеличить выход бензина и газов.

Другим важным процессом является риформинг, применяемый для повышения октанового числа бензинов. В ходе риформинга происходят реакции ароматизации и изомеризации углеводородов, что приводит к улучшению эксплуатационных характеристик топлива.

Гидроочистка используется для удаления сернистых, азотистых и кислородсодержащих соединений. Процесс осуществляется в присутствии водорода и катализаторов при повышенных температурах и давлениях. Это позволяет снизить содержание вредных примесей и повысить экологическую безопасность топлива.

Изомеризация представляет собой процесс преобразования нормальных углеводородов в их изомерные формы, обладающие более высокими октановыми характеристиками. Этот процесс особенно важен для получения высококачественного бензина.

Дополнительно в современных НПЗ применяются процессы алкилирования и гидрокрекинга, которые позволяют получать высококачественные компоненты топлива и увеличивать глубину переработки нефти.

Особое значение имеет интеграция технологических процессов и использование теплообменных систем, что позволяет эффективно использовать тепловую энергию и снижать энергозатраты. Автоматизация технологических процессов обеспечивает стабильность работы оборудования и повышает безопасность производства.

Технологические процессы переработки нефти представляют собой комплекс взаимосвязанных операций, направленных на максимальное извлечение полезных компонентов и получение продукции высокого качества. Совершенствование этих процессов является ключевым фактором повышения эффективности нефтеперерабатывающих предприятий.

Технологическая схема завода включает комплекс оборудования, обеспечивающего непрерывность производственного процесса. К основным элементам относятся печи нагрева, ректификационные колонны, теплообменники, насосы и системы автоматического управления.

Печи используются для нагрева нефти до требуемой температуры перед подачей в колонны. Ректификационные колонны обеспечивают разделение смеси на фракции. Теплообменники позволяют эффективно использовать тепловую энергию, снижая энергозатраты.

Система автоматизации играет важную роль в управлении технологическими процессами. Она обеспечивает контроль параметров, таких как температура, давление и расход, что позволяет повысить надежность и безопасность работы оборудования.

Эффективность работы нефтеперерабатывающего завода определяется рядом показателей, включая глубину переработки нефти, выход светлых нефтепродуктов, энергозатраты и экологические показатели.

На НПЗ «Джунда» наблюдается тенденция к увеличению глубины переработки за счет внедрения современных технологий. Однако сохраняются проблемы, связанные с износом оборудования и необходимостью модернизации отдельных участков производства.

Снижение энергозатрат является важным направлением повышения эффективности. Для этого используются теплообменные системы и оптимизация режимов работы оборудования. Важным аспектом является также повышение качества продукции, что достигается за счет совершенствования процессов вторичной переработки.

Переработка нефти сопровождается выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, а также образованием отходов. В связи с этим особое внимание уделяется вопросам экологической безопасности.

На заводе применяются системы очистки газов и сточных вод, позволяющие снизить негативное воздействие на окружающую среду. Также ведется работа по сокращению выбросов парниковых газов и повышению энергоэффективности производства.

Перспективным направлением является внедрение «зеленых» технологий, направленных на минимизацию отходов и рациональное использование ресурсов.

Для повышения эффективности работы НПЗ «Джунда» необходимо проведение модернизации технологических процессов и оборудования. Это включает внедрение новых установок вторичной переработки, автоматизацию управления и применение цифровых технологий.

Использование систем мониторинга и анализа данных позволяет оперативно выявлять отклонения в работе оборудования и предотвращать аварийные ситуации. Внедрение инновационных технологий способствует повышению конкурентоспособности предприятия.

В результате проведенного исследования рассмотрены основные аспекты переработки нефти на НПЗ «Джунда» в городе Кара-Балта. Проанализированы технологические процессы, оборудование и показатели эффективности работы предприятия. Выявлены основные направления совершенствования, включающие модернизацию оборудования, повышение энергоэффективности и внедрение экологически безопасных технологий.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения предложенных решений для повышения эффективности переработки нефти и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Список литературы

1. Ахметов С.А. Лекции по технологии глубокой переработки нефти в моторные топлива:Учебное пособие. - СПб: Недра, 2007. – 312с.

2. Баннов П.Г. Основы анализа и стандартные методы контроля качества нефтепродуктов. – М.:ЦНИИТЭнефтехим, 2005. – 792 с.

3. Вержичинская С.В., Дигурцов Н.Г., Синицин С.А., Химия и технология нефти игаза. Учеб. Пособие. – Форум: ИНФРА-М, 2007. – 400с.

4. Потехин В.И., Потехин В.В. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки: Учебник для вузов. – СПб.:Химиздат, 2005.-912с.

5. Магарил Р.З. Теоретические основы химических процесссов переработки нефти:учеб.пособ. – М.: КДУ, 2008. – 280с.

УДК 004.9:37

Д. К. Айманбаева, Ж. М. Мусаева
И.Раззакова ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

D.K. Aimanbaeva, J.M.Musaeva
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
daimanbaeva@kstu.kg, zhanarmm@kstu.kg

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ВЕБ-ПЛАТФОРМ

ЗАМАНБАП БИЛИМ БЕРҮҮ ВЕБ-ПЛАТФОРМАЛАРЫНЫН ӨНҮГҮҮ ТЕНДЕНЦИЯЛАРЫ

MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL WEB PLATFORMS

Бул макалада заманбап технологиялар доорунда билим берүү веб-платформаларынын тез өнүгүшүндөгү заманбап мамилелер жана тенденциялар каралат. Онлайн билим берүүнү өнүктүрүүнүн негизги багыттары, анын ичинде жекелештирүү, жасалма интеллектти, мобилдик түзмөктөрдү жана башка форматтарды туура пайдалануу талкууланат. Өнүгүүнүн жана өзгөрүүлөрдүн маанилүүлүгүн баса белгилеген билим берүү чөйрөсү жөнүндө тыянак чыгарылат, бирок санариптик технологиялардын ролу барган сайын чечүүчү болуп баратат.

Ачкыч сөздөр: *билим берүү платформалары, онлайн окутуу, санариптик технологиялар, индивидуалдаштыруу, веб платформалар, жасалма интеллект, эффективдүү методдор, геймификация.*

В статье рассмотрены современные подходы и тенденции стремительного развития образовательных веб-платформ во время современных технологий. Рассматриваются ключевые направления развития онлайн образования такие, как: индивидуализация, правильное использование искусственного интеллекта, мобильных устройств и других форматов. Делается вывод про образовательную среду, где отмечается значимость развития, изменения, но роль цифровых технологий с каждым днем становится определяющей.

Ключевые слова: *образовательные платформы, обучение онлайн, цифровые технологии, индивидуализация, веб-платформы, искусственный интеллект, эффективные методы, геймификация.*

This article examines modern approaches and trends in the rapid development of educational web platforms in the age of modern technologies. Key areas of online education development are discussed, including individualization, the appropriate use of artificial intelligence, mobile devices, and other formats. A conclusion is drawn regarding the educational environment, noting the importance of development and change, but the role of digital technologies is becoming increasingly decisive.

Key words: *educational platforms, online learning, digital technologies, individualization, web platforms, artificial intelligence, effective methods, gamification.*

Введение. В настоящее время огромную роль играет образовательная система, которая с каждым разом меняется благодаря современным технологиям и тенденциям. С помощью развития технологий обучение и образование стало доступным, независимо от твоего местонахождения, времени. Это открывает классные возможности для получения образования в любой сфере.

Современная подача образовательных веб платформ стала очень важным фактором и инструментом для получения знаний, развития кругозора и компетенции. На сегодняшний день получить знания через веба платформы стало доступным, удобным и самое главное, используется в образовательных учреждениях.

Веб-платформы набирают широкий охват и огромный спектр в использовании для передачи знаний, расширения кругозора и формирования личности. Кроме того, современные веб-платформы помогают личности обучающихся так, как предоставляется возможность самостоятельно изучать материал и выбирать темп и тип обучения.

В своей работе я бы хотела показать, насколько современные образовательные веб-платформы играют роль в изменении подхода к обучению. Насколько важно внедрять новые технологии для эффективного развития обучения онлайн, какие методы нужно использовать для оптимизации учебного процесса.

Цель исследования. Показать, насколько важно в наше время изучение современных технологий. Какое влияние оказывает современные подходы и тенденции в образовательных веб-платформах на качество и процесс обучения.

Материал и методы исследования. На рисунке 1 изображена большая сеть и индустрия Ed Tech, которая включает разные методы обучения. С помощью такой образовательной системы обучение стало доступным, удобным, быстрым и эффективным.

Рисунок 1- Разнообразие образовательных систем в цифровизации

Ed Tech-это объект, который позволяет и помогают эффективно получить знания. К ним можно отнести:

1. Онлайн школы, курсы, семинары, мастер классы;
2. Электронные учебники и другие электронные источники;
3. Обучение через игровую деятельность- квизы, кахут, презентации и т.п;
4. Диджитал продукты: дневники, доски;

Такое обучение подразделяется на три основные категории, включающее обучение для детей, взрослых и предоставляют широкий спектр услуг для университета и бизнеса.

Обучение для взрослых-это самый популярный и востребованная категория. В 2023-2024 доля образования на рынке составила от 35% до 55%. Такое обучение включает различные методы и тип обучения, включая точные и гуманитарые науки.

Детское обучение-один из самых быстрых категорий, чей рост был стремительно растущим в 2023 году. Цель такой категории заключается в сегменте дошкольников и самих школьников. Система работы предполагает эффективную и быструю подготовку к различным методам оценивания знаний. Есть сервис по подбору нужного репетитора и различные курсы [1].

Индивидуализация обучения. Самая популярная образовательная веб-платформа, фокус которой направлен на привыкание процесса обучения под каждого обучающегося.По сравнению с общей принятой формой обучения,где обучение строится на определенной программе, современные веб-платформы помогают выявить уровень знаний обучающегося, интересы и динамику усвоения материала и цели.

Такое обучение можно связать с развитием технологий ИИ. Актуальные веб-платформы используют методы машинного обучения для прогнозирования поведения пользователей и их требований в образовании. Самым главным плюсом в персональном обучении-это увеличение качества образования. Обучение на таких платформах позволяет обучающему возвращаться к пройденным темам, материалу и учиться в удобное для себя время и месте.Это очень удобно и преимущественно для тех, кто предпочитает обучаться онлайн. На рисунке 2 изображены основные факторы индивидуализированного обучения.

Рисунок 2- Факторы индивидуализированного обучения

Наряду с персонализированным обучением стоит отметить самую главную вещь и человеческие качества такие, как самодисциплина, ответственность. Так же стоит отметить наличие качественного смартфона,любого гаджета и хороший,быстрый интернет.

Индивидуализация или персонализированное обучение требует очень много усилий и является на сегодняшний день одной из главных факторов в современной образовательной системе [2].

Использование искусственого интеллекта в образовательных веб платформах. Ранее в образовательных сайтах хранились электронные материалы, учебники, изданий, но вскоре, спустя время, благодаря искусственному интеллекту веб платформы интегрировались в удобную и действующую и функционированную систему. Искуственный интеллек помогает анализировать обучающего, видя его сильные и слабые стороны.

Благодаря искусственному интеллекту меняется темп развития. К примеру, если студент хочет начать обучаться на определенном курсе, то система в первую очередь предлагает провести тестовый режим,с помощью которой можно узнать уровень знаний. Если

студент проходит все тестовые режимы быстро и без колебаний, то искусственный интеллект предложит задачи посложнее. К примеру рассмотрим приложение Duolingo.

Программа внедрила искусственный интеллект. К примеру, если обучающий забывает пройденный материал, то ИИ подает те или иные материалы или слова заново. Программа замечает слабые стороны ученика, следовательно такой метод и способ повышает рост обучения, уменьшает риски забывчивости информации, формируя замкнутый процесс освоения знаний.

Образовательные веб-платформы с искусственным интеллектом обеспечивают быструю работу по анализированию студента. Методика обучения, его склонности по формату обучения (графика, видео, текстовой) и даже время, когда информация будет усваиваться лучше. Подводя итоги по всем параметрам и запросам,сама программа формирует рекомендации, время обучения и организация дополнительных возможностей, что сделают сам процесс очень индивидуальным и комфортным.

Так же ИИ внедрил способ обучения эффективным благодаря геймификации и мотивации, используя бонусы, достижения и уровни при качестенном прохождении заданий. Это все играет большую роль в успешном обучении, повышая азарт и интерес у обучающего [3].

На рисунке 3 мы наглядно увидим, как программа находит быстрый способ к вовлечению, делая мини опросы.

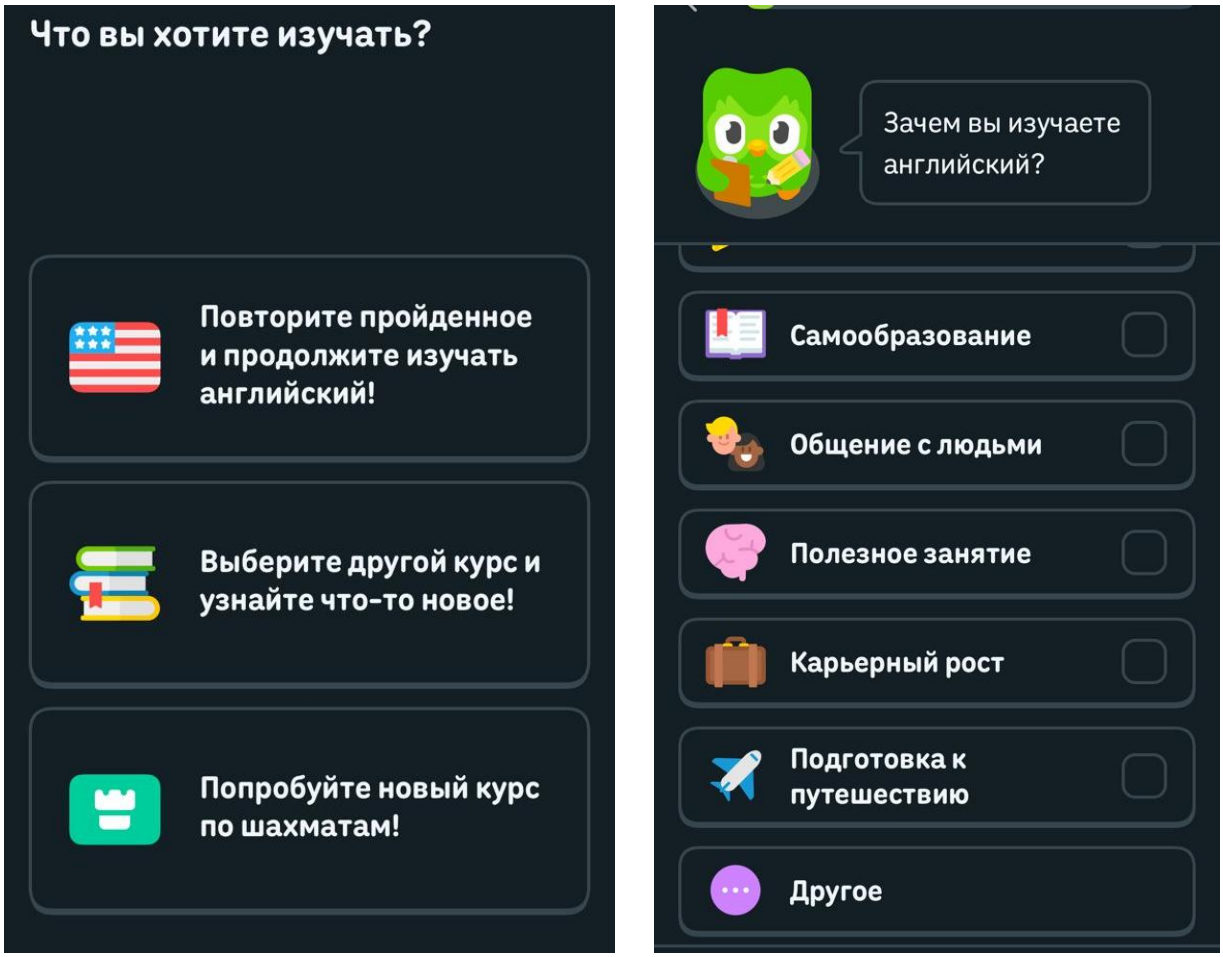


Рисунок 3-Скриншот Duolingo и его работы с новым пользователем

На рисунке 4 мы видим интерфейс программы Duolingo. Такой простой и понятный интерфейс служит главной точкой, которая заинтересует нового пользователя для дальнейшего обучения и получения знаний. Так же на скриншоте, мы видим как геймификация отлично служит примером для вовлечения.

Приложение предлагает и интересуется, каким темпом и интенсивностью хочет обучаться пользователь.Такой подход предусматривает индивидуализированное обучение,где каждый будет самостоятельно выбирать свою степень сложности.В правом скриншоте, мы видим варианты ежедневных целей:

1. 5 минут в день- легкая;
2. 10 минут в день- обычная;
3. 15 минут в день- серьезная;
4. 20 минут в день- интенсивная.

Такой подход делит обучение на несколько блоков, что позволяет самостоятельно выбрать ежедневную нагрузку, помогает легко усвоить материал, что позволяет контролировать и избегать перегруженности.

В верхней части, мы видим полосу прогресса, которая заполняеися по мере прохождения опроса. Такой подход служит ощущением завершенности у пользователя.

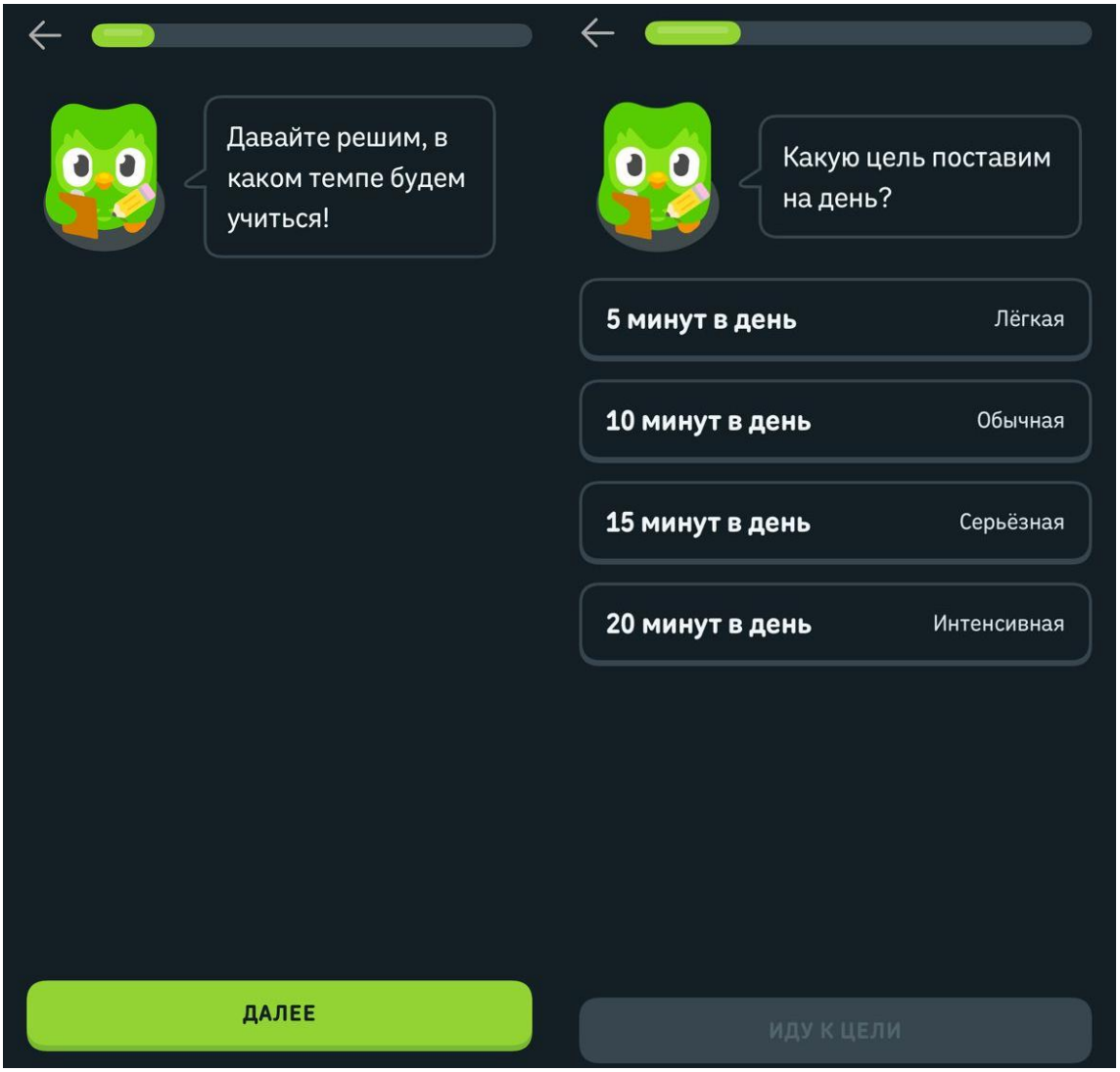


Рисунок 4-Интерфейс приложения Duolingo

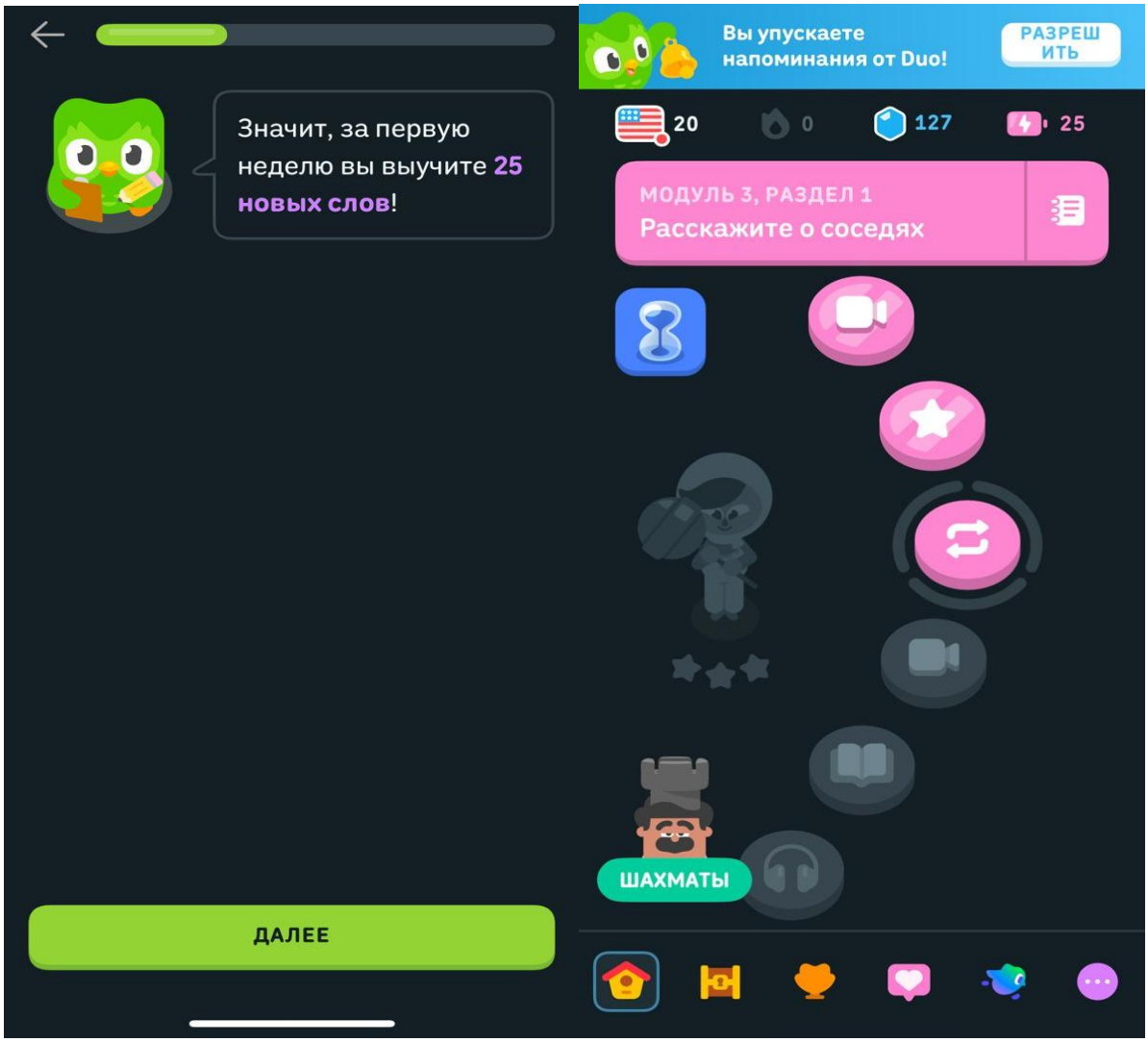


Рисунок 5-Иннтерфейс приложения Duolingo

На рисунке 5 показано три столпа с помощью которых существует современное веб образование: персонализация, модульное обучение, прогнозирование данных.

Мы можем видеть, что на скриншоте уроки разделены на мини сессии/модули. Каждый такой урок предполагает мало времени на прохождение темы. Благодаря такому делению студент может легко и везде учить, и проходить материал. С помощью «игровой» карты, у учащего появляется желание в виде прохождения сессий так, как карта с уровнями формирует ощущение достижения и роста, то есть ученик может наглядно видеть свой прогресс [4].

ИИ аналитика делает прогноз «За первую неделю вы выучите 25 новых слов!». ИИ видит и заранее рассчитывает вероятность прогресса за определенное время при выбранном темпе обучения. Такая визуализация служит огромным тылом в мотивации у студента, повышает его интерес, дисциплину, ведь ИИ аналитика показывает примерный прогноз успеха.

Duolingo- одна из самых популярных и часто используемых веб-платформ. Ее преимущество заключается в том, что обучение через онлайн доступное и бесплатное. В ней включено изучение различных курсов от точных наук до изучения игр. В ходе анализа программы, было выявлено, что 24 часа в программе дают столько же плюсов, сколько дает один семестр в высшем учебном заведении, который занимает примерно 120 часов [4].

Программа предлагает разносторонний подход, включая диктанты, письменные задания и конечно же разговорные уроки. После прохождения урока, пользователи получают очки и в то же время, у пользователей есть некие ограничения в виде жизней (всего 3). Уроки

и материал считается пройденным, если пользователь проходит все этапы. Раздел тренировки на время, когда пользователю дается ограниченное время и несколько вопросов. Примерно от 1500-2000 слов можно выучить в день, если уделять хотя бы 15–20 минут своего времени в день.

Выводы. На сегодняшний день веб-платформы значительно набирают популярность среди активных пользователей социальных сетей. Исследование показало, что основным толчком в развитии веб-платформ служит индивидуализация обучения, применение искусственного интеллекта, модульное обучение, геймификация и так же совмещение мобильных технологий.

Самое значимое для обучения пользователя-это индивидуальный подход к каждому пользователю, включая интересы, увлечения, цели, мотивы и темп. Использование искусственного интеллекта помогает не только анализировать персональные качества обучающего, но и формировать траекторию изучения и создавать эффективную образовательную стратегию. Благодаря этому, можно отслеживать процесс и рост, узнавать слабые стороны и вовремя настраивать процесс обучения.

Эффективность и стремительный рост в обучении зависит не только от качества приложения и их материалов, но зачастую зависит от самого пользователя и его желаний в получении знаний. Несмотря на все автоматизированные процессы, ученик остается учеником, а программа берет роль преподавателя и учителя.

Современные веб-платформы предлагают доступность, комфортность и высокую эффективность. Развитие тесно связано с внедрением различных интеграций, зачастую с искусственным интеллектом, расширением возможностей, что в будущем приведет к повышению качества образования и стремительного развития образовательной среды.

Список литературы

1. Ed Tech методы обучения [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://synergy.ru/akademiya/upravlenie/edtech_kakie_est_metodyi_obucheniya_i_chto_aktualno_segodnya?v=7.
2. Индивидуализация обучения как психологопедагогическая проблема [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/individualizatsiya-obucheniya-kak-psihologopedagogicheskaya-problema.
3. Веб платформа как современный тренд развития образовательного процесса [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/veb-platforma-kak-sovremennyy-trend-razvitiya-obrazovatelnogo-protsessa/viewer.
4. Duolingo- о компании [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.duolingo.com/approach.

УДК 004.8

Г.Т. Арыстанбекова, К.Д. Дуйшоков
И. Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

G.T. Arystanbekova, K.D. Duishokov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
guka04248@gmail.com, kairatbekd@kstu.kg

ГЛУБОКОЕ ОБУЧЕНИЕ И ПОГРУЖЕНИЕ В МИР НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

НЕЙРОНДУК ТАРМАКТАР ДҮЙНӨСҮН ТЕРЕҢ ҮЙРӨНҮҮ ЖАНА СҮҢГҮП КИРҮҮ

DEEP LEARNING AND DIVERSION INTO THE WORLD OF NEURAL NETWORKS

Бул иш конволюциялык нейрон тармактарынын үйрөнүү жана жалпылоо жөндөмүнө тийгизген таасирин изилдеген. Эксперимент үчүн классификациялоо үчүн сүрөттөрдү камтыган датасет-10 тандалган. Ар кандай сандагы катмарлар менен үч модель курулган, башкача айтканда 3, 5, 10. Окутуу жана текшерүү маалыматтары боюнча алардын окутуу жана тактык баалоо жүргүзүлөт. Эксперименттин жүрүшүндө тактык жана жоготуу көрсөткүчтөрүнө талдоо жүргүзүлдү, ошондой эле моделдин иштешине жана анын кайра даярдоого болгон тенденциясына катмарлардын санын көбөйтүү.

***Ачкыч сөздөр**: конволюциялык нейрон тармактары (гросстук), катмарлардын саны, ашыкча окутуу, тактык, терең үйрөнүү, жоготуу, валидация.*

В данной работе изучалось влияние сверточных нейронных сетей на их способность к обучению и обобщению. Для эксперимента был выбран датасет CIFAR-10, содержащий изображения для классификации. Были построены три модели с разным количеством слоев, то есть 3, 5, 10. Проведено их обучение и оценка точности на тренировочных и валидационных данных. В ходе эксперимента был проведен анализ показателей точности и потерь, а также увеличение числа слоев на производительность модели и ее склонность к переобучению.

***Ключевые слова**: сверточные нейронные сети (CNN), количество слоев, переобучение, точность, глубокое обучение , потери, валидация.*

In this paper, we studied the effect of convolutional neural networks on their ability to learn and generalize. A CIFAR-10 dataset containing images for classification was selected for the experiment. Three models with different numbers of layers were built, i.e. 3, 5, 10. They were trained and evaluated for accuracy based on training and validation data. During the experiment, the accuracy and loss indicators were analyzed, as well as an increase in the number of layers on the model's performance and its tendency to overfitting.

***Keywords**: convolutional neural networks (CNN), number of layers, retraining, accuracy, deep learning, loss, validation.*

Введение. Глубокое обучение – направление машинного обучения, которое использует многослойные нейросети, распознающие скрытые зависимости в данных и улучшать свою точность за счет анализа собственных ошибок. Эта технология находит применение в системах компьютерного зрения, голосовых ассистентах, автономном транспорте и других сферах, требующих сложной обработки данных.

История и развитие глубокого обучения. Идея нейронных сетей зародилась в 1943 году, когда Уоррен Маккалок и Уолтер Питтс представили первую математическую модель искусственного нейрона. Их работа заложила фундамент для дальнейшего развития машинного обучения. Однако ограниченные вычислительные возможности на протяжении нескольких десятилетий сдерживали прогресс в этой области.

Ситуация изменилась в 1970-х годах благодаря усовершенствованию алгоритмов и увеличению мощности вычислительных систем. Важным этапом стало изобретение метода обратного распространения ошибки в 1986 году Д. Румельхартом, Г. Хинтоном и Р. Уильямсом, что позволило значительно повысить эффективность обучения многослойных нейронных сетей.

Настоящий прорыв в развитии глубокого обучения произошел в начале 2000-х годов, когда стали широко использоваться графические процессоры (GPU), ускорившие обработку больших объемов данных. Ключевой момент был 2012 году, когда сверточные нейронные сети

(CNN) продемонстрировали выдающуюся точность в распознавании изображений в рамках конкурса ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge (ILSVRC). С тех пор глубокое обучение стало активно применяться в самых разных сферах, включая обработку естественного языка, автономные системы, медицинскую диагностику и многие другие

Отличие глубокого обучения от машинного обучения. Машинное обучение (Machine Learning) и глубокое обучение (Deep Learning) являются важными направлениями искусственного интеллекта, но имеют значительные различия.

Машинное обучение включает в себя алгоритмы, которые анализируют данные и строят предсказательные модели. Эти алгоритмы требуют ручного выбора признаков для эффективного обучения. Например, для распознавания изображений сначала выделяются ключевые характеристики, такие как цвет, форма или текстура, а затем модель обучается на основе этих данных [1].

Глубокое обучение представляет собой усовершенствованное направление машинного обучения, основанное на многослойных нейронных сетях. В отличие от традиционных методов, нейросети самостоятельно извлекают важные признаки из данных, минимизируя необходимость вмешательства человека. Благодаря этому глубокое обучение особенно эффективно в сложных задачах, таких как обработка естественного языка, компьютерное зрение и автономные системы [3].

Основное отличие заключается в том, что глубокое обучение автоматизирует процесс выделения признаков и способно обрабатывать большие объемы данных с высокой точностью, тогда как традиционные методы машинного обучения требуют более детальной настройки и часто менее эффективны в обработке сложных данных.

Основные принципы работы глубокого обучения . Глубокие нейронные сети – это своего рода сложные многослойные структуры, которые имитируют принципы работы человеческого мозга. Они состоят из нескольких ключевых слоев, таких как:

Входной слой принимает исходные данные, будь то текст, числовые данные или изображения. Данный этап играет важную роль, так как корректная подача информации определяет точность последующей обработки.

Скрытые слои выполняют многократную математическую обработку, трансформирую входные данные через систему весов и коэффициентов. На этом этапе применяется функция активации, которая определяет, какие сигналы будут подаваться дальше. Чем больше скрытых слоев в модели, тем сложнее анализируемые зависимости.

Выходной слой отвечает за формирование результата. Результат зависит от типа задачи, например, генерация нового контента или предсказание числового значения.

Благодаря глубокой архитектуре нейронные сети способны выявлять сложные закономерности, обучаться на больших объемах данных и адаптироваться к новым условиям.

Методы обучения нейронных сетей. Для успешного и более результативного обучения нейронных сетей используются разные подходы. Основные методы обучения включают:

Контролируемое обучение (Supervised Learning) – в этом методе модель обучается на заранее размеченных данных, где каждому входному примеру соответствует правильный ответ. В процессе обучения нейросеть корректирует свои параметры, минимизируя ошибки. Контролируемое обучение широко применяется в распознавании изображений, медицинской диагностике, машинном переводе [2].

Неконтролируемое обучение (Unsupervised Learning) – в отличие от контролируемого обучения, здесь алгоритм самостоятельно ищет закономерности, группирует объекты по схожести данных и выявляет скрытые зависимости. Данный метод широко используется для выявления аномалий в системах безопасности, классификации пользователей в маркетинге и других задачах, требующих анализа больших объемов данных.

Обучение с подкреплением (Reinforcement Learning) – этот метод основан на самообучении системы, оптимизируя стратегию, где он получает вознаграждение за правильные действия и штраф за ошибки. Обучение с подкреплением широко применятся в

робототехнике, алгоритмах игровых систем, таких как AlphaGo, также применятся в алгоритмах торговли [2].

Частично контролируемое обучение (Semi-Supervised Learning) – контролирует компоненты контролируемого и неконтролируемого подходов. В этом методе используется немного размеченной и большой объем неразмеченной информации, что делает обучение более эффективной. Такой метод широко используется в биоинформатике, медицине и других областях [2].

Применение глубокого обучения. Глубокие нейросети используются в разных сферах, помогая упростить процессы и повышать точность анализа данных.

Компьютерное зрение – технологии на основе нейросети позволяют распознавать лица, анализировать медицинские снимки, отслеживать объекты на видео и управлять автономными автомобилями.

Машинный перевод – нейросети, как в Google Translate, который учитывает контекст и грамматические особенности языка, что улучшает качество перевода.

Распознавание и синтез речи – голосовые ассистенты, такие как Siri, Алиса используют нейросети для понимания запросов и естественного воспроизведения речи. Это также применяется в системах автоматического субтитрования и голосовых чат-ботах [5].

Рекомендательные алгоритмы – на основе пользовательских предпочтений и поведения нейросети предлагают персонализированный контент в социальных сетях, онлайн-магазинах, музыкальных и видеосервисах [5].

Медицина – глубокое обучение помогает диагностировать заболевания, прогнозировать развитие болезней и разрабатывать персонализированные схемы лечения.

Финансовая сфера – банки и страховые компании используют нейросети для выявления мошенничества, оценок кредитоспособности и упрощения управлениями рисков [5].

Проблемы и перспективы глубокого обучения. Проблемы. Зависимость от большого объема данных – для результативного обучения нейросети требуется большое количество размещенных данных. В некоторых сферах, таких как медицина или юриспруденция, сбор данных могут быть сложными, дорогостоящими из-за ограничений конфиденциальности.

Высокая вычислительная сложность – современные модели глубокого обучения требуют значительных вычислительных мощностей, что делает их обучения очень долгими и затратными.

Сложность интерпретации – у многих моделей неясный алгоритм, что затрудняет объяснение принятых решений. Это особенно важно в критических областях, таких как медицина или юриспруденция, где важно понимать логику работы алгоритмов.

Риск переобучения – если модель нейросети очень хорошо запоминает обучающие данные, она начинает плохо справляться с новыми поставленными задачам, теряя способность обобщения информации.

Перспективы. Оптимизация алгоритмов – разработка новых моделей нейросети, которые будут требовать меньше объема данных и вычислительных ресурсов.

Развитие квантовых вычислений – использование квантовых технологий может значительно ускорить обучение и обработку информации.

Создание более интерпретируемых моделей – разработка методов, которые позволят понять метод принятия решений нейросети, что позволит повысить доверие к технологии.

Применение трансферного обучения – внедрение заранее обученных моделей для новых задач позволит снизить потребность в больших объемах данных и упростит внедрение нейросети в различных сферах.

Практическая часть.

1. Нами проведены исследования влияния количества слоев в свёрточной нейронной сети (CNN) на точность классификации изображений, так как данное исследование не потребует сложных вычислений, но даст наглядный и понятный результат [4].

Нами использованы Google Colab, где включили среду выполнения GPU, затем запускаем следующий код для проверки работоспособности GPU:

```
import tensorflow as tf
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
from tensorflow.keras import layers, models
# Проверяем, доступен ли GPU
print("Доступные устройства:",tf.config.list_physical_devices('GPU'))
```

2. *Далее загружаем и подготовим данные с помощью кода:*

```
# Загружаем датасет CIFAR-10 (10 классов изображений)
(x_train, y_train), (x_test, y_test) = tf.keras.datasets.cifar10.load_data()
# Нормализуем данные (переводим значения пикселей
# в диапазон от 0 до 1)
x_train, x_test = x_train / 255.0, x_test / 255.0
# Преобразуем метки в категории (one-hot encoding не нужен,
# так как используется sparse_categorical_crossentropy)
y_train, y_test = y_train.flatten(), y_test.flatten()
# Выводим размеры данных
print(f"Размер тренировочного набора: {x_train.shape}, "
print(f" тестового: {x_test.shape}")
```

3. *Теперь создаем три модели нейросети: мелкую в 3 слоя; среднюю в 5 слоев; глубокую в 10 слоев.*

```
def create_model(num_layers):
    model = models.Sequential()

    model.add(layers.Conv2D(32, (3, 3), activation='relu',
    input_shape=(32, 32, 3)))
    model.add(layers.MaxPooling2D((2, 2)))

    for _ in range(num_layers - 2):  # Добавляем дополнительные слои
        model.add(layers.Conv2D(64, (3, 3), activation='relu'))
        model.add(layers.MaxPooling2D((2, 2)))

    model.add(layers.Flatten())
    model.add(layers.Dense(64, activation='relu'))
    model.add(layers.Dense(10, activation='softmax'))  # 10 классов

    model.compile(optimizer='adam',
                  loss='sparse_categorical_crossentropy',
                  metrics=['accuracy'])

    return model
```

4. Теперь запускаем обучение трех моделей с разным количеством слоев:

```
def create_model(num_layers):
    model = models.Sequential()
    model.add(layers.Conv2D(32, (3, 3), activation='relu',
        padding='same', input_shape=(32, 32, 3)))
    model.add(layers.MaxPooling2D((2, 2)))
    for _ in range(num_layers - 2):  # Добавляем дополнительные слои
```

```
        model.add(layers.Conv2D(64, (3, 3), activation='relu',
                padding='same'))
        # Добавлем 'same' для сохранения размера
        if _ % 2 == 0:  # Каждые 2 слоя добавляем MaxPooling,
        # чтобы не уменьшить размер слишком быстро
            model.add(layers.MaxPooling2D((2, 2)))
    model.add(layers.Flatten())
    model.add(layers.Dense(64, activation='relu'))
    model.add(layers.Dense(10, activation='softmax'))  # 10 классов
    model.compile(optimizer='adam',
                  loss='sparse_categorical_crossentropy',
                  metrics=['accuracy'])
    return model
```

5. После обучения моделей построем график в зависимости точности от числа слоев и проводим анализ результатов.

```
models_dict = {
    "3 слоя": create_model(3),
    "5 слоев": create_model(5),
    "10 слоев": create_model(10)
}
history_dict = {}
for name, model in models_dict.items():
    print(f"\nОбучаем модель: {name}")
    history = model.fit(x_train, y_train, epochs=10,
                        validation_data=(x_test, y_test),
    batch_size=64, verbose=1)
    history_dict[name] = history
```

Результаты исследования. *Модель с 3 слоями.* Тренировочная точность постепенно увеличилась с 35% до 78% за 10 эпох. Тестовая точность тоже повысилась, однако на 8 или 9 эпохах начала колебаться и не достигая значительного роста. В целом можно сказать, что модель стабильна, но точность растет не так сильно. Нет явных признаков переобучения, так как разница между тренировочной и тестовой точностью разница не слишком большая.

Модель с 5 слоями . Тренировочная точность стала лучше, чем в модели с 3 слоями, то есть с 33%-82% за 10 эпох. Тестовая точность тоже возросла с 48% до 74%. Данная модель показала лучше результат чем модель с 3 слоями. Тут нет признаков переобучения, так как точность стабильно растет.

Модель с 10 слоями . Тренировочная точность увеличилась с 24% до 82% к 10 эпохе, однако тестовая точность увеличивается гораздо медленнее, чем модели с 3 и 5 слоями, но точность достигает до 73%. Переобучение в данной модели присутствует, хотя точность продолжает расти. В целом тренировка с более глубокими моделями часто подстраивается под тренировочные данные и теряет способность хорошо работать с новыми данными.

Можно сказать, что самая оптимальная модель стала модель с 5 слоями, так как она показала лучший баланс между точностью и обобщающей способностью. Также могу выделить, что увеличение модели до 5 слоев улучшает точность, но после 5 слоев прогресс замедляется. После 5-10 слоев точность не улучшается, так как более глубокие модели начинают переобучаться, а добавление слоев не дает значительного роста точности. Важно использовать правильную архитектуру и методы регулировку.

Заключение. Проанализировав результаты исследования, можно сделать вывод, что увеличение количества слоев в свёрточной нейронной сети (CNN) влияет на точность классификации изображений. Эксперимент показал, что модель с 5 слоями демонстрирует

оптимальный баланс между точностью и обобщающей способностью. Увеличение сложности модели до 5 слоев способствует повышению точности, однако дальнейшее добавление слоев (до 10) приводит к замедлению прогресса. Более глубокие модели склонны к переобучению, что снижает их способность эффективно работать с новыми данными, в то время как добавление дополнительных слоев не приводит к существенному увеличению точности. Таким образом, при проектировании CNN важно учитывать не только глубину сети, но и выбирать подходящую архитектуру и методы регулирования для достижения наилучших результатов.

Список литературы

1. Николенко С. Глубокое обучение: погружение в мир нейронных сетей / С. Николенко А. Кадурин, Е. Архангельская. – СПб.: Питер, 2021. – 476с. – ISBN: 9785446115372.
2. Гудфеллоу Я. Глубокое обучение / Бенджио И., Курвиль А., Я.Гудфеллоу. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 2300с. – ISBN: 978-5-97060-618-6.
3. Барщевский У.Г. Технология глубокого обучения / У.Г. Борщевский. – СПб.: Питер, 2023. – 350с. – DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2023.2.90.369
4. Шолле Ф. Глубокое обучение на Python / Ф. Шолле. – СПб.: Питер, 2018. – 1700с. – ISBN: 978-5-4461-1909-7.
5. Крылов В. Нейросети для бизнеса и SMM / В. Крылов, А. Пыхтеев. – М.: Питер, 2024. – ISBN: 9785446115372.

УДК 004.9

Г.Т. Арыстанбекова, К.Д. Дуйшоков
И. Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

G.T. Arystanbekova, K.D. Duishokov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
guka04248@gmail.com kairatbekd@kstu.kg

ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЁТА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ФИНАНСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

МАШИНА ҮЙРӨНҮҮ ЫКМАЛАРЫН КОЛДОНУУ МЕНЕН ВЕБ-БАГЫТТАЛГАН ЖЕКЕ КАРЖЫНЫ ЭСЕПКЕ АЛУУ ЖАНА БОЛЖОЛДОО СИСТЕМАСЫ

WEB-BASED PERSONAL FINANCE ACCOUNTING AND FORECASTING SYSTEM USING MACHINE LEARNING METHODS

Макалада колдонуучунун кирешелерин, чыгашаларын жана топтоолорун эсепке алууга, ошондой эле келечектеги финансылык көрсөткүчтөрдү божомолдоого арналган веб-багытталган персоналдык финансы системасын иштеп чыгуу каралат. Системанын архитектурасы, маалыматтар базасынын түзүлүшү жана убакыт катарларын талдоого негизделген чыгашаларды божомолдоо алгоритми сүрөттөлөт. Ишке ашырылган ыкма персоналдык финансы пландаштырууда колдонууга ылайыктуулугун көрсөтөт.

Ачкыч сөздөр: *веб-тиркеме, персоналдык финансы, чыгашаларды божомолдоо, убакыт катарлары, машиналык окутуу, маалыматтык система.*

В статье представлена разработка веб-ориентированной системы персональных финансов, предназначенной для учёта доходов, расходов и накоплений пользователя, а также для прогнозирования будущих финансовых показателей. Рассматриваются архитектура программного решения, структура базы данных и алгоритм прогнозирования расходов на основе анализа временных рядов. В системе реализован модуль формирования прогнозных значений с учётом неопределённости пользовательского финансового поведения, что позволяет получать ожидаемые, минимальные и максимальные значения расходов на заданный период. Полученные результаты подтверждают практическую целесообразность применения методов машинного обучения в задачах персонального финансового планирования.

Ключевые слова: *веб-приложение, персональные финансы, прогнозирование расходов, анализ временных рядов, машинное обучение, информационная система.*

The article presents the development of a web-based personal finance system designed for accounting income, expenses and savings, as well as forecasting future financial indicators. The system architecture, database structure and a time series–based expense forecasting algorithm are described. The implemented approach allows forming expected, minimum and maximum expense values, which increases the practical usefulness of the system for personal financial planning.

Key words: *web application, personal finance, expense forecasting, time series analysis, machine learning, information system.*

Введение. В последние годы наблюдается устойчивый рост интереса к цифровым инструментам управления персональными финансами. Современные пользователи всё чаще используют веб-приложения для контроля доходов и расходов, однако большинство существующих решений ограничивается функциями хранения и визуализации данных. Отсутствие аналитических и прогнозных возможностей снижает эффективность таких систем при долгосрочном финансовом планировании.

Применение методов машинного обучения и анализа временных рядов позволяет повысить интеллектуальный уровень веб-систем персональных финансов. Прогнозирование будущих расходов на основе исторических данных даёт пользователю возможность заранее оценивать финансовую нагрузку, корректировать стратегию накоплений и принимать более обоснованные решения. В связи с этим разработка веб-ориентированной системы, сочетающей учёт и прогнозирование финансовых показателей, является актуальной научно-практической задачей.

Дополнительной особенностью задач персонального финансового планирования является высокая степень индивидуальности данных. Финансовое поведение пользователей может существенно отличаться по структуре доходов, регулярности расходов и приоритетам потребления. В связи с этим применение универсальных моделей без учёта персональных особенностей часто приводит к снижению точности аналитических и прогнозных оценок.

Использование персонализированных моделей машинного обучения позволяет учитывать индивидуальные финансовые привычки пользователя и адаптировать алгоритмы прогнозирования под конкретный набор данных. Такой подход повышает точность прогнозов и делает результаты более интерпретируемыми с практической точки зрения, что особенно важно при долгосрочном финансовом планировании.

Цель исследования. Целью данного исследования является разработка и исследование веб-ориентированной системы учёта и прогнозирования персональных финансов с использованием методов машинного обучения и анализа временных рядов.

Анализ существующих решений в области персональных финансов. В настоящее время на рынке представлено значительное количество цифровых инструментов для учёта персональных финансов, включая мобильные приложения, веб-сервисы и встроенные банковские системы. Большинство подобных решений ориентировано на фиксацию и визуализацию финансовых операций пользователя, предоставляя диаграммы расходов, категории трат и базовую статистику за выбранный период. Такие системы упрощают

контроль текущего финансового состояния, однако, как правило, не поддерживают интеллектуальный анализ данных.

Существенным ограничением большинства существующих решений является отсутствие механизмов прогнозирования будущих финансовых показателей. Пользователь вынужден самостоятельно интерпретировать исторические данные и принимать решения без учёта возможных сценариев развития финансовой ситуации. Кроме того, банковские приложения обычно не позволяют объединять данные из разных источников и не учитывают индивидуальные особенности финансового поведения пользователя.

В отличие от существующих аналогов, разрабатываемая веб-ориентированная система ориентирована не только на учёт доходов и расходов, но и на интеллектуальное прогнозирование будущих финансовых показателей. Использование методов анализа временных рядов и машинного обучения позволяет формировать персонализированные прогнозы расходов, учитывающие историческую динамику данных и вариативность пользовательского поведения.

Материалы и методы исследования. В рамках данной работы особое внимание уделено использованию методов глубокого обучения при прогнозировании финансовых расходов пользователя. Глубокое обучение представляет собой направление машинного обучения, основанное на применении многослойных нейронных сетей, способных выявлять скрытые закономерности в больших объёмах данных. В отличие от классических статистических методов, модели глубокого обучения обладают высокой гибкостью и лучше адаптируются к нелинейному и нестационарному характеру временных рядов финансовых данных.

Разрабатываемая система реализована в виде веб-приложения с архитектурой клиент–сервер. Серверная часть построена на платформе Node.js с использованием фреймворка Express, что обеспечивает обработку пользовательских запросов, реализацию бизнес-логики и взаимодействие с базой данных. Для хранения данных применяется система управления базами данных MySQL.

Клиентская часть системы реализована в виде веб-интерфейса, обеспечивающего ввод финансовых данных, визуализацию статистики и отображение результатов прогнозирования. Для взаимодействия между клиентом и сервером используется REST-ориентированный API, что обеспечивает модульность и масштабируемость программного решения.

Разделение системы на независимые компоненты упрощает сопровождение и расширение функциональности, в том числе внедрение дополнительных аналитических модулей и моделей машинного обучения. Такая архитектура позволяет использовать систему как основу для дальнейших научных и прикладных исследований в области интеллектуальных финансовых сервисов.

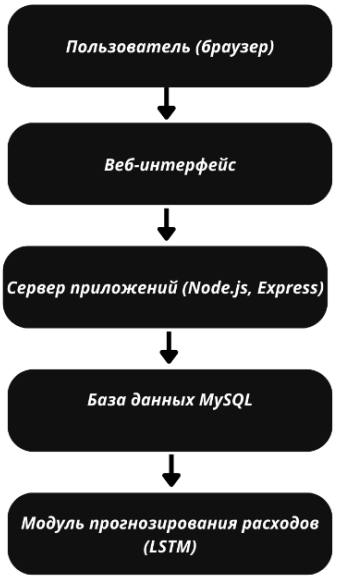


Рисунок 1 – Архитектура веб-ориентированной системы персональных финансов

Основным объектом хранения является финансовая транзакция, включающая дату операции, тип операции (доход, расход, накопление) и денежную сумму. Для каждого пользователя формируется индивидуальная история финансовых операций, что позволяет проводить персонализированный анализ данных. Безопасность доступа к данным обеспечивается за счёт применения механизма аутентификации и авторизации на основе токенов.

Для прогнозирования расходов в системе применяется метод глубокого обучения, основанный на анализе временных рядов. В качестве базовой модели использована рекуррентная нейронная сеть, предназначенная для обработки последовательных данных. Рекуррентные нейронные сети способны учитывать зависимость текущих значений временного ряда от предыдущих наблюдений, что особенно важно при анализе финансовых операций пользователя. На первом этапе осуществляется агрегация данных по дням, после чего формируется временной ряд значений расходов пользователя. Далее вычисляются основные статистические характеристики ряда, включая среднее значение, тенденцию изменения и диапазон отклонений.

В качестве конкретного метода глубокого обучения в работе использован подход, основанный на рекуррентных нейронных сетях типа LSTM (Long Short-Term Memory). Данный тип нейронных сетей позволяет эффективно учитывать долгосрочные зависимости во временных рядах и снижать влияние шума в данных.

Принцип работы модуля прогнозирования основан на последовательном анализе исторических данных пользователя. Финансовые операции агрегируются по временным интервалам, после чего формируется упорядоченный временной ряд значений расходов. Для повышения устойчивости модели к выбросам и нерегулярным тратам применяется предварительная нормализация данных и сглаживание временного ряда.

Модель прогнозирования обучается на исторических данных конкретного пользователя, что позволяет учитывать индивидуальные особенности финансового поведения. В процессе обучения рекуррентная нейронная сеть анализирует зависимости между предыдущими значениями расходов и формирует прогноз на заданный горизонт. Использование архитектуры LSTM обеспечивает сохранение долгосрочных зависимостей во временном ряду и снижает влияние случайных колебаний данных.

Качество прогнозирования напрямую зависит от объёма и полноты исходных данных. На начальных этапах использования системы, при ограниченной истории финансовых операций, прогноз носит ориентировочный характер и отражает общую тенденцию расходов. По мере накопления данных модель получает больше информации о финансовых привычках пользователя, что позволяет уточнять прогнозные оценки и повышать их достоверность.

Таким образом, система обладает свойством адаптивного обучения: чем дольше пользователь взаимодействует с приложением и фиксирует финансовые операции, тем более точными и персонализированными становятся результаты прогнозирования. Данный подход соответствует концепции самообучающихся интеллектуальных систем и повышает практическую ценность разработанного решения.

Для повышения интерпретируемости результатов прогнозирования в системе предусмотрено разделение вычислительного процесса на этапы предварительной обработки данных, формирования признаков и генерации прогнозных значений. Такой подход позволяет контролировать корректность входных данных и снижает влияние шумовых факторов, характерных для персональных финансовых временных рядов.

Кроме того, модуль прогнозирования реализован таким образом, что допускает повторное обучение модели по мере поступления новых данных. Это обеспечивает постепенную адаптацию алгоритма к изменяющемуся финансовому поведению пользователя и повышает устойчивость прогнозных оценок при длительном использовании системы.

Алгоритм прогнозирования предусматривает формирование трёх сценариев. Ожидаемый сценарий отражает наиболее вероятное значение расходов, минимальный сценарий соответствует сниженной активности трат, а максимальный сценарий учитывает

возможные пиковые расходы. Такой подход позволяет учитывать вариативность пользовательского поведения и формировать интервальные прогнозные оценки. Архитектура системы допускает дальнейшее расширение за счёт внедрения рекуррентных нейронных сетей, таких как LSTM или GRU, без изменения общей структуры приложения.

Результаты исследования и их обсуждение. В результате проведённой работы была разработана веб-ориентированная система, обеспечивающая учёт персональных финансов и прогнозирование расходов на заданный период. Реализованный модуль прогнозирования позволяет пользователю задавать горизонт прогноза и получать результаты в виде графического и табличного представления.

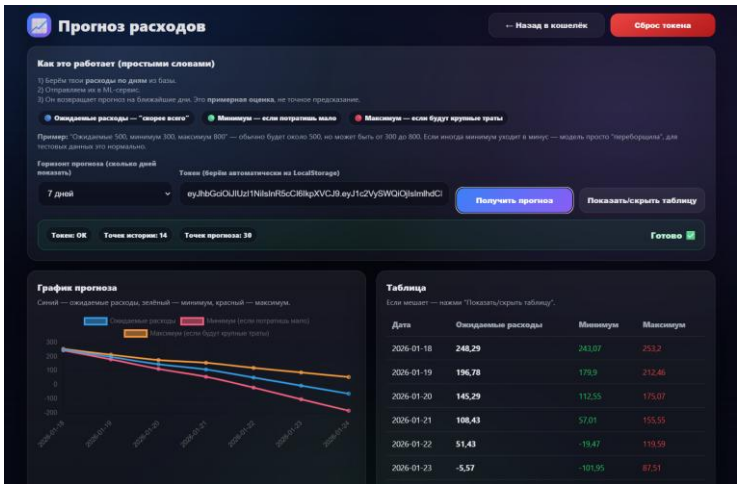


Рисунок 2 – Интерфейс модуля прогнозирования расходов пользователя

На рисунке 2 представлен интерфейс модуля прогнозирования расходов пользователя, реализованного в рамках разработанной веб-ориентированной системы персональных финансов. Модуль позволяет формировать прогноз расходов на заданный период и отображает результаты в виде графического и табличного представления, включающего ожидаемые, минимальные и максимальные значения.

Полученные прогнозные значения позволяют пользователю оценивать различные сценарии финансового поведения. Ожидаемое значение расходов отражает наиболее вероятный уровень затрат, в то время как минимальные и максимальные значения характеризуют возможные отклонения от среднего сценария. Такой подход обеспечивает более детальный анализ будущих расходов и повышает информативность прогнозирования.

Следует отметить, что точность прогнозирования напрямую зависит от объёма и качества исходных данных. При наличии короткой истории расходов результаты прогноза могут носить ориентировочный характер. Однако по мере накопления данных модель демонстрирует более устойчивые и интерпретируемые результаты, что повышает практическую ценность разработанной системы.

Анализ представленных данных показывает, что использование временных рядов исторических расходов позволяет формировать наглядные и интерпретируемые прогнозные оценки. Представление результатов в нескольких сценариях обеспечивает более детальный анализ возможных вариантов финансового поведения пользователя и повышает информативность модуля прогнозирования.

Разработанная веб-ориентированная система может быть использована в качестве основы для дальнейших исследований в области интеллектуальных систем персональных финансов. Перспективы развития связаны с расширением функциональных возможностей прогнозирования и внедрением более сложных моделей глубокого обучения.

Практическое использование модуля прогнозирования позволяет пользователю не только анализировать будущие расходы, но и оценивать влияние различных сценариев финансового поведения. Например, сравнение ожидаемого и максимального сценариев даёт

возможность заранее выявить потенциальные риски перерасхода средств и скорректировать структуру бюджета.

Интервальное представление прогнозных значений повышает информативность системы по сравнению с точечными оценками, поскольку отражает неопределённость, присущую финансовому поведению человека. Это делает разработанное решение более адаптированным к реальным условиям использования и повышает его практическую значимость.

Ограничения и допущения модели. Следует отметить, что разработанный алгоритм прогнозирования основан на анализе исторических данных пользователя и не учитывает внешние факторы, такие как инфляция, изменение уровня доходов или форс-мажорные обстоятельства. Нерегулярные и разовые крупные расходы могут оказывать влияние на точность прогнозирования, особенно при небольшом объёме обучающей выборки.

Тем не менее, по мере накопления данных влияние подобных факторов снижается, а модель демонстрирует более устойчивые и интерпретируемые результаты. Указанные ограничения не снижают практическую значимость системы, но определяют направления для её дальнейшего развития.

Выводы. В ходе исследования разработана веб-ориентированная система учёта и прогнозирования персональных финансов, основанная на применении методов анализа временных рядов и машинного обучения. Реализованная система обеспечивает автоматизированный анализ финансовых данных пользователя и формирование прогнозных оценок расходов с учётом неопределённости.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования разработанного решения для повышения эффективности персонального финансового планирования. Перспективы дальнейших исследований связаны с внедрением нейросетевых моделей прогнозирования и расширением аналитического функционала системы.

Полученные результаты подтверждают целесообразность использования веб-ориентированных интеллектуальных систем в задачах персонального финансового планирования. Интеграция методов анализа временных рядов и машинного обучения в прикладные веб-приложения позволяет перейти от пассивного учёта данных к активной поддержке принятия решений пользователем.

Разработанный подход может быть адаптирован для различных категорий пользователей и масштабирован для анализа агрегированных финансовых данных. Это открывает возможности применения предложенного решения не только в персональных, но и в корпоративных финансовых информационных системах.

Список литературы

1. Hyndman R.J., Athanasopoulos G. Forecasting: Principles and Practice. – Melbourne: OTexts, 2021.

2. Bishop C.M. Pattern Recognition and Machine Learning. – New York: Springer, 2016.

3. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016.

4. Provost F., Fawcett T. Data Science for Business. – Sebastopol: O’Reilly Media, 2019.

5. Witten I.H., Frank E., Hall M.A. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques. – Morgan Kaufmann, 2017.

УДК 004.056:351.86

А. Т. Асылбеков, Б. А. Маматалиева, А. А. Абдулаев
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республикасы

A.T. Asylbekov, B. A. Mamtalieva, A. A. Abdulaev
I. Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic
tari.aruuzat@gmail.com, bak.010176@mail.ru, a_abdulaev@kstu.kg

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ И АДАПТАЦИЯ К ИЗМЕНЕНИЯМ ТОПОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФОВЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ (GNN)

ГРАФ НЕЙРОН ТОРЛОРУНУН (GNN) ЖАРДАМЫ МЕНЕН МЕКЕНДИК-УБАКЫТТУУ КӨЙГӨЙЛӨРДҮ МОДЕЛДӨӨ ЖАНА ТОПОЛОГИЯНЫН ӨЗГӨРҮҮЛӨРҮНӨ ЫНТЫМАК

MODELING OF SPACE-TIME DEPENDENCIES AND ADAPTATION TO TOPOLOGY CHANGES USING GRAPH NEURAL NETWORKS (GNN)

Бул макалада физикалык жана логикалык формасы секунд сайын өзгөрүп турган компьютердик тармакты түшүнүүгө жана коргоого жасалма интеллект тутумун кантип үйрөтүү керектиги жөнүндө сөз болот.

Ачкыч сөздөр: *графикалык нейрон тармактары; мейкиндик-убакыт анализи; динамикалык графикти моделдөө; тармактын аномалияларын аныктоо, топологиянын өзгөрүшүнө ыңгайлашуу; интрузияларды аныктоо; кибер коркунучтар; маалыматтык коопсуздук коркунучтары.*

В этой статья посвящена тому каким образом нужно научить систему искусственного интеллекта понимать и защищать компьютерную сеть, физическая и логическая форма которой меняется каждую секунду.

Ключевые слова*: графовые нейронные сети; пространственно-временной анализ; моделирование динамического графа; выявление сетевой аномалий, адаптация к изменению топологии; обнаружение вторжений; киберугрозы; угрозы информационной безопасности.*

This article focuses on how to teach an artificial intelligence system to understand and protect a computer network, the physical and logical form of which is changing every second.

Key words*: graph neural networks; spatial and temporal analysis; dynamic graph modeling; identification of network anomalies, adaptation to topology changes; intrusion detection; cyber threats; threats to information security.*

Введение. Стремительное развитие децентрализованных мобильных сетей (MANET), автомобильных транзитных сетей (VANET), сетей беспилотных летательных аппаратов (FANET) и экосистема интернета вещей (IoT) кардинально меняет подходы к организации связи. Главным преимуществом таких сетей является их способность к самоорганизации в условиях отсутствия стационарной инфраструктуры, что критически важно для спасательных операций, логистики и интеллектуальных транспортных систем.

Однако эти же новые технологии порождают серьезные проблемы безопасности: отсутствие централизированного управления, постоянная смена физической топологии, ограниченность ресурсов устройств и открытая беспроводная среда передачи данных делают их крайне уязвимыми для злоумышленников. Сети подвержены разрушительным атакам, таким как отбрасывание пакетов (dropping), атаки типа «черная дыра» (black hole) и «воронка» (sinkhole), которые способны полностью парализовать маршрутизацию. Традиционные

системы обнаружения вторжений (IDS), которые исторически базировались на статических правилах и поиске известных сигнатур вирусов, оказываются неэффективными поскольку они не могут адаптироваться к ежесекундно меняющейся структуре сети и не справляются с изощренными атаками. Новая преграда создает острую научную необходимость в разработке новых, адаптивных методов анализа сетевого трафика.

Цель исследования: Основная цель исследования заключается в разработке и математическом обосновании инновационного фреймворка для выявления киберугроз с использованием архитектуры последовательных управляемых графовых сверточных сетей (Sequential Gated Graph Convolutional Network, GGCN).

В отличие от классических методов, данный подход направлен на извлечение многомерных пространственно-временных признаков из сетевого трафика путем построения динамических мультиграфов с временными метками. Целью является обучение нейросети понимать не просто отдельные пакеты данных, а скрытые временные паттерны и эволюционирующие связи между узлами. Реализация этой цели позволит модели динамически корректировать механизмы передачи сообщений внутри нейросети в ответ на добавление или удаление узлов в реальной сети. В конечном итоге это обеспечит высокую точность классификации нормального и вредоносного трафика даже в условиях жесточайшего дисбаланса данных и хаотичной топологии.

Графовая нейронная сеть (GNN): Такая сеть работает как сверхвнимательный умный диспетчер. Вместо того чтобы анализировать каждый дрон или автомобиль по отдельности она анализирует связи между ними [1]. В механизме, называемом «внимание к графам» (Graph Attention), нейросеть даёт каждому соседу значимость. Нейросеть начинает прислушиваться к каждому соседу и прислушиваться в зависимости контекста и их надежности. Если один из узлов сети начнёт оправлять подозрительно много навигационных запросов всем своим соседям (пытаясь обрушить маршрутизацию). GNN мгновенно пересчитает доверие к этому узлу, выявляя аномалию даже в условиях всеобщего движения [6].

Научное обоснование методологическая база графовых вычислений. Классические глубокие нейронные архитектуры, такие как сверточные нейронные сети CNN и рекуррентные нейронные сети RNN весьма успешно применялись для анализа сетевого трафика [3]. Их главным недостатком было работа с данными, имеющими регулярную сеточную структуру (CNN) или строгую линейную последовательность (RNN) [8]. Сетевой трафик в многоагентых системах MANET или FANET по своей фундаментальной математической природе является неевклидовым пространством – графом, где узлы (устройства связи) и ребра (беспроводные каналы) появляются и исчезают динамически, не подчиняясь строгой матричной сетке [2]. Любые попытки принудительной векторизации графовых данных для их подачи на вход стандартного CNN неизбежно приводят к фатальной потере критически важной топологической информации о структурных свойствах сети, лишая модель контекста [2].

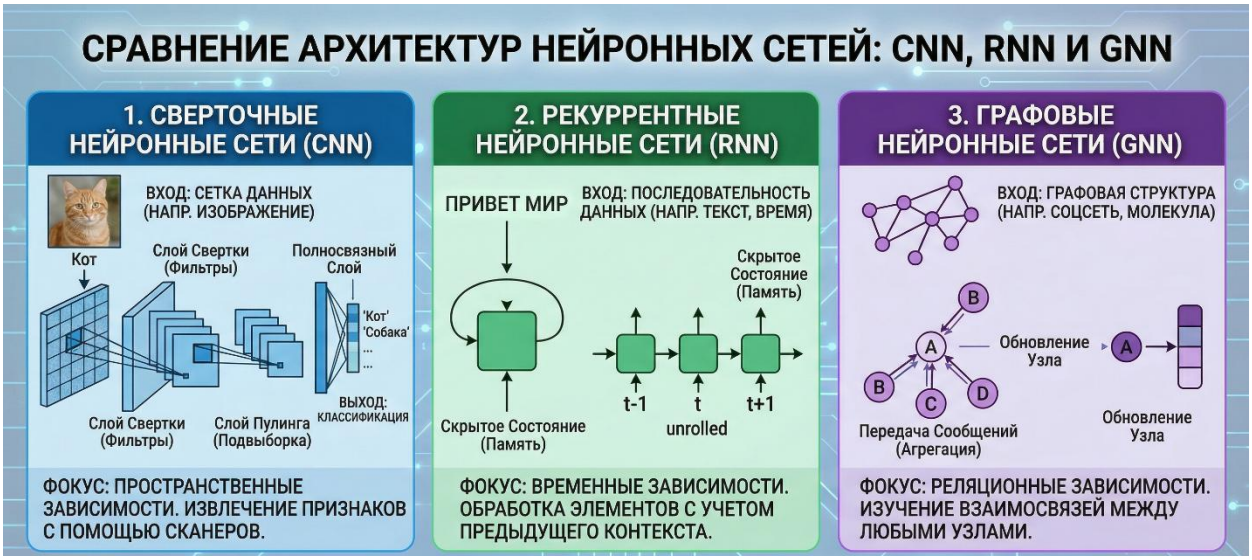


Рисунок 1 – Сравнение архитектур нейронных сетей

Интеграция рекуррентных механизмов: пространственно-временной синтез. Важнейшей инновацией, должна стать архитектурная интеграция механизма управляемых рекуррентных блоков (Gated Recurrent Unit, GRU) или элементов долгой краткосрочной памяти (Long Short-Tern Memory, LSTM) непосредственно в конвейер обработки графовой сети. В гибридной модели слои графовой свертки GCN берут на себя задачу извлечения пространственных характеристик – кто с кем физически и логически связан в текущую миллисекунду, в то же время как интегрированная ячейка GRU отвечает за извлечение временных зависимостей – как эти пространственные паттерны эволюционировали за последние *n* циклов наблюдений [9].

Двухслойная модель GGCN со специализированными функциями агрегации позволяет сформировать глубокое понимание скрытых временных связей. Этот подход необходим для эффективного выявления последовательных и распределительных аномалий, таких как: формирование ботнетов в среде Интернета вещей или атаки на протоколы маршрутизации. Традиционные статистические модели и классические нейросети увидят лишь разрозненные, случайные сбросы пакетов или кратковременные всплески трафика, в то время как модель GGCN способна распознать скоординированную цепочку подготовительных действий злоумышленника в глобальном историческом контексте графа [10]. После многошаговой адаптации признаков (Multi-Hop Aggregation), классификация конкретного события коммуникации (выявление вредоносного ребра) осуществляется путем конкатенации эмбеддингов соседних узлов с последующей их обработкой через многословный персептрон (MLP) [10].

Выявление уязвимостей протоколов маршрутизации (AODV). Теоретическую математику графов следует применить к конкретным уязвимостям динамических сетей. В MANET, VANET, VANET и FANET доминирующим стандартом является реактивный протоколом маршрутизации AODMV, ценящийся за минимальные накладные расходы и адаптивность. AODV формирует маршрут только тогда, когда узлу необходимо передать данные. Процесс инициируется широковещательной рассылкой пакетов Route Request (RREQ), которые распространяются по сети до тех пор, пока не достигнут адресата или транзитного узла, имеющего свежий маршрут. В ответ генерируется уникаст-пакет Rout Reply (RREP), который возвращается к источнику, устанавливая маршрут на основе критерия минимального количества переходов и наивысшего порядкового номера (sequence number), гарантирующего актуальность пути [11].

Механизм децентрализованного доверия эксплуатируется злоумышленниками при реализации разрушительных атак:

Атака черная дыра – скомпрометированный узел перехватывает запросы RREQ и мгновенно отправляет в ответ фальшивый пакет RREP. AODV обновляет таблицы маршрутизации окружающих узлов, направляя весь трафик через злоумышленника, где тот в свою очередь удаляет их бесследно.

Атака Серая дыра – вредоносный узел сбрасывает пакеты избирательно. Такая вариативность позволяет обманывать традиционные системы обнаружения.

Атака Синхолинг – стягивание максимального количества информационных потоков к себе для последующего прослушивания, внедрение вредоносного кода или искусственного создания задержек.

В заключение критическим следующим с этапом станет оптимизация этих ресурсоемких графовых моделей для их развертывания непосредственно на периферийных устройствах с ограниченными мощностями и зарядом батареи.

Список литературы

1. https://www.rademics.com/upload/176276828815432569296911b5a05be2a15.pdf
2. https://curent.utk.edu/wp-content/uploads/2024/07/Journal_PS_04-1.pdf
3. https://www.mdpi.com/2076-3417/15/3/1552

4. https://www.slideshare.net/slideshow/security-issues-and-challenges-in-manetvanet-and-fanet-a-survey/242463561
5. https://www.researchgate.net/publication/381348335_GNN-Based_Network_Traffic_Analysis_for_the_Detection_of_Sequential_Attacks_in_IoT
6. https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=11018757
7. https://www.interviewnode.com/post/graph-neural-networks-gnns-in-ml-interviews-key-concepts-and-questions
8. https://www.inderscienceonline.com/doi/pdf/10.1504/IJICT.2025.146911
9. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6946440/
10. https://www.mdpi.com/2079-9292/13/12/2274
11. https://www.techscience.com/iasc/v37n1/52635/html

УДК 004.738.1

М.С. Байгазиев, Э.М. Шайназаров
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

E.M. Shainazarov, M.S. Baigaziev
Kyrgyz State Technical University n. a.I. Razzakov
Bishkek, Kyrgyz Republic
mirbek-1985@kstu.kg, sh.erbol.2404@gmail.com

РАЗРАБОТКА ВЕБ-САЙТА ДЛЯ КАФЕДРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФРЕЙМВОРКА DJANGO

КАФЕДРА ҮЧҮН ВЕБ-САЙТТЫ DJANGO ФРЕЙМВОРКУН КОЛДОНУУ МЕНЕН ИШТЕП ЧЫГУУ

DEVELOPMENT OF A DEPARTMENT WEBSITE USING THE DJANGO FRAMEWORK

Макалада жогорку окуу жайдын кафедрасы үчүн веб-сайтты иштеп чыгуунун процесси каралат. Python программалоо тили жана Django фреймворкун колдонуу менен веб-тиркеме түзүлүп, анда постторду кошуу, өзгөртүү жана өчүрүү (CRUD), фильтрация, пагинация жана базалык авторизация ишке ашырылган. Колдонуучулар ролдорго бөлүнгөн: окутуучулар жана кадимки колдонуучулар. Кардар бөлүгү HTML, CSS жана JavaScript аркылуу ишке ашырылган. Иштин жыйынтыгында кафедра үчүн функционалдуу жана колдонууга ыңгайлуу веб-сайт түзүлдү.

Ачкыч сөздөр: *веб-сайтты иштеп чыгуу, Django, Python, CRUD, авторизация, пагинация, фильтрация, кафедра сайты, веб-тиркеме.*

В статье рассматривается процесс разработки веб-сайта для кафедры вуза с использованием фреймворка Django и языка программирования Python. В рамках проекта реализованы основные функции управления контентом: создание, редактирование и удаление публикаций (CRUD), фильтрация, пагинация, а также базовая система авторизации пользователей. Пользователи разделены на роли: преподаватели и обычные пользователи. Клиентская часть реализована с применением HTML, CSS и JavaScript. В результате создан функциональный веб-сайт для информационной поддержки деятельности кафедры.

Ключевые слова: *веб-разработка, Django, Python, CRUD, авторизация, пагинация, фильтрация, сайт кафедры, веб-приложение.*

The article discusses the development of a university department website using the Django framework and the Python programming language. The project implements content management features such as create, read, update and delete (CRUD) operations, filtering, pagination, and basic user authentication. Users are divided into roles: teachers and regular users. The frontend is implemented using HTML, CSS, and JavaScript. As a result, a functional website for supporting the department's activities was developed.

Key words: *web development, Django, Python, CRUD, authentication, pagination, filtering, department website, web application.*

Введение. В условиях цифровизации образовательных процессов наличие собственного веб-сайта кафедры является важным инструментом для взаимодействия между преподавателями и студентами. Часто кафедральные страницы представлены в виде статических страниц без возможности оперативного обновления контента, что затрудняет публикацию новостей, объявлений и учебных материалов.

Проблематика организации работы в полиграфической сфере, особенно среди небольших предприятий, во многом связана с неэффективным взаимодействием с клиентами. Заказчики нередко сталкиваются с отсутствием прозрачности в ценообразовании, длительным ожиданием ответов на запросы и сложностями при самостоятельной оценке стоимости тиража. Недостаток удобных инструментов для расчёта приводит к замедлению принятия решений и усложняет конкуренцию, где цена играет ключевую роль. При этом ручная обработка заказов требует значительных ресурсов, что может снижать общую эффективность и приводить к потере клиентов.

Дополнительной проблемой является ограниченный функционал сайтов многих небольших типографий, которые зачастую выполняют лишь информационную роль и не предоставляют интерактивных возможностей. В результате преимущество получают компании, внедряющие современные онлайн-сервисы, включая автоматизированные калькуляторы стоимости. Создание корпоративного сайта для полиграфической компании становится важным шагом в направлении автоматизации процессов, повышения качества обслуживания и укрепления конкурентных позиций.

При разработке такого ресурса важно учитывать не только техническую составляющую, но и удобство пользовательского интерфейса. Система расчётов должна быть логичной, точной и понятной. Интерфейс — интуитивным, а структура сайта — продуманной. В условиях высокой конкуренции именно удобство и простота использования сайта могут стать решающим фактором для привлечения и удержания клиентов можете ознакомится с главной страницей сайта на рисунке 1.

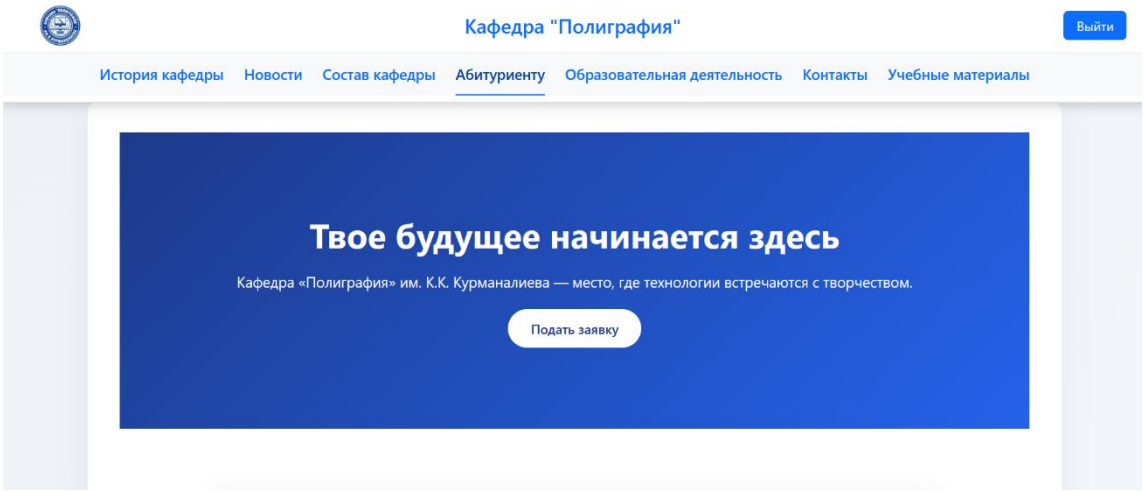


Рисунок 1 – Главная страница сайта кафедры

Однако на практике разработчики часто сталкиваются с рядом ошибок, снижающих эффективность веб-ресурсов. К основным проблемам относятся запутанная навигация, перегруженный интерфейс, недостаток информации об услугах и сложные формы расчёта. Также негативно влияет неудачное визуальное оформление: хаотичное размещение элементов, отсутствие логики и перегруженность деталями затрудняют восприятие информации.

Серьёзное значение имеет и техническая оптимизация. Медленная загрузка страниц, вызванная тяжёлыми изображениями или неэффективным кодом, может привести к уходу пользователей. Не менее важны читаемость текста и его структура: мелкий шрифт, слабый контраст и отсутствие логического деления ухудшают пользовательский опыт.

Кроме того, отсутствие удобной обратной связи, некорректно работающие формы или ошибки в расчётах подрывают доверие к компании. Лишняя реклама и всплывающие окна также могут раздражать пользователей и мешать взаимодействию с сайтом.

Для создания эффективного веб-ресурса необходимо учитывать все перечисленные аспекты: от структуры и дизайна до функциональности и скорости работы. Сайт должен быть максимально простым, понятным и полезным для пользователя, предоставляя быстрый доступ к информации и удобные инструменты для оформления заказов. Только в этом случае он сможет выполнять свою основную задачу — улучшать клиентский опыт и повышать эффективность бизнеса.

Целью данной работы является разработка функционального веб-сайта для кафедры с возможностью управления публикациями и разграничения прав пользователей. В качестве серверной части выбран фреймворк Django на языке Python, а в качестве среды разработки использована PyCharm.

Основная часть. Выбор технологий. Для реализации проекта применён язык программирования Python и фреймворк Django, обеспечивающий быструю разработку серверной части, встроенные механизмы аутентификации и удобную работу с базой данных через ORM.

Django — свободный фреймворк для веб-приложений на языке Python, использующий шаблон проектирования MVC. Проект поддерживается организацией Django Software Foundation. Сайт на Django строится из одного или нескольких приложений, которые рекомендуется делать отчуждаемыми и подключаемыми.

Клиентская часть реализована с использованием HTML и CSS, а для добавления интерактивности применён JavaScript [1].

2. Архитектура и функциональные возможности. Разработанный веб-сайт реализован по клиент-серверной архитектуре и включает следующие функции:

- CRUD-операции для публикаций кафедры;
- фильтрация записей по категориям и авторам;
- пагинация для удобного просмотра большого объёма информации;
- базовая система регистрации и авторизации пользователей;
- разграничение прав доступа между преподавателями и обычными пользователями;
- защита операций редактирования и удаления контента.

3. Реализация ролей и управления контентом. Модели данных и представления реализованы средствами Django. Для преподавателей предусмотрены расширенные права доступа, включая создание и редактирование материалов, тогда как обычные пользователи имеют доступ только к просмотру контента. Функции фильтрации и пагинации позволяют повысить удобство навигации при работе с большим количеством публикаций, можете увидеть на рисунке 2.

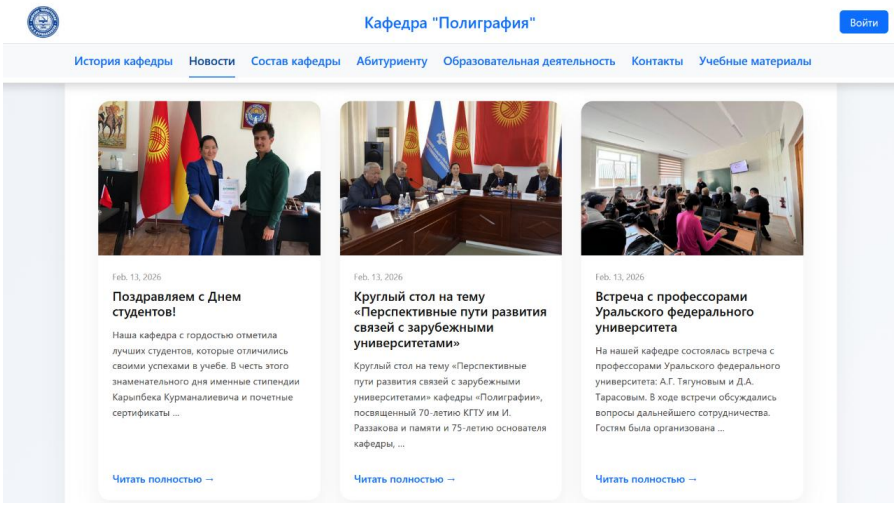


Рисунок 2 – Каталог публикаций

4. Система регистрации и авторизации пользователей. Регистрация одна из важных элементов сайта, оно позволяет отделить аккаунты преподавателей и обычных посетителей сайта, что в свое очередь позволяет лучше распределить и управлять правами доступа пользователей. Было заделано визуально простая и удобная страница для регистрации и авторизации как на рисунке 3.

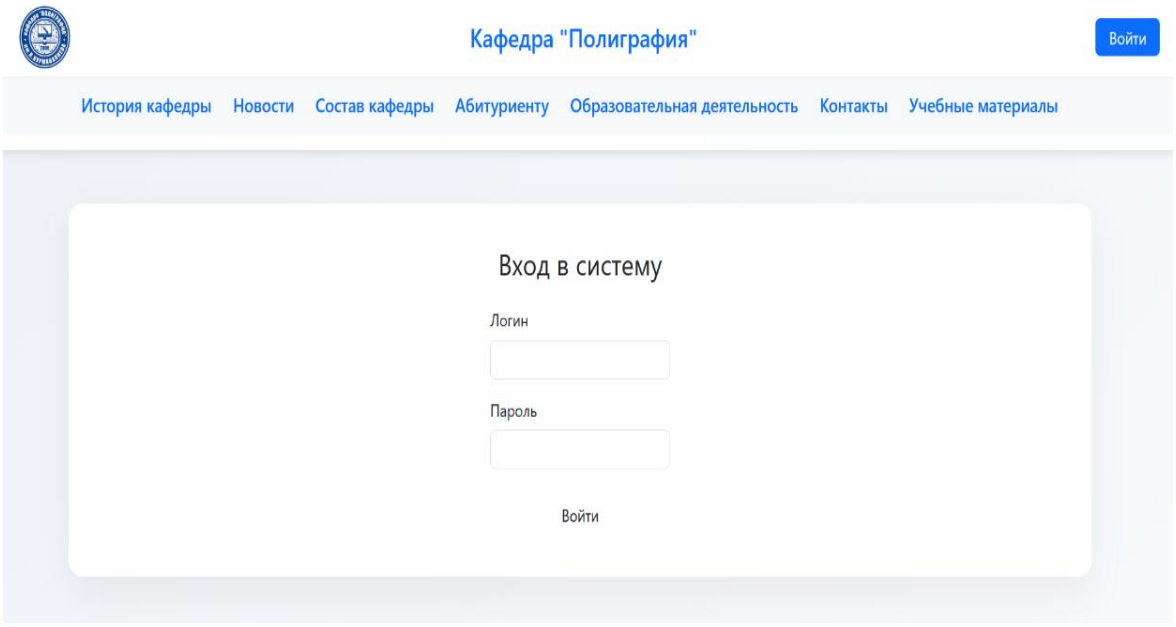


Рисунок 3 – Страница авторизации

На рисунке 3 вы можете увидеть простую, но в то же время удобную и визуально приятную страницу авторизации.

5. Работа с документами и файлами. Ключевое отличия этого сайта от других — это его функциональность и перспективное развития для будущих целей кафедры. Преподаватели могут загружать свои учебные материалы для студентов, что обеспечит удобный доступ для студентов к материалу, это необходимо так как для полноценного обучение требуется как оффлайн, так и онлайн доступ к материалу. В свою очередь в ходе разработки к этой функции было добавлено свойство открытого (общедоступного) материала и закрытого (доступен только для авторизованных и админа) это позволит загружать материалы, которые нужны для преподавательского состава. С учетом того, что материалов может быть в больших количества, для удобства было сделано фильтрация как на рисунке 4.

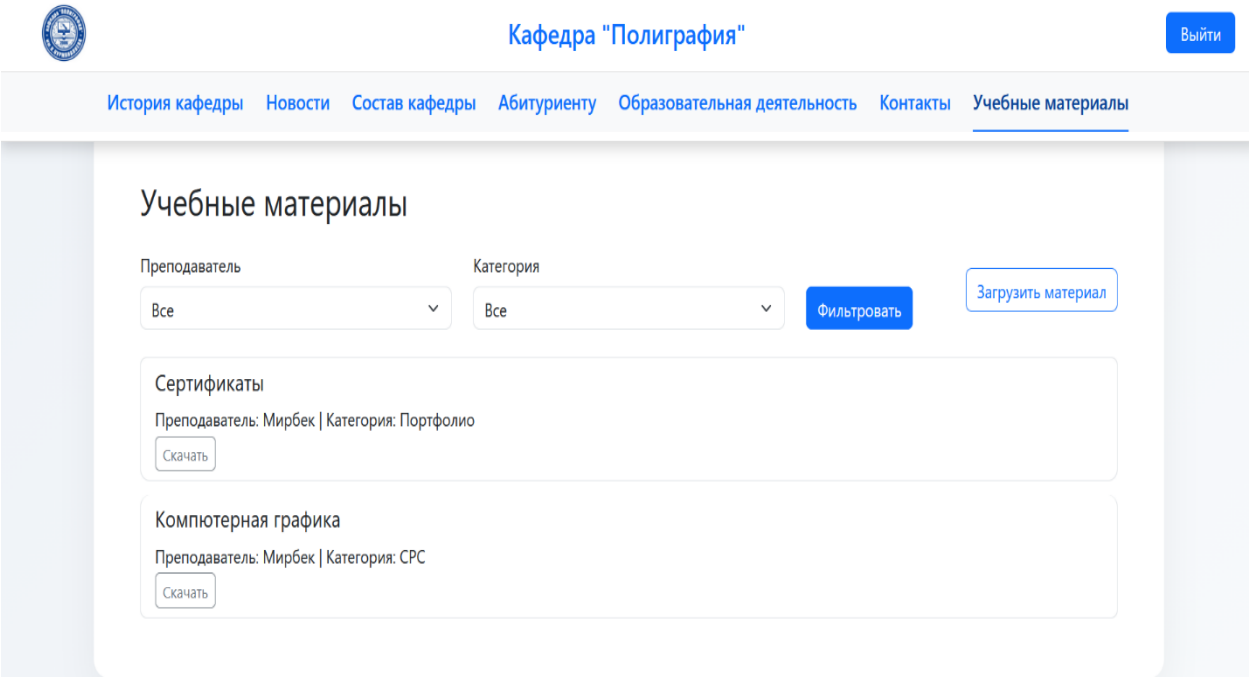


Рисунок 4 – Учебные материалы и фильтрация

На рисунке 4 изображено визуальный вид страницы, где будут все материалы и фильтрация их.

Выводы. В результате работы разработан веб-сайт для кафедры полиграфии, обеспечивающий централизованное управление информацией и удобный доступ пользователей к актуальным материалам. Применение фреймворка Django позволило ускорить процесс разработки и обеспечить базовый уровень безопасности и масштабируемости проекта.

Проект находится в ранней стадии разработки, и поэтому до конца еще не приобрел вид полноценного и полнофункционального сайта, но оно имеет возможность бесконечной доработки и улучшение.

Полученное решение может быть расширено за счёт внедрения комментариев, загрузки файлов и интеграции с внутренними системами вуза.

Список литературы

1. Винсент. У. Django для начинающих [Текст] / У. Винсент — СПб.: Питер, 2022.
2. Официальная документация Django.
3. Флэнаган Д. JavaScript. Подробное руководство [Текст] / Д. Флэнаган — СПб.: Питер, 2021.
4. Мартин Р. Чистая архитектура [Текст] / Р. Мартин — СПб.: Питер, 2019.
5. Сырых Ю. А. Современный веб-дизайн [Текст] / Сырых Ю. А. — М.: Диалектика, 2019.

УДК 004.056(575.2)

М.С. Байгазиев, А.К. Кубатбеков
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

M.S. Baigaziev, A.K. Kubatbekov
KSTU n.a. I.Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic

АНАЛИЗ УГРОЗ И МЕХАНИЗМОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСАХ

БУЛУТТУК КЫЗМАТТАРДА МААЛЫМАТ КООПСУЗДУГУН КАМСЫЗ КЫЛУУ БОЮНЧА КОРКУНУЧТАРДЫ ЖАНА МЕХАНИЗМДЕРДИ ТАЛДОО

ANALYSIS OF THREATS AND MECHANISMS FOR INFORMATION SECURITY IN CLOUD SERVICES

Бул макалада булут инфраструктураларындагы заманбап маалыматтык коопсуздук коркунучтарына кеңири анализ берилген. Ал 2024–2025-жылдардагы учурдагы статистиканын негизинде гибриддик жана жергиликтүү чөйрөлөрдөгү маалыматтарды бузуу динамикасын изилдейт. Коргоону автоматташтырууда жана инциденттерге жооп берүү убактысын кыскартууда жасалма интеллекттин ролуна өзгөчө көңүл бурулат. Изилдөөнүн негизги аспектиси болуп Кыргыз Республикасынын жаңы санариптик мыйзамынын булут рыногун жөнгө салууга тийгизген таасири саналат. Сунушталган коргоо чараларынын матрицасы көмүскө маалыматтарга жана жеткирүү чынжырына кол салууларга байланыштуу тобокелдиктерди минималдаштырууга жардам берет.

Ачкыч сөздөр: *маалыматтык коркунучтар, булуттар сервистери, маалыматтык коопсуздук, Кыргыз Республикасынын Санарип Кодекси*

В данной статье представлен подробный анализ современных угроз информационной безопасности в облачных инфраструктурах. Рассматривается динамика утечек данных в гибридных и локальных средах на основе текущей статистики за 2024–2025 годы. Особое внимание уделяется роли искусственного интеллекта в автоматизации защиты и сокращении времени реагирования на инциденты. Ключевым аспектом исследования является влияние нового Закона о цифровых технологиях Кыргызской Республики на регулирование рынка облачных услуг. Предложенная матрица мер защиты помогает минимизировать риски, связанные с теневыми данными и атаками на цепочки поставок.

Ключевые слова: *информационные угрозы, облачные сервисы, информационная безопасность, Цифровой Кодекс Кыргызской Республики*

This article provides a detailed analysis of modern information security threats in cloud infrastructures. It examines the dynamics of data breaches in hybrid and on-premises environments based on current statistics for 2024–2025. Particular attention is paid to the role of artificial intelligence in automating protection and reducing incident response times. A key aspect of the study is the impact of the Kyrgyz Republic's new Digital Law on the regulation of the cloud market. The proposed matrix of safeguards helps to minimize the risks associated with shadow data and supply chain attacks.

Key words: *information threats, cloud services, information security, Digital Codex of Kyrgyz Republic.*

Введение. Быстрая цифровая трансформация привела к тому, что более 60% современных предприятий используют облачные или гибридные модели ИТ-инфраструктуры. Однако расширение периметра сети создало новые уязвимости. Согласно текущим данным, несмотря на общие тенденции к снижению, средняя стоимость утечки данных останется критически высокой для бизнеса в 2025 году, особенно в отраслях с несколькими облачными средами.

Данное исследование направлено на изучение взаимосвязи между типами угроз в облачной среде и эффективностью современных механизмов безопасности с учетом как технологических, так и нормативных аспектов. Цели исследования:

1. Выявление наиболее опасных векторов атак в период 2024–2026 годов.
2. Оценка влияния искусственного интеллекта на скорость реагирования на инциденты.
3. Анализ положений Цифрового кодекса Кыргызской Республики как инструмента минимизации рисков в облачной среде.

Теоретическая значимость данной работы заключается в систематизации текущих угроз безопасности облачных сред, практическая значимость – в разработке рекомендаций по внедрению механизмов безопасности, отвечающих требованиям нового законодательства Кыргызской Республики.

Методы и материалы. Информационную базу исследования составили статистические данные профильных отчетов в области кибербезопасности за 2024–2026 гг. (IBM Security, Kaspersky, Mandiant), а также нормативные правовые акты, включая Цифровой кодекс Кыргызской Республики.

Методологический подход базируется на:

1. Статистическом анализе: количественная оценка ущерба от утечек в зависимости от места хранения данных (локальные, облачные, гибридные среды).
2. Сравнительном анализе: сопоставление эффективности традиционных методов защиты и решений на базе ИИ и автоматизации.
3. Моделировании угроз: анализ векторов атак (фишинг, компрометация учетных записей, уязвимости API) и подбор соответствующих механизмов противодействия.
4. Правовом анализе: изучение статей Цифрового кодекса КР (ст. 50, 63, 83, 118, 191-196) для определения новых стандартов ответственности субъектов облачного рынка.

Общая схема исследования включает этап выявления критических уязвимостей, оценку их экономического влияния и формирование матрицы защитных мер, интегрированных в правовое поле КР. Представленный подход позволяет воспроизвести анализ для оценки безопасности конкретных облачных инсталляций.

Результаты исследований. Около 54.1% опрошенных респондентов имеют гибридную инфраструктуру, 9.9% только облачную и 35.1% только локальную диаграмма представлена на рисунке 1. Из использующих облачную инфраструктуру, 46.5% гибридные облачные сервисы, 23.1% частные облачные сервисы, 31% публичные, 1.4% - гособлако диаграмма показано на рисунке 2 [1].

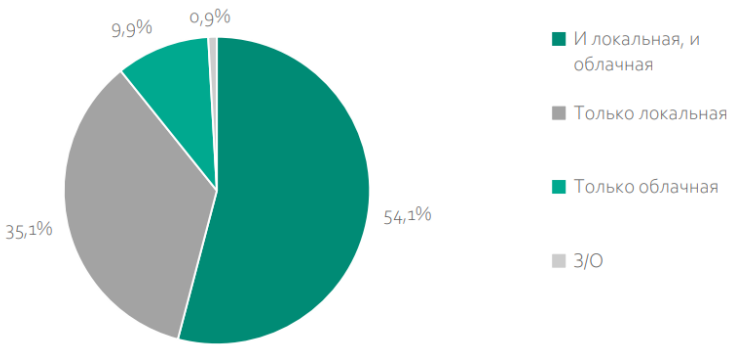


Рисунок 1 – Используемая ИТ-инфраструктура

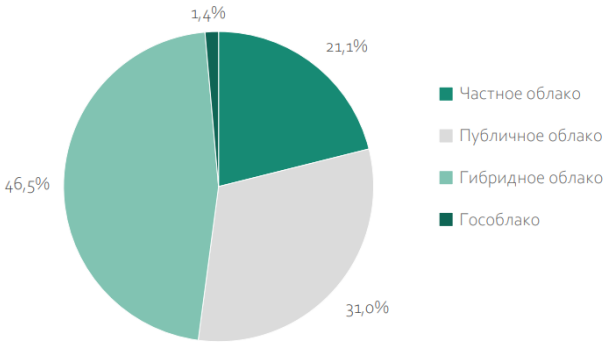


Рисунок 2 – Используемые облачные сервисы

Как видна на рисунках 1 и 2 изображены доля использования облачных сервисов в инфраструктуре информационных технологий компаний.

Данные могут быть уязвимы независимо от места их хранения. 2024 году большинство утечек данных касались данных, распределенных по нескольким средам, таким как публичные облака, частные облака и локальные хранилища. Эта тенденция сохранилась и в 2025 году, но доля таких утечек снизилась, в то время как доля утечек данных, хранящихся исключительно в локальных хранилищах, выросла. Между тем, средние затраты, связанные с каждым типом местоположения, существенно различались. Влияние места хранения на стоимость и частоту утечек данных 30% всех утечек данных касались данных, распределенных по нескольким средам, по сравнению с 40% в 2024 году. Между тем, утечки данных, связанные с данными, хранящимися в локальных хранилищах, резко возросли до 28% с 20% в прошлом году. Однако затраты для каждой категории различались. Утечки данных, затрагивающие несколько сред, обходятся в среднем в 5.05 млн USD, в то время как утечки данных в локальных хранилищах обходятся в среднем 4.01 млн USD, отражена на рисунке 3.

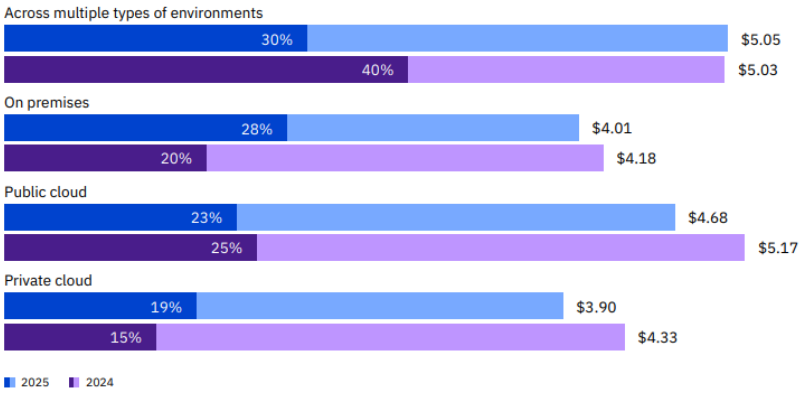


Рисунок 3 - Влияние места хранения на стоимость и частоту утечек данных

На рисунке 3 изображены средние потери и частота эксплуатации вектора атак на гибридных инфраструктурах, локальных хранилищах, общедоступных и частных облаках соответственно в сравнении за 2024 и 2025 гг.

Наблюдается спад средней стоимости утечки данных впервые за 5 лет с 4.88 млн. USD, до 4.44 млн. USD как указана на графике на рисунке 4. Использование защитных решений на базе искусственного интеллекта позволило кардинально ускорить процесс реагирования на угрозы. Компании, масштабно применявшие ИИ и автоматизацию для защиты, сократили цикл жизни утечки в среднем на 80 дней, что помогло им сэкономить около 1.9 млн. USD по сравнению с организациями, не использовавшими эти инструменты. В результате глобальное среднее время выявления и локализации инцидента снизилось до 241 дня, достигнув девятилетнего минимума. В 2025 году штатные ИБ-специалисты самостоятельно выявили ровно половину (50%) всех утечек, что является значительным скачком по сравнению с 42% в 2024 году. Самостоятельное и быстрое обнаружение проблемы обходится бизнесу дешевле (в

среднем 4.18 млн USD), чем ситуации, когда об успешном взломе заявляют сами злоумышленники (5.08 млн USD) [2].

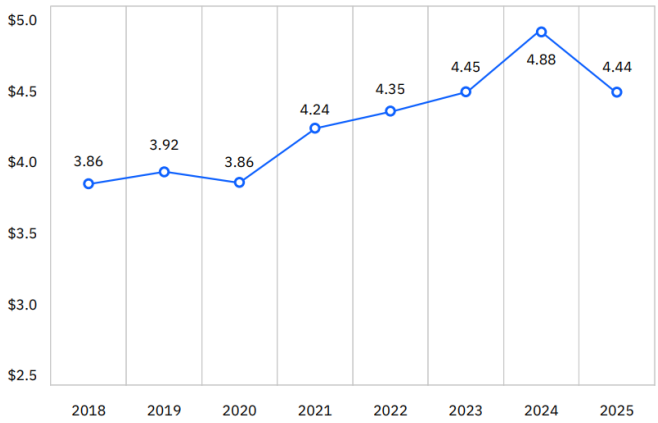


Рисунок 4 – средняя стоимость 1 утечки данных по миру за 2018-2025 гг.

На рисунке 4 изображен график изменения глобальных средних цен на 1 единицу утечки

Большинство утечек данных были направлены на персональные данные клиентов. Злоумышленники гораздо чаще атаковали персональные данные клиентов, чем другие типы данных. С показателем 53% это был наиболее часто похищаемый тип данных. Персональные данные клиентов могут включать налоговые идентификационные номера (ID), электронные адреса и домашние адреса, и могут использоваться для кражи личных данных и мошенничества с кредитными картами. С другой стороны, интеллектуальная собственность компании, хотя и реже похищается или скомпрометируется, оказалась наиболее дорогостоящей (178 USD за запись), как приводится на рисунке 5 [2].

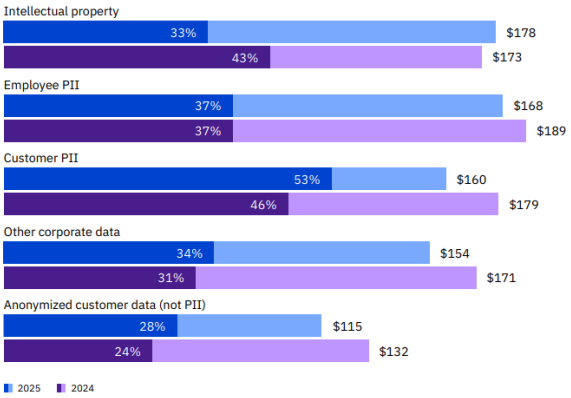


Рисунок 5 – Частота и стоимость похищаемых данных за 2024-2025 г.

На рисунке 5 изображен график частоты похищаемых данных и стоимость за единицу записи в сравнении за 2024 и 2025 гг. Типы похищаемых данных следующие: интеллектуальная собственность, персональные данные сотрудников, персональные данные клиентов, прочие корпоративные данные, обезличенные данные клиентов (не относящие к персональным).

Третий год подряд фишинг входит в число основных векторов атаки. За ним следуют компрометация поставщиков и цепочки поставок, обогнав скомпрометированные учетные данные и став вторым по распространенности вектором атаки. Все три вектора, которые могут быть получены с помощью вредоносного ПО, утечек данных и подбора учетных данных, влекли за собой значительные издержки для пострадавших организаций. Также сравнивалось среднее время выявления и локализации этих утечек, при этом устранение компрометации цепочки поставок заняло больше всего времени.

Около 16% успешных взломов осуществлялись злоумышленниками с активным применением ИИ (в основном для генерации убедительного фишинга и создания дипфейков).

В 2025 году фишинг заменил кражу учетных данных как наиболее распространенный основной вектор (16%), используемый злоумышленниками для получения доступа к системам. При средней стоимости взлома в 4.8 миллиона USD он также оказался одним из самых дорогостоящих.

Между тем, компрометация цепочки поставок резко выросла и стала вторым по распространенности вектором атак (15%) и вторым по стоимости (4,91 миллиона USD) после угроз со стороны злоумышленников (4.91 миллиона USD). Зависимости частоты эксплуатации вектора атак и стоимости изображены показано на рисунке 6 и сведено в таблицу 1) [2].

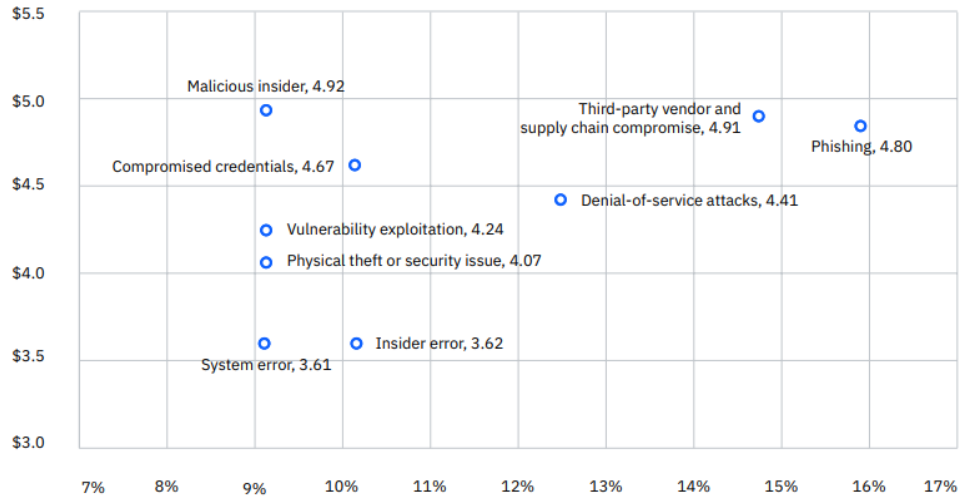


Рисунок 6 – Частота и стоимость ущерба по векторам атак

На рисунке 6 изображена зависимость частоты применения вектора атаки и стоимости.

Таблица 1 – Матрица частоты и стоимости утечек данных среди успешных атак

Вектор атаки	Частота, %	Средние потери от 1 инцидента в 2025 г., USD
Злонамеренные инсайдеры (Malicious Insider)	6% – 9.1%	4.92 млн
Атаки через цепочку поставок и сторонних вендоров, контент провайдеров	15%[2]	4.91 млн
Фишинг (Phishing)	16% — 22%	4.80 млн
Скомпрометированные учетные записи	13%	4.67 млн
Инциденты с теневым ИИ (Shadow AI)	Среди изученных инцидентов 20% организаций заявили, что подверглись таким атакам	от 200 тыс. до 670 тыс.
Эксплуатация уязвимостей ПО, API и публичных приложений	22%	4.24 млн
Отказ в обслуживании (DDoS-атаки)	12.5%	4.41 млн

В таблице 1 указаны частота вектора атаки и средняя стоимость ущерба от утечки данных.

По своей природе утечки данных обходятся дорого. Организации, стремящиеся возместить эти затраты, могут предпочесть переложить их на клиентов. Однако на рынках или в моменты, чувствительные к ценам, эта стратегия может иметь обратный эффект. В отчете этого года, составленном в период, когда инфляция была — и остается — главной проблемой для многих потребителей, организации, по-видимому, реже, чем раньше, перекладывают затраты, связанные с утечками данных, в виде повышения цен.

Среди организаций, которые столкнулись с инцидентом безопасности, связанным с теневым ИИ, 44% пострадали от компрометации данных. Еще 41% сообщили об увеличении затрат на безопасность в результате этих инцидентов. Сбои в работе были более распространены, чем инциденты, связанные с авторизованным ИИ. Эти результаты показывают, что инциденты с теневой ИИ оказывают непропорционально большое влияние на последующие проблемы, связанные с утечками данных, которые выходят за рамки безопасности данных [2].

Для борьбы с указанными угрозами организации и облачные провайдеры применяют комплекс различных технических и организационных механизмов, указанных в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица вектора атак и механизмов борьбы с ними

Вектор атаки	**Механизмы борьбы и защиты**
Внутренние угрозы (Инсайдеры и халатность)	Системы защиты от утечек данных (DLP-системы) с модулями предиктивной аналитики для выявления аномалий.Поведенческий анализ пользователей и сущностей (UEBA/UBA) для выявления нестандартной сетевой активности.Аудит Active Directory и управление привилегированными пользователями (PIM/PAM) с применением ИИ.
Атаки на цепочку поставок	Мониторинг, своевременная инвентаризация и ротация машинных идентификаторов и статических секретов: API-ключей, токенов. Использование сканеров секретов (Secrets Scanner) для поиска ключей в коде и внешних репозиториях. Тщательный аудит сторонних вендоров и ограничение их доступа.
Фишинг и социальная инженерия	Использование SEG и протоколов аутентификации (SPF, DKIM, DMARC). Проверка ссылок и вложений в изолированной среде. Регулярное обучение сотрудников и тренировочные фишинговые рассылки (повышают распознавание угроз до 50%).
Скомпрометированные учетные данные	Переход на фишинго-устойчивую многофакторную аутентификацию (MFA). Внедрение концепции Zero Trust. Системы управления правами доступа к облаку (CIEM).Строгое соблюдение принципа наименьших привилегий.
Ошибки конфигурации (Misconfigurations) и теневые ИТ	Внедрение систем автоматического управления кибербезопасностью облака (CSPM). Сканирование инфраструктуры как кода (IaC) на наличие ошибок до развертывания. Автоматическое обнаружение «слепых зон» и исправление базовых политик доступа.
Угрозы, связанные с искусственным интеллектом (ИИ)	Политики управления ИИ (AI governance) и внутренние оценки рисков (применяют 50% компаний).Adversarial testing (тестирование моделей ИИ на устойчивость к атакам).Контроль и фильтрация промптов, ограничение доступа ИИ-моделей к чувствительным данным.

Вектор атаки	Механизмы борьбы и защиты
Эксплуатация уязвимостей ПО, API и публичных приложений	Встраивание безопасности в процесс разработки — DevSecOps. Системы обнаружения и реагирования на конечных точках (EDR/XDR). Автоматизированный и своевременный патч-менеджмент для закрытия окна эксплуатации уязвимостей. Межсетевые экраны нового поколения NGFW, WAF
DDoS	Алгоритмы машинного и глубокого обучения (ML/DL) для интеллектуального обнаружения аномалий в трафике: Random Forest, CNN, LSTM. Распределенные сети фильтрации трафика и специализированные межсетевые экраны.

В таблице 2 указаны применяемые и эффективные механизмы противодействия для каждого вектора атаки.

Цифровой Кодекс Кыргызской Республики был опубликован 31.07.2026 и вводится Законом Кыргызской Республикик №179 от 31.07.2025г. Цифровой Кодекс представляет собой комплексный нормативный правовой акт, который устанавливает единые правила поведения, взаимодействия и защиты прав в цифровой среде. Документ состоит из Общей и Особенной частей, формирует единую правовую базу для цифровой трансформации, защищая данные граждан и одновременно создавая понятные условия для технологического бизнеса.

Ввод в силу Кодекса демонстрирует переход от чисто технического обеспечения безопасности к правовой ответственности участников облачного рынка, вендоров, поставщиков ПО и владельцев сервисов. Цифровой кодекс КР перекладывает часть рисков на поставщика и одновременно требует от владельца данных более строгого контроля над «цепочкой поставок» (Supply Chain). Особое внимание уделено новым вызовам – контроль над ИИ и накоплению избыточных данных, что минимизирует площадь атаки [5].

Положения Кодекса, регулирующие большинство требований в отношение противодействий основных выявленных угроз и векторов атак:

1. Облачные, хостинг провайдеры (обработчики) обязаны гарантировать непрерывность, доступность и восстановление работы сервиса в случае сбоев. В случае недоступности облачного сервиса провайдер несет ответственность за простой в размере оплаты в двойном размере стоимости услуги за каждый час простоя (за исключением планового технического обслуживания).

2. Владельцы систем обязаны внедрять системы управления рисками, выявлять уязвимости и принимать меры по минимизации негативных последствий. Безопасность и защита данных должны быть интегрированы в архитектуру технологических систем с самого начала этапа проектирования (DevSecOps).

3. Владелец данных ответственность за действия поставщика облачных услуг (обработчика) так же, как и за свои собственные. Обработчик не может передавать обработку данных другому обработчику данных без предварительного письменного согласия субъекта данных. Обработка осуществляется исключительно в соответствии с письменными инструкциями.

4. Кодекс устанавливает строгие стандарты для систем цифровой идентификации и аутентификации. Сервисы цифровой аутентификации должны проходить регулярные проверки кибербезопасности, результаты которых (включая дату следующей проверки) должны публиковаться на веб-сайте поставщика.

5. Поставщик услуг обязан уведомить соответствующий надзорный орган в течение 72 часов с момента обнаружения инцидента, затрагивающего стабильность или права пользователей. Поставщик облачных услуг обязан уведомить владельца записей об инциденте в течение 48 часов с момента их обнаружения.

6. Владелец записей обязан незамедлительно удалять данные, когда они больше не требуются для целей обработки или, когда субъект данных отозвал свое согласие. Если

пользователь прекращает использование услуги, поставщик обязан предоставить возможность удаления цифровых записей данных и обеспечить это удаление. Владелец записей также должен анонимизировать(обезличить) данные неактивных учетные записей пользователей. Обезличенные цифровые записи данных — это записи, из которых удалены все идентификаторы. Анонимизация должна быть проведена таким образом, чтобы для владельца данных была полностью разорвана любая связь между данными и конкретным лицом (субъектом данных).

7. Все системы ИИ проходят оценку рисков. Системы ИИ с высоким уровнем риска должны внедрить систему управления рисками, вести техническую документацию, выдавать декларацию соответствия и обеспечивать эффективный человеческий контроль. Преднамеренное использование ИИ для причинения вреда общественности запрещено.

Заключение. Анализ приводит к следующим выводам:

1. Фишинг и компрометация цепочек поставок будут доминирующими векторами атак в 2026 году, при этом интеллектуальная собственность и персональные данные клиентов останутся наиболее дорогостоящими целями. Сложность обнаружения атак в гибридных средах (среднее время обнаружения: 276 дней) требует перехода от реактивных к проактивным методам.

2. Использование ИИ и автоматизации в системах информационной безопасности стало ключевым фактором выживания бизнеса. Компании, внедрившие такие инструменты, достигают самых низких показателей времени реагирования на инциденты безопасности за последние девять лет и экономят в среднем 1.9 миллиона долларов США (при средней стоимости утечки по миру в размере 5.05 млн. долларов США) на каждом инциденте.

3. Принятие Цифрового кодекса Кыргызской Республики ознаменовало переход от консультативного подхода к строгой юридической ответственности в сфере безопасности. Введение двойной платы за перебои в работе сервисов, обязательные проверки систем аутентификации и ограниченные сроки отчетности об инцидентах безопасности (48/72 часа) создают одну из самых прогрессивных правовых рамок в регионе Кыргызстана.

4. Обязательство анонимизировать данные и контролировать системы ИИ с высоким риском минимизирует поверхность атаки («теневые данные»), что является фундаментальным шагом на пути к защите цифровых прав граждан.

В конечном счете, эффективная безопасность облачных сервисов сегодня возможна только благодаря взаимодействию трех компонентов: передовых технологий (Zero Trust, ИИ), строгого соблюдения методологий (DevSecOps) и полного соответствия Цифровому кодексу Кыргызской Республики.

Список литературы

1. Курс на облачную безопасность в России — 2024 [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://content.kaspersky-labs.com/se/media/ru/business-security/enterprise/cloud-workload-security-research.pdf (дата обращения: 16.03.2026).

2. Cost of a Data Breach Report 2025. The AI Oversight Gap [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.bakerdonelson.com/webfiles/Publications/20250822_Cost-of-a-Data-Breach-Report-2025.pdf (дата обращения: 18.03.2026).

3. Global Incident Response Report 2026 [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://clck.ru/3SyhBU (дата обращения: 23.03.2026).

4. M-Trends 2026 Report [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.gstatic.com/security-marketing/m-trends-2026-en.pdf (дата обращения: 23.03.2026).

5. Цифровой Кодекс Кыргызской Республики [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://cbd.minjust.gov.kg/3-48/edition/35412/ru (дата обращения: 23.03.2026).

УДК 004.43:621.39

М.С. Байгазиев, Р.Т. Орозалиев
И.Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

M.S. Baigaziev, R.T. Orozaliev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
mirbek-1985@kstu.kg, ruskano1991@kstu.kg

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В МЕДИАКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

МЕДИА БАЙЛАНЫШ СИСТЕМАЛАРЫНДА ПРОГРАММАЛЫК КАМСЫЗДООНУ СЫНОО ҮЧҮН ЗАМАНБАП ЫКМАЛАР ЖАНА ТЕХНОЛОГИЯЛАР

MODERN METHODS AND TECHNOLOGIES FOR TESTING SOFTWARE IN MEDIA COMMUNICATION SYSTEMS

Макалада медиа байланыш системаларында программалык камсыздоону тесттөөнүн заманбап ыкмалары жана технологиялары жөнүндө сөз кылат. Мындай тесттөө ыкмаларын колдонуу тиркемени турукташтырып, жүктү жогорулатып, бардык кызыкдар тараптарга жогорку сапаттагы кызмат көрсөтүүнү камсыздайт.

Ачкыч сөздөр: *заманбап тесттөө ыкмалары, даяр тесттөө куралдары, функционалдык тесттөө, регрессиялык тесттөө, автоматташтырылган тесттөө.*

В статье рассмотрены современные методы и технологии тестирования программного обеспечения в медиакоммуникационных системах. Применение подобных методов тестирования стабилизирует приложение, повышает нагрузку и ведет к качественному предоставлению услуг всем заинтересованным лицам.

Ключевые слова: *современные методы тестирования, готовые инструменты тестирования, функциональное тестирование, регрессионное тестирование, автоматизированное тестирование.*

In this article, discusses modern methods and technologies for testing software in media communication systems. The use of such testing methods stabilises the application, increases the load and leads to the high-quality provision of services to all interested parties.

Keywords: *modern testing methods, ready-made testing tools, functional testing, regression testing, automated testing.*

Введение. Медиакоммуникационные системы представляют собой сложные программно-технические комплексы, предназначенные для создания, хранения, обработки и распространения мультимедийного контента. К таким системам относятся стриминговые платформы, новостные сайты, мультимедийные порталы и социальные медиа.

Данная группа технологий предполагает передачу огромного количества информации не только в качестве запросов и ответов, но и в режиме реального времени. Если всю эту информацию помножить на количество пользователей цифры становятся просто невообразимыми.

Цель исследования. Показать, что отсутствие адекватного тестирования современных медиа коммуникационных систем, на примере веб-сайта по предоставлению услуг

полиграфии, может привести к ущербу бизнесу, некорректному распространению информации и к потере деловой репутации.

Материал и методы исследования. На рисунке 1 представлен отчет **Digital 2025 Global Overview** от авторитетной группы исследователей **DataReportal** при поддержке партнеров, включая Kepios, We Are Social и Meltwater [1].

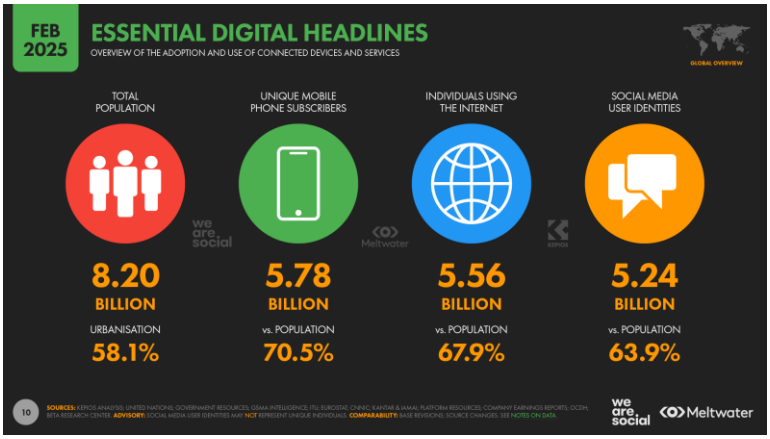


Рисунок 1 – Рейтинг DataReportal по числу пользователей смартфонами, интернет, социальными сетями

На рисунке 1 указанные данные в отчете **DataReportal** говорят о высоком проникновении интернета в повседневную жизнь людей (5,56 миллиардов людей или 67,9% от общего числа людей) и колоссальное число пользователей группы «Социальные медиа» (5,24 миллиарда людей или 63,9% от общего числа людей).

В подобных условиях потребности населения планеты в «социальных медиа», разработка подходящего программного обеспечения становится настоящим вызовом для IT-специалистов, т.к. видео- и аудиофайлы требуют высокой пропускной способности сети и эффективных алгоритмов передачи информации. Немаловажным фактором является доступность сервисов в режиме 24/7, т.к. пользователь ожидает работоспособность сервисов без задержек и технических ошибок. Даже небольшие простои могут негативно сказаться на доверии к продукту, что неизбежно приведет к оттоку аудитории. Немаловажную роль играет кроссплатформенность приложения, т.е. работа одного и того же приложения на ПК, сотовых телефонах, в браузерах. Сложность данных систем накладывает свой отпечаток к процессу тестирования, а именно требуют применения комплексного подхода применения методов и технологий тестирования. Все виды тестирования ПО схематично указаны на рисунке 2.

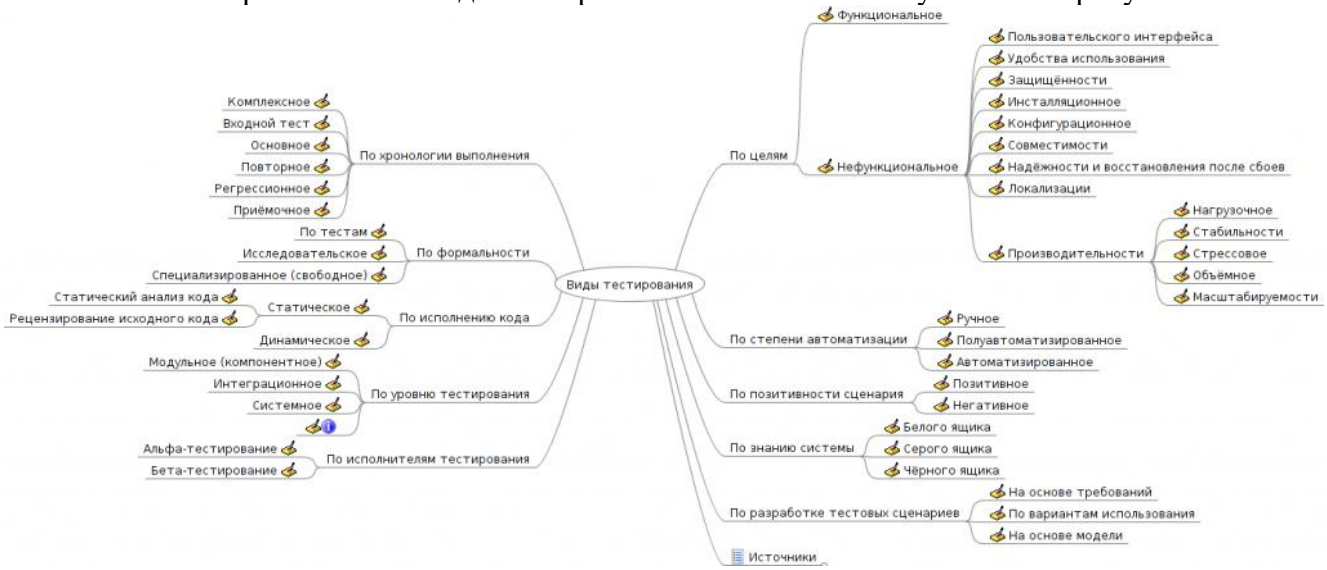


Рисунок 2 - Схематичное деление тестирования ПО на виды

Как видно из рисунка 2, тестирование — это многогранный процесс, требующий высокой квалификации соответствующего специалиста. Следует отличать тестирование по целям, по степени автоматизации, по исполнению кода, по уровням тестирования, т.к. к каждому виду тестирования применяется свой подход и свои методы.

Результаты исследования и их обсуждение. Среднестатистический подбор IT-специалистов для разработки программного обеспечения/приложения с кратким описанием функциональных обязанностей:

1. Product Manager – получает требования заказчика и ведет общее руководство за продуктовой командой;
2. Системный/бизнес аналитик – готовит требования для разработки;
3. Backend разработчики – категория специалистов пишущих логику приложения;
4. UX/UI-дизайн – специалисты готовят макеты и визуалы приложений;
5. Frontend разработчики – соединяют готовую логику приложения и готовые макеты дизайнеров в единый интерфейс;
6. DevOps-инженер – разворачивает инфраструктуру для работы приложения;
7. QA-инженер – тестирует полностью все аспекты приложения, начиная от требований до конечного продукта.

В случае с медиа коммуникационными приложениями/ресурсами перед продуктовой командой стояла бы задача - создать адаптивный, интуитивно понятный и эстетически привлекательный интерфейс, который поможет пользователям быстро находить нужную информацию и получать нужные услуги.

В недостаточно зрелых компаниях, где ведется разработка ПО, зачастую пренебрегают последней группой специалистов, то есть QA-инженерами. В основном это связано с экономией расходов и с недопониманием со стороны руководства компании о важности данной категории специалистов. Данный подход может привести к ущербу бизнесу, некорректному распространению информации и к потере деловой репутации, т.к. высококвалифицированный QA-инженер в своей работе, заточен на снижение вышеуказанных рисков. В достаточно зрелых компаниях данную категорию специалистов выделяют в отдельный департамент и без их согласия изменения не вносятся в продакшн среду.

На плечи QA-инженеров ложится применение следующих методов тестирования:

1. «Shift-left testing», или тестирование на ранней стадии разработки подготовленной документации. Самый распространенный ресурс для хранения документации – Confluence. Суть данного метода тестирования состоит в том, чтобы убедиться, что документация соответствует разрабатываемому продукту, техническому стеку, а также общему стандарту разработки *(ISO/IEC 12207: Базовый международный стандарт процессов жизненного цикла ПО)* [2].

2. Техник тест-дизайна - это комплексный подбор нужных симуляций с целью покрытия всего скоупа требований, указанных в документации. Данный метод помогает заранее прийти к единому подходу с Backend/Frontend разработчиками при разработке логики и внешнего интерфейса приложений, т.к. готовые симуляции помогают разработчикам заранее закладывать нужную логику в кодовой базе, при таких сценариях, как валидация данных, тестирование граничных значений, тестирование состояния и другие [3].

3. Тестирование готовых макетов. Данный метод имеет большую эффективность при тестировании интерфейса приложения, визуала, где неточность быстрее заметит «глаз» QA-инженера. Лучшим пониманием данного метода тестирования является сопоставление данных UX/UI-дизайнера и Frontend разработчика. В основном дизайнеры готовят макеты на ресурсе [4], как это показано на рисунке 3.

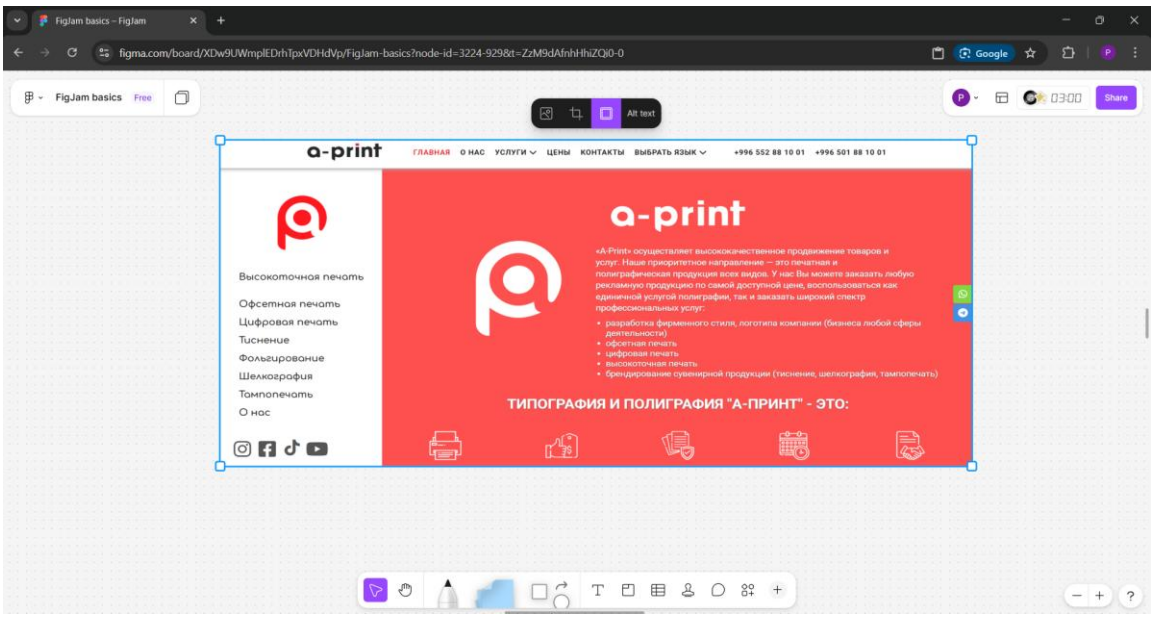


Рисунок 3 – Пример готового шаблона титульной страницы веб-сайта **A-PRINT,** информация готовится UX/UI-дизайнерами

Как показано на рисунке 3 данный ресурс имеет следующие функции: дизайн интерфейсов, векторная графика, автолейауты, компоненты, интерактивное прототипирование, совместное редактирование в реальном времени, режим разработчика (Dev Mode), история версий и поддержка плагинов.

В отличии от макетов результаты работ разработки могут оказаться таковыми, как это указано на рисунке 4.

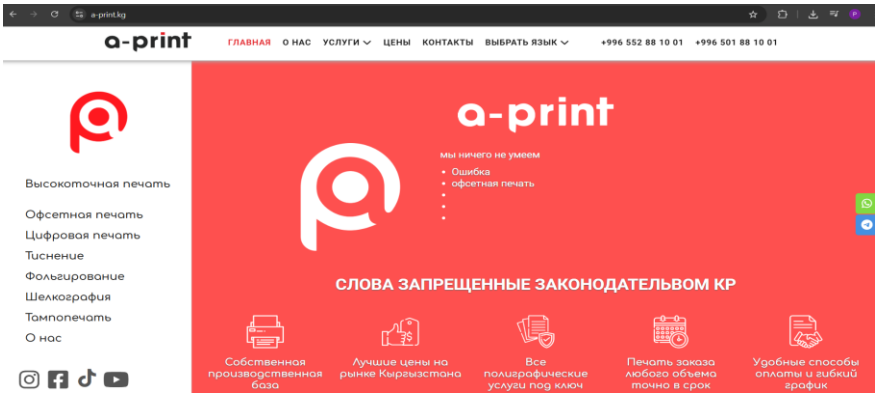


Рисунок 4 – Пример готового интерфейса приложения, но имеющий ряд ошибок и неточностей

Как можно заметить из рисунка 4, сайт A-PRINT содержит множественные ошибки, которые недопустимы для пользователя. Такой веб-сайт естественным образом отпугнет потенциального клиента, что, в свою очередь, приведет к ущербу бизнесу. QA-инженер ответственен за своевременное выявление подобных ошибок.

4. Функциональное тестирование является одним из основных методов проверки программного обеспечения. Его задача заключается в проверке корректности работы интерфейсов, обработке пользовательских запросов и взаимодействии различных компонентов системы. Основные инструменты тестирования Swagger, Postman.

5. Нагрузочное тестирование играет важную роль в медиакоммуникационных системах. Оно позволяет оценить поведение программного обеспечения при высокой нагрузке и определить пределы производительности системы. В процессе тестирования моделируются

различные сценарии использования платформы, включая одновременное подключение большого количества пользователей. Основной инструмент тестирования - JMeter.

6. Автоматизированное тестирование широко применяется в современных проектах разработки программного обеспечения. Использование специализированных инструментов позволяет автоматизировать повторяющиеся проверки, ускорить процесс тестирования и повысить его точность. Автоматизация особенно эффективна при проведении регрессионного тестирования, когда необходимо регулярно проверять корректность работы системы после внесения изменений. Структура такого фреймворка показана на рисунке 5.

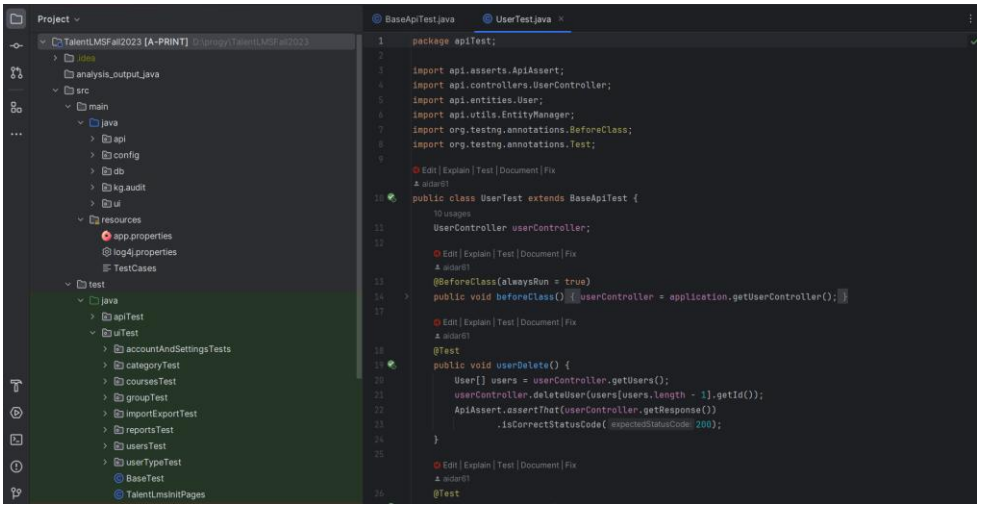


Рисунок 5 – Разработка индивидуального фреймворка для автоматизации задач по тестированию ПО

В автоматизированном тестировании, как это показано на рисунке 5, важно уметь применять готовые или комбинацию готовых инструментов тестирования, таких как: Kafka, Postman, Allure, Wiremock, Dbeaver(oracle, postgre), Gitlab, Jira, Temporal, Kibana, Share point, Test Rail, Gitlab, Jira, ELK, testops, reddis, TestY TMS, Moockon, app.case, Ultron, MixBox, QA NotebookLM, Nginx, Playwright, GitLab, Git, LLM, Docker, Android Studio, Xcode, Charles Proxy и другие. Автоматизация тестирования по сути своей эта разработка нового приложения с применением определенной среды разработки для тестирования основного приложения [4, 5].

Выводы. Современное тестирование в сфере медиакоммуникаций превратилось из простой проверки кнопок в комплексный процесс обеспечения бесперебойного цифрового опыта. В условиях, когда медиасистемы объединяют в себе миллионы пользователей, гигабайты потокового видео и сложные рекомендательные алгоритмы, на первый план выходят методы непрерывной проверки качества. Инженеры используют автоматизацию для имитации поведения реальных зрителей и слушателей, проверяя, как система ведет себя при резких скачках трафика, например, во время громких премьер или прямых эфиров.

Тестирование ПО — это не просто поиск ошибок, а инструмент управления качеством и рисками. Оно гарантирует, что итоговый продукт будет стабильным, безопасным и удобным для пользователя, что, в свою очередь, сохраняет репутацию компании и бюджет проекта.

Список литературы

1. Полный отчет Digital 2025 Global Overview от авторитетной группы исследователей DataReportal [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://datareportal.com/ (дата обращения: 13.03.2026).

2. Куликов, С. Тестирование программного обеспечения. Базовый курс [Текст] / С. Куликов: Издание №3, 2025. - 301 с.

3. Назина, О. Что такое тестирование программного обеспечения [Текст] / О. Назина, 2021. - 592 с.

4. Интерактивный инструмент разработки дизайна, макетов приложений [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.figma.com/ (дата обращения: 12.03.2026).
5. Захаров, В.В. Тестирование программного обеспечения. Основы [Текст] / В.В. Захаров: Издание №2, 2026. - 248 с.

УДК 004.9:37

А.Б. Досматов, С. Кадышев
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A.B. Dosmatov, S. Kadyshov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
isakov.ab@kstu.kg

АНАЛИЗ КИБЕРУГРОЗ И БЕЗОПАСНОСТИ В СЕТЯХ 5G: В КОНТЕКСТЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

5G ТАРМАКТАРЫНДАГЫ КИБЕРКОРКУНУЧТАРДЫ ЖАНА КООПСУЗДУКТУ ТАЛДОО: КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН КОНТЕКСТИНДЕ

ANALYSIS OF CYBER THREATS AND SECURITY IN 5G NETWORKS: IN THE CONTEXT OF THE KYRGYZ REPUBLIC

Бул макалада 5G мобилдик байланыш тармактарынын киберкоопсуздук маселелери талданат. Кыргыз Республикасында 5G технологияларын киргизүүнүн учурдагы абалы, негизги коркунучтар жана алардан коргонуунун жолдору каралáт. Тармактык архитектуранын айрым бөлүктөрүнүн аялуулугу, Zero Trust моделин колдонуу мүмкүнчүлүктөрү жана улуттук коопсуздук стандарттарын өнүктүрүү боюнча сунуштар берилет.

Ачкыч сөздөр: *5G тармактары, киберкоопсуздук, Кыргыз Республикасы, Zero Trust, SDN, NFV, тармактык коркунучтар.*

В данной статье проводится анализ киберугроз и вопросов безопасности в сетях пятого поколения (5G). Рассматривается текущее состояние внедрения технологий 5G в Кыргызской Республике, основные угрозы и меры защиты. Анализируются уязвимости ключевых компонентов сетевой архитектуры, возможности применения модели Zero Trust и даются рекомендации по развитию национальных стандартов безопасности.

Ключевые слова: *сети 5G, кибербезопасность, Кыргызская Республика, Zero Trust, SDN, NFV, сетевые угрозы.*

This article analyzes cyber threats and security issues in fifth-generation (5G) networks. It examines the current state of 5G technology deployment in the Kyrgyz Republic, key threats, and protective measures. Vulnerabilities of key network architecture components are analyzed, the applicability of the Zero Trust model is discussed, and recommendations for developing national security standards are provided.

Keywords: *5G networks, cybersecurity, Kyrgyz Republic, Zero Trust, SDN, NFV, network threats.*

Введение. Сети пятого поколения (5G) обеспечивают скорость передачи данных до 20 Гбит/с, задержку менее 1 мс и поддержку до одного миллиона устройств на квадратный

километр. Эти возможности открывают принципиально новые горизонты для промышленного Интернета вещей (IIoT), автономного транспорта, телемедицины и умных городов. Вместе с тем переход к облачно-нативной архитектуре, программно-определяемым сетям (SDN) и виртуализации сетевых функций (NFV) существенно расширяет поверхность атак и порождает принципиально новые угрозы безопасности.

В контексте Кыргызской Республики внедрение сетей 5G приобретает особое значение: страна реализует Национальную программу цифровой трансформации «Цифровой Кыргызстан 2019–2023» и её продолжение в рамках «Программы развития цифровой экономики до 2030 года». При этом специфические условия — горный рельеф, ограниченная телекоммуникационная инфраструктура в отдалённых районах и зависимость от иностранных поставщиков оборудования — формируют уникальный профиль рисков кибербезопасности.

Настоящая статья систематизирует основные киберугрозы для сетей 5G, анализирует уязвимости ключевых компонентов архитектуры и рассматривает меры защиты применительно к условиям Кыргызской Республики. Исследование основано на анализе стандартов 3GPP TS 33.501, NIST SP 800-187, руководящих документов ENISA и открытых данных об инцидентах за 2022–2025 годы.

Архитектура 5G и поверхность атак. ***Ключевые компоненты архитектуры***

Архитектура 5G построена на сервисно-ориентированной архитектуре (SBA), где каждая сетевая функция (NF) предоставляет и потребляет сервисы через стандартизированный интерфейс на базе HTTP/2 и REST API. Основные компоненты включают: AMF — управление доступом и мобильностью; SMF — управление сессиями; UPF — обработку пользовательского трафика; AUSF/UDM — аутентификацию и управление данными пользователей; NRF — реестр и обнаружение сетевых функций.

Переход к облачно-нативной архитектуре означает исчезновение традиционного аппаратного периметра безопасности. Сетевые функции выполняются на общем оборудовании в виртуальных машинах и контейнерах (Kubernetes), что порождает новые векторы атак на уровне гипервизора и оркестратора.

Таблица 1 - Основные плоскости атак в сетях 5G

Плоскость	Компоненты	Основные угрозы	Уровень риска
Управление (CP)	AMF, SMF, NRF	Спуфинг NF, DoS	Высокий
Данные (UP)	UPF, gNB, RAN	Перехват, MITM	Высокий
Управление сетью	OSS/BSS, K8s	Реконфигурация	Критический
Межоператорский	SEPP, N32	Атаки на роуминг	Средний

Классификация киберугроз

Угрозы на уровне радиодоступа (RAN)

Уровень радиодоступа является наиболее уязвимой точкой с физической точки зрения. Устройства, эмулирующие легитимные базовые станции (IMSI-catchers нового поколения), способны перехватывать идентификаторы абонентов. Новый идентификатор SUCI в стандарте 5G шифрует SUPI, однако атаки деградации (downgrade) позволяют принудить устройство вернуться к протоколам 4G/3G. Открытые интерфейсы O-RAN Alliance увеличивают гибкость, но расширяют векторы атак через xApps.

Угрозы ядра сети (5GC)

Ядро сети 5G реализовано на базе облачно-нативных технологий. Поскольку сетевые функции взаимодействуют по HTTP/2 и OpenAPI, недостаточная авторизация NF-to-NF позволяет скомпрометированной функции отправлять произвольные запросы другим функциям ядра. Недостаточная изоляция слайсов (cross-slice attacks) может затронуть одновременно корпоративный и критически важный инфраструктурный слайс.

Таблица 2 - Сравнительный анализ безопасности поколений мобильной связи

Параметр	4G LTE	5G NSA	5G SA
Шифрование IMSI	Нет	Частичное	SUCI (полное)
Взаимная аутент.	Частичная	Улучшенная	5G AKA'
Защита UP	Опционально	Опционально	Обязательно
Изоляция слайсов	N/A	Ограниченная	Стандартная

Угрозы цепочки поставок

Использование компонентов от ненадёжных производителей создаёт риск наличия аппаратных или программных закладок (backdoors). Данные угрозы задокументированы NCSC и CISA. Не менее критично использование программных компонентов с известными уязвимостями (CVE) в контейнеризированных сетевых функциях.

Особенности кибербезопасности 5G в Кыргызской Республике

Текущее состояние развёртывания 5G

По состоянию на 2025 год в Кыргызской Республике ведётся подготовка к коммерческому развёртыванию сетей 5G. Государственное агентство связи КР совместно с операторами ОАО «Кыргызтелеком», ООО «Мегаком» и ЗАО «Альфа Телеком» (MegaCom) проводит тестирование технологий 5G в диапазонах 3,5 ГГц и 26 ГГц. Пилотные зоны охватывают Бишкек, Ош и технопарк «Ак-Жол». Согласно «Программе развития цифровой экономики Кыргызской Республики до 2030 года», массовое коммерческое внедрение 5G планируется в 2026–2028 годах.

Специфические факторы риска

Кыргызская Республика обладает рядом особенностей, формирующих уникальный профиль рисков кибербезопасности в контексте внедрения 5G:

- географические особенности: горный рельеф требует более плотной сети базовых станций в долинах при слабом покрытии в отдалённых районах, что создаёт зоны потенциального подавления сигнала;
- зависимость от иностранных поставщиков: основное телекоммуникационное оборудование поставляется китайскими (Huawei, ZTE) и европейскими (Ericsson, Nokia) производителями, что актуализирует угрозы цепочки поставок;
- ограниченная нормативная база: национальное законодательство в области кибербезопасности находится на стадии формирования — Закон КР «О кибербезопасности» был принят в 2023 году;
- дефицит кадров: нехватка квалифицированных специалистов в области информационной безопасности сетей 5G создаёт организационные риски.

Нормативно-правовая база в сфере кибербезопасности

Правовую основу обеспечения кибербезопасности в КР составляют: Закон КР «Об электронных коммуникациях» (2018), Закон КР «О кибербезопасности» (2023), Постановление Правительства КР «О государственной системе обнаружения и предупреждения компьютерных атак» (2021). Координацию в данной сфере осуществляет Государственный комитет информационных технологий и связи (ГКИТС) совместно с Государственным комитетом национальной безопасности (ГКНБ).

Таблица 3 - Оценка готовности КР к кибербезопасности 5G

Направление	Текущий статус	Рекомендации
Нормативная база	Базовый уровень	Принятие стандартов 3GPP/ETSI
Технические средства	В разработке	Создание CERT для 5G

Кадровый потенциал	Дефицит кадров	Подготовка в КГТУ
Оборудование	Импортозависимость	Диверсификация поставщиков
Международное сотруд.	СНГ, ШОС	Присоединение к EU Toolbox

Методы защиты и контрмеры

Архитектура Zero Trust для 5G

Концепция Zero Trust («никогда не доверяй, всегда проверяй») особенно актуальна для 5G ввиду динамичности сетевых функций и многотенантности среды. Ключевые принципы реализации включают: микросегментацию сетевых функций с применением сервисных сетей (Service Mesh, Istio); взаимную TLS-аутентификацию (mTLS) между всеми NF на интерфейсах SBI; непрерывную верификацию и минимальные привилегии для каждого запроса; использование токенов доступа OAuth 2.0 с ограниченным временем жизни для авторизации NF.

Защита слоя RAN и рекомендации для КР

На уровне радиодоступа обязательным требованием стандарта 3GPP является активация шифрования и защиты целостности (алгоритмы NEA2/NIA2 на основе AES, NEA3/NIA3 на основе ZUC) для обеих плоскостей. Для Кыргызской Республики рекомендуется:

- создание национального центра реагирования на киберинциденты в сетях 5G (5G-CERT) на базе ГКИТС;
- обязательная сертификация оборудования для сетей 5G в соответствии с требованиями СОРМ и национальными стандартами КР;
- разработка реестра доверенных поставщиков телекоммуникационного оборудования с механизмом оценки рисков цепочки поставок;
- интеграция в международные программы обмена информацией об угрозах (CTI) в рамках СНГ и ШОС.

Заключение. В данной статье проведён комплексный анализ киберугроз в сетях 5G с учётом специфики Кыргызской Республики. Основные результаты:

1. переход к облачно-нативной архитектуре 5G расширяет поверхность атак за счёт новых векторов, характерных для облачных сред;
2. угрозы цепочки поставок особенно критичны для КР ввиду высокой зависимости от иностранных производителей оборудования;
3. для Кыргызской Республики необходима разработка специализированной нормативной базы, учитывающей требования стандартов 3GPP и рекомендации ENISA;
4. создание национального 5G-CERT и реестра доверенных поставщиков являются приоритетными организационными мерами;
5. применение принципов Zero Trust и микросегментации существенно снижает риски горизонтального перемещения атакующих в инфраструктуре 5GC.

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются разработка методов обнаружения атак на основе ИИ для анализа сигнального трафика SBA применительно к условиям КР, квантово-устойчивые алгоритмы аутентификации для будущих стандартов 5G-Advanced, а также формирование механизмов международного сотрудничества в области кибербезопасности 5G в рамках Евразийского экономического союза.

Список литературы

1. 3GPP TS 33.501 V18.2.0 (2024). Security architecture and procedures for 5G System. 3rd Generation Partnership Project;

2. ENISA (2023). ENISA Threat Landscape for 5G Networks. European Union Agency for Cybersecurity;

3. NIST SP 800-187 (2017). Guide to LTE Security. National Institute of Standards and Technology;

4. Khan R., et al. (2023). Security and Privacy in 5G Networks. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 25(2);
5. Закон Кыргызской Республики «О кибербезопасности». — Бишкек, 2023;
6. Государственная программа развития цифровой экономики Кыргызской Республики до 2030 года. — Бишкек, 2022;
7. Ahmad I., et al. (2024). Overview of 5G Security Challenges and Solutions. IEEE Communications Standards Magazine, 8(1);
8. CISA (2024). 5G Security Evaluation Process Investigation. Cybersecurity and Infrastructure Security Agency;
a. Liyanage M., et al. (2023). A Comprehensive Guide to 5G Security. Wiley-IEEE Press;

УДК 004.056.5

Б. А. Маматалиева, Н.Т. Усупов, А. А.Абдулаев
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

N. T. Usupov, B. A. Mamtalieva, A. A. Abdulaev
Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic
bak.010176@mail.ru, nurjigitusupov1891@gmail.com, a_abdulaev@kstu.kg

БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕБ ПРИЛОЖЕНИЙ И БАЗЫ ДАННЫХ

ВЕБ-ТИРКЕМЕЛЕРДИН ЖАНА МААЛЫМАТ БАЗАЛАРЫНЫН КООПСУЗДУГУ

WEB APPLICATION AND DATABASE SECURITY

Макалада веб-тиркемелерге жана маалымат базаларына багытталган кибератакалардын негизги түрлөрү каралат: SQL-инъекция, эндпоинттерге каршы брутфорс чабуулдары жана ransomware программалары. Ар бир чабуулдун техникалык механизми, реалдуу мисалдар жана коргоо ыкмалары талкууланат.

Ачкыч сөздөр: *SQL-инъекция; брутфорс; ransomware; веб-коопсуздук; маалымат базасын коргоо; кибератакалар; эндпоинт.*

В статье рассматриваются основные виды кибератак, направленных на веб-приложения и базы данных: SQL-инъекция, брутфорс-атаки на эндпоинты и программы-вымогатели (ransomware). Анализируется технический механизм каждого вида атаки, приводятся реальные примеры и рассматриваются методы защиты.

Ключевые слова: *SQL-инъекция; брутфорс; ransomware; веб-безопасность; защита базы данных; кибератаки; эндпоинт.*

The article examines the main types of cyberattacks targeting web applications and databases: SQL injection, brute force attacks on endpoints, and ransomware programs. The technical mechanism of each type of attack is analyzed, real examples are provided, and protection methods are discussed.

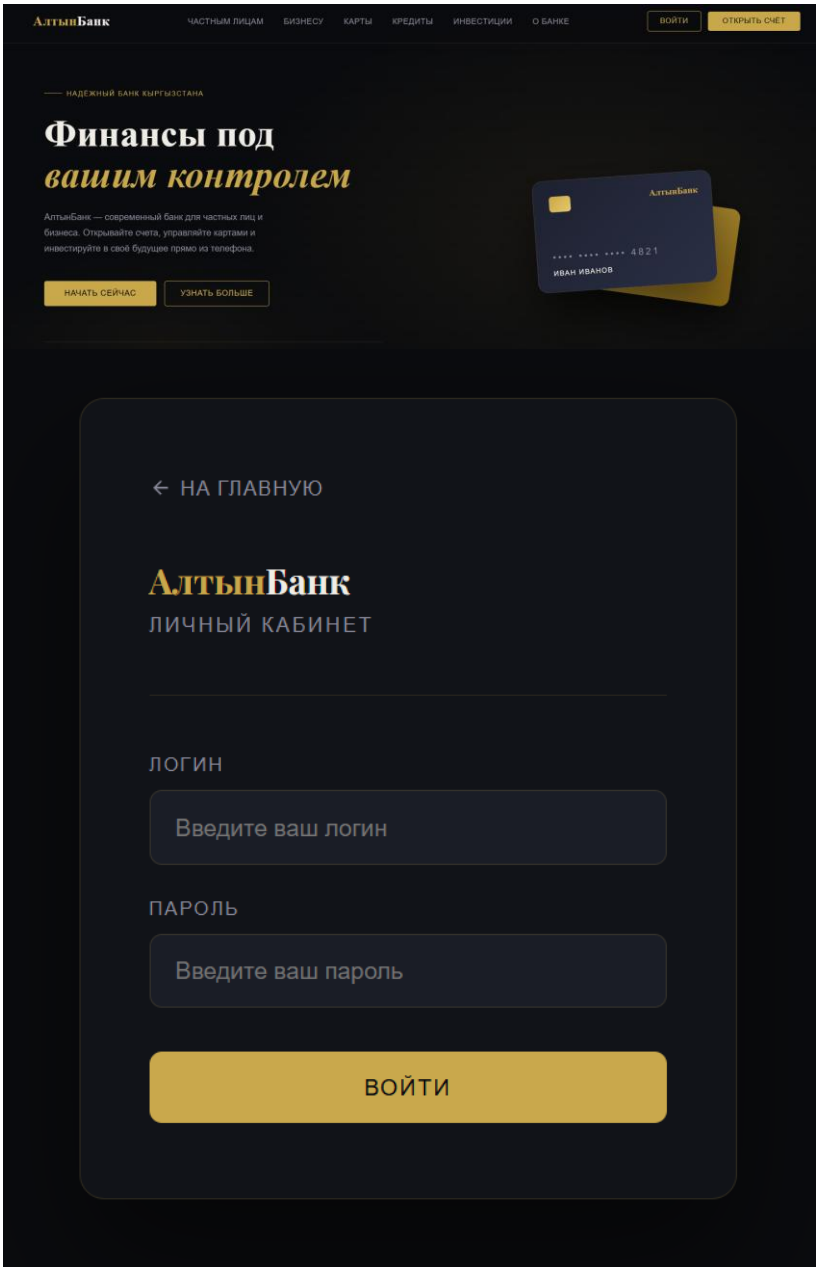
Key words: *SQL injection; brute force; ransomware; web security; database protection; cyberattacks; endpoint.*

Введение. В современном мире большинство информационных систем функционирует через веб-интерфейсы и взаимодействует с реляционными базами данных. Это делает их привлекательными целями для злоумышленников, использующих широкий спектр

технических методов: от инъекции вредоносного кода в запросы к базе данных до систематического перебора паролей и шифрования критически важных данных с последующим вымогательством. Понимание механизмов работы этих атак является необходимым условием построения эффективной системы защиты.

Проблема защиты веб-приложений приобретает особую актуальность в условиях стремительной цифровизации: по данным исследований, около 80% интернет-сайтов содержат уязвимости, позволяющие получить несанкционированный доступ к пользовательским данным [1]. Настоящая статья посвящена детальному анализу трёх наиболее распространённых и опасных видов атак: SQL-инъекции, брутфорса эндпоинтов и программ-вымогателей.

Цель исследования. Целью данной работы является систематизация знаний об основных видах атак на веб-приложения и базы данных, анализ их технических механизмов и формирование практических рекомендаций по защите информационных систем. Актуальность темы обусловлена ростом числа кибератак и недостаточной осведомлённостью разработчиков о методах защиты на уровне кода и архитектуры системы.



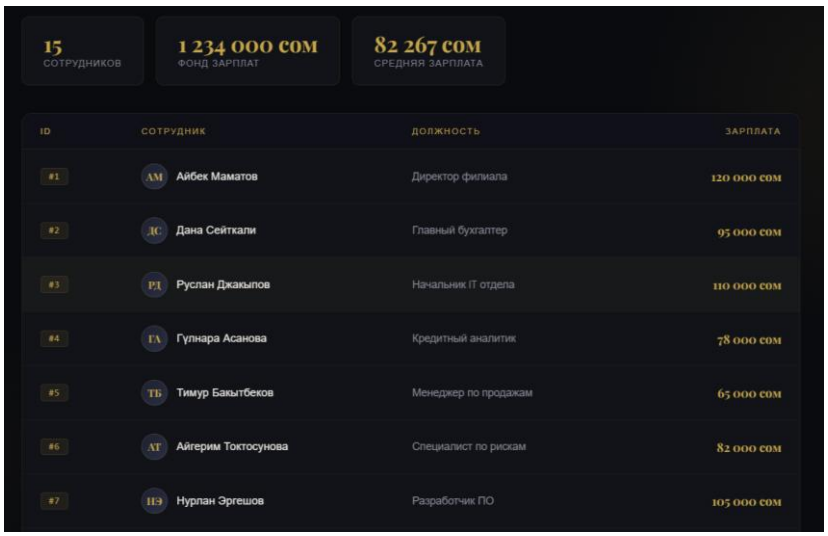


Рисунок 1- Материалы из моего проекта (Снимки экрана)

SQL-инъекция: механизм и последствия. SQL-инъекция (SQL Injection) является одной из наиболее распространённых и опасных уязвимостей веб-приложений. Атака основана на внедрении произвольного SQL-кода в запросы к базе данных через поля пользовательского ввода. Проект OWASP (Open Web Application Security Project) на протяжении многих лет включает SQL-инъекцию в список наиболее критических уязвимостей веб-приложений [2].

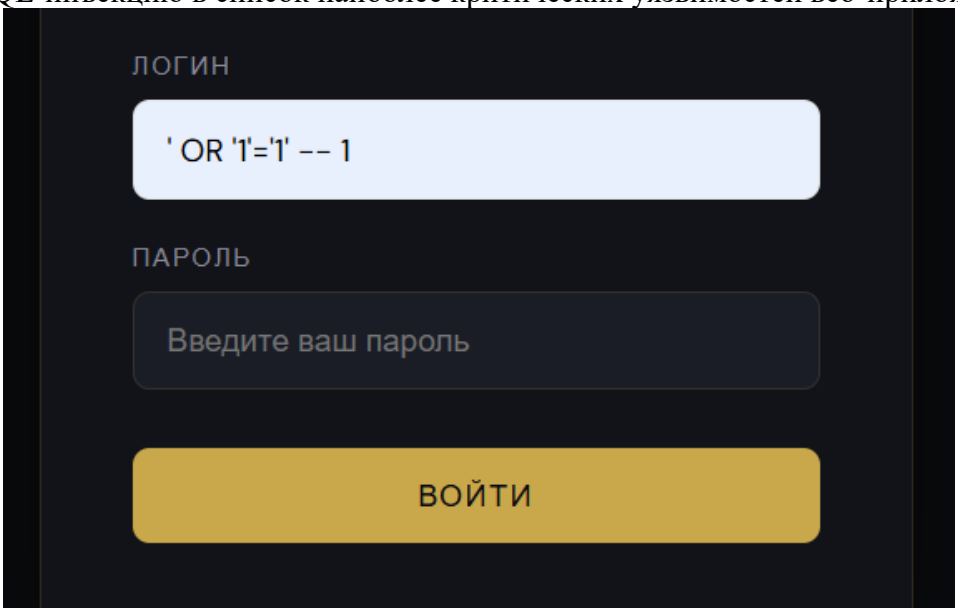


Рисунок 2 - Механизм атаки

При стандартной аутентификации веб-приложение формирует SQL-запрос, подставляя введённые пользователем данные непосредственно в строку запроса. Типичный запрос на проверку учётных данных выглядит следующим образом:
SELECT * FROM users WHERE username = '[ввод]' AND password = '[ввод]'
Злоумышленник вводит в поле имени пользователя строку: ' OR '1'='1' -- . В результате формируется следующий SQL-запрос:
SELECT * FROM users WHERE username = '' OR '1'='1' -- ' AND password = '...'
Разбор вредоносной строки покомпонентно позволяет понять механизм обхода аутентификации. Символ одиночной кавычки закрывает строковый литерал в SQL-запросе, конструкция OR '1'='1' всегда принимает значение TRUE независимо от введённых данных, а последовательность символов -- является комментарием в SQL и отменяет всё последующее условие, включая проверку пароля. В результате выполнения данного запроса система

возвращает первую запись таблицы пользователей — как правило, учётную запись администратора — и предоставляет злоумышленнику полный доступ к системе.

Последствия атаки. Успешная SQL-инъекция может привести к следующим последствиям:

- несанкционированный доступ к конфиденциальным данным пользователей;
- извлечение, изменение или удаление данных из базы данных;
- получение привилегий администратора информационной системы;
- в ряде случаев — выполнение произвольных команд на сервере базы данных.

Методы защиты. Основным методом защиты от SQL-инъекций является использование параметризованных запросов (prepared statements), при которых пользовательский ввод не интерпретируется как часть SQL-кода. Дополнительными мерами являются: валидация и санитизация входных данных, применение принципа минимальных привилегий для учётных записей базы данных, а также использование ORM-фреймворков, обеспечивающих безопасное взаимодействие с базой данных.

Брутфорс эндпоинтов: перебор скрытых маршрутов. Брутфорс-атака на эндпоинты (Endpoint Brute Force) представляет собой метод обнаружения скрытых страниц, API-маршрутов и административных интерфейсов веб-приложения путём систематического перебора URL-адресов из заранее подготовленного словаря. Данный вид атаки относится к категории разведки и часто предшествует более серьёзным атакам на обнаруженные уязвимые ресурсы [3].

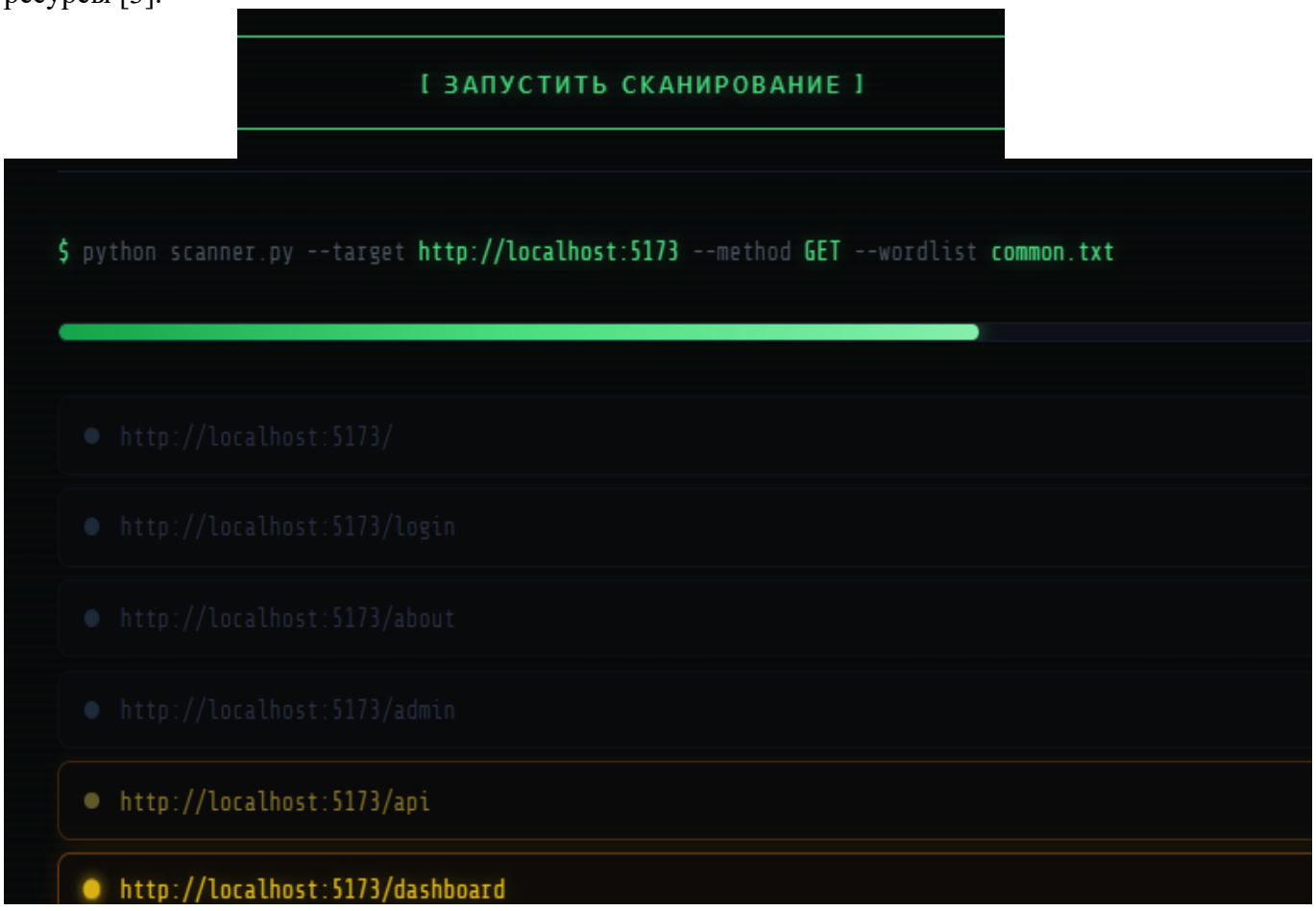


Рисунок 3 - Механизм атаки

Злоумышленник использует специализированные инструменты (DirBuster, Gobuster, ffuf) для автоматической отправки HTTP-запросов к множеству потенциальных URL-адресов. Инструмент анализирует коды ответа сервера: код 200 означает существующую страницу, 403 — существующий, но защищённый ресурс, 404 — отсутствующую страницу. Обнаружив

ресурс с кодом 200 или 403, атакующий получает информацию о структуре приложения и может перейти к целенаправленной эксплуатации найденных уязвимостей.
Типичный сценарий атаки выглядит следующим образом: злоумышленник обнаруживает, что путь /users возвращает код 200 и предоставляет доступ к базе данных пользователей без надлежащей аутентификации. В сочетании с SQL-инъекцией или обходом аутентификации это открывает возможность для масштабной утечки данных.

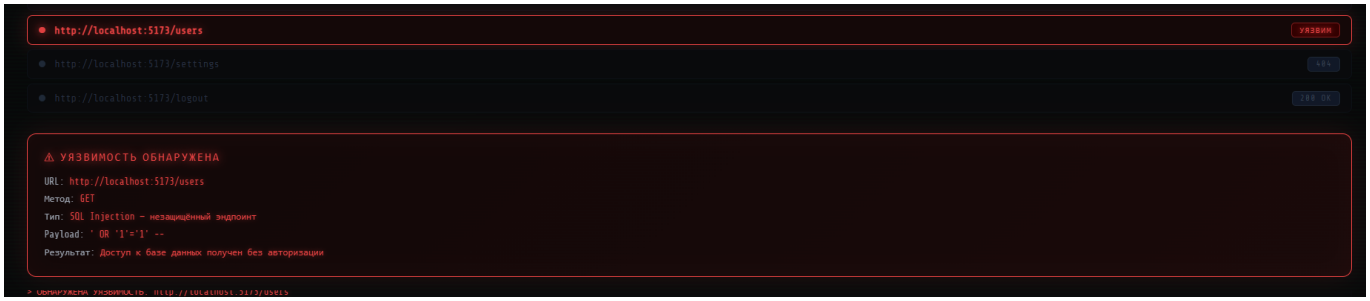


Рисунок 4 - Методы защиты

Для защиты от брутфорса эндпоинтов необходимо реализовать обязательную аутентификацию для всех чувствительных маршрутов, настроить ограничение частоты запросов (rate limiting), использовать нестандартные имена административных путей, а также внедрить системы обнаружения аномальной активности (IDS/WAF). Важно также регулярно проводить аудит доступности эндпоинтов приложения.

Программы-вымогатели (Ransomware). Ransomware — это вредоносное программное обеспечение, которое шифрует данные жертвы и требует выкуп за предоставление ключа расшифровки. По данным аналитических компаний, ущерб от атак программ-вымогателей в мировом масштабе ежегодно исчисляется миллиардами долларов. Среди наиболее известных атак — WannaCry (2017), Colonial Pipeline (2021) и атака на компанию Maersk (2017) [4].

Механизм атаки. Атака ransomware реализуется в несколько последовательных этапов:

- Проникновение. Вредоносное ПО попадает в систему через фишинговые письма, уязвимости в программном обеспечении или скомпрометированные учётные данные для удалённого доступа (RDP).
- Распространение. После проникновения вредоносная программа тихо распространяется по корпоративной сети, заражая рабочие станции, серверы и резервные копии данных.
- Шифрование. В назначенный момент программа шифрует все доступные файлы с использованием стойких алгоритмов (AES-256 для данных, RSA-2048 для ключа шифрования). Без ключа расшифровка практически невозможна.
- Вымогательство. Жертве отображается сообщение с требованием выкупа в криптовалюте (Bitcoin, Monero) с ограниченным сроком для оплаты.
- Передача ключа. После получения выкупа крупные группировки, как правило, предоставляют ключ расшифровки, поскольку это поддерживает их «деловую репутацию».

Однако статистика показывает, что около 35% заплативших не получают данные обратно.

Реальные примеры атак. Атака WannaCry в 2017 году поразила более 200 000 компьютеров в 150 странах, парализовав работу больниц, телекоммуникационных компаний и государственных учреждений. Атака на Colonial Pipeline в 2021 году вынудила компанию выплатить выкуп в размере 4,4 миллиона долларов и привела к дефициту топлива на восточном побережье США. Атака на Maersk обошлась судоходной компании в 300 миллионов долларов убытков и потребовала переустановки 45 000 компьютеров.

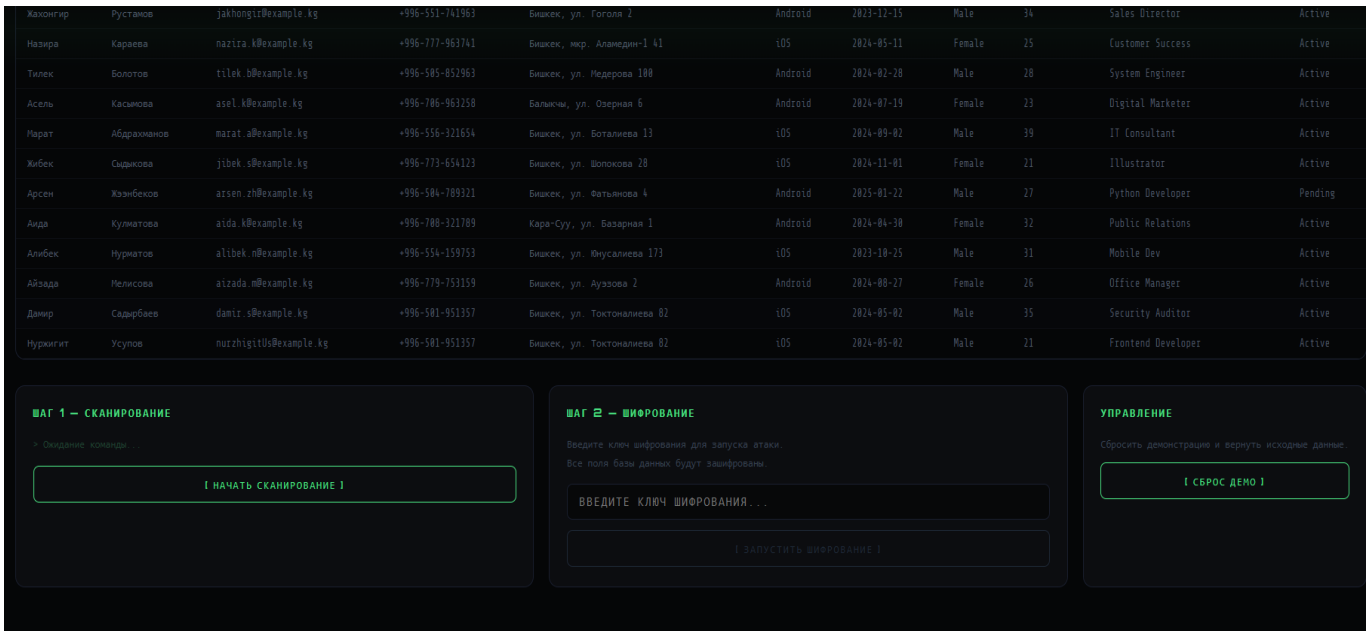


Рисунок 5 - После сканирование базы, нужно ввести ключ для шифрования

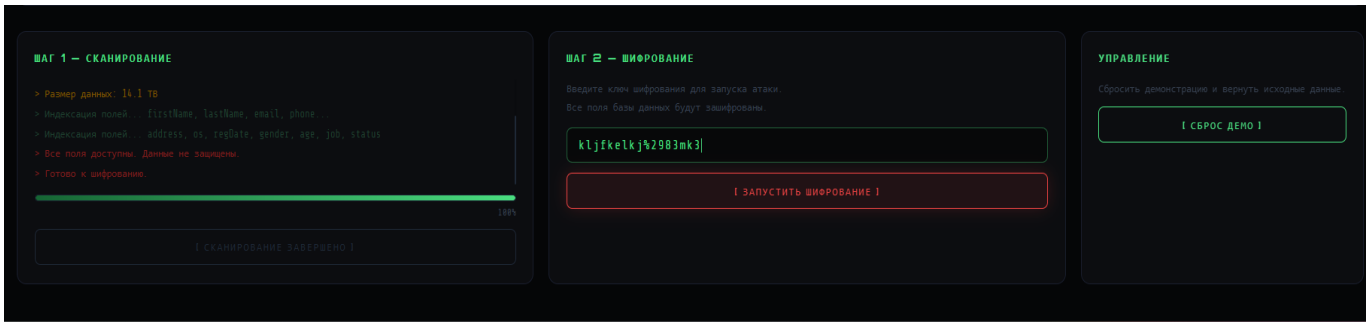


Рисунок 6 - Добавил визуальные эффекты шифрование базы

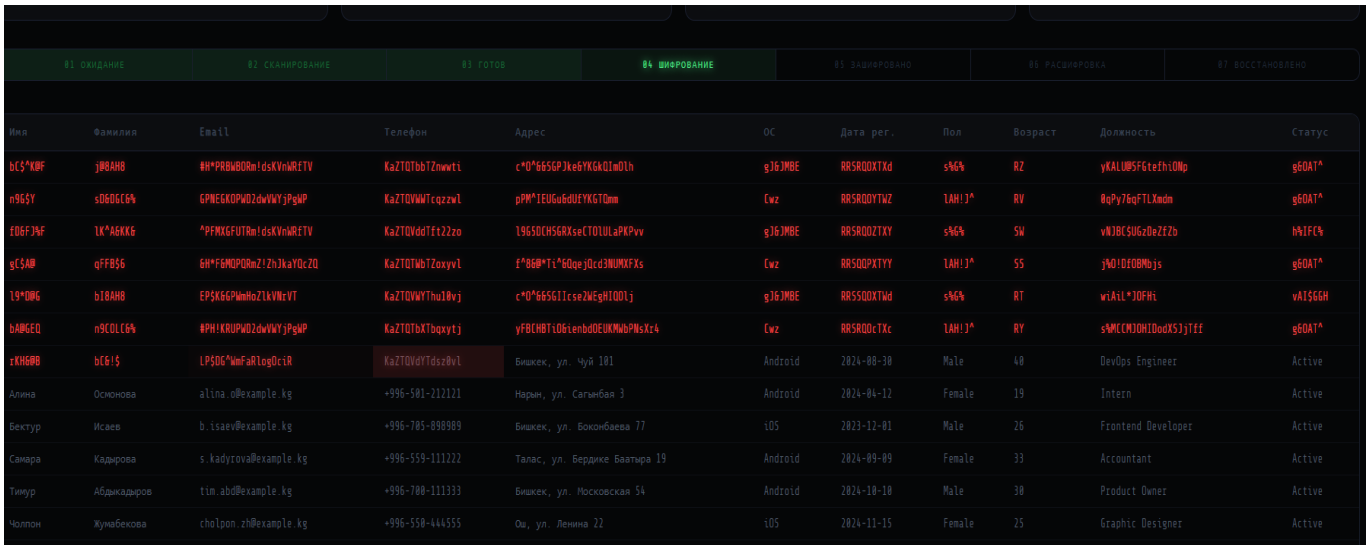
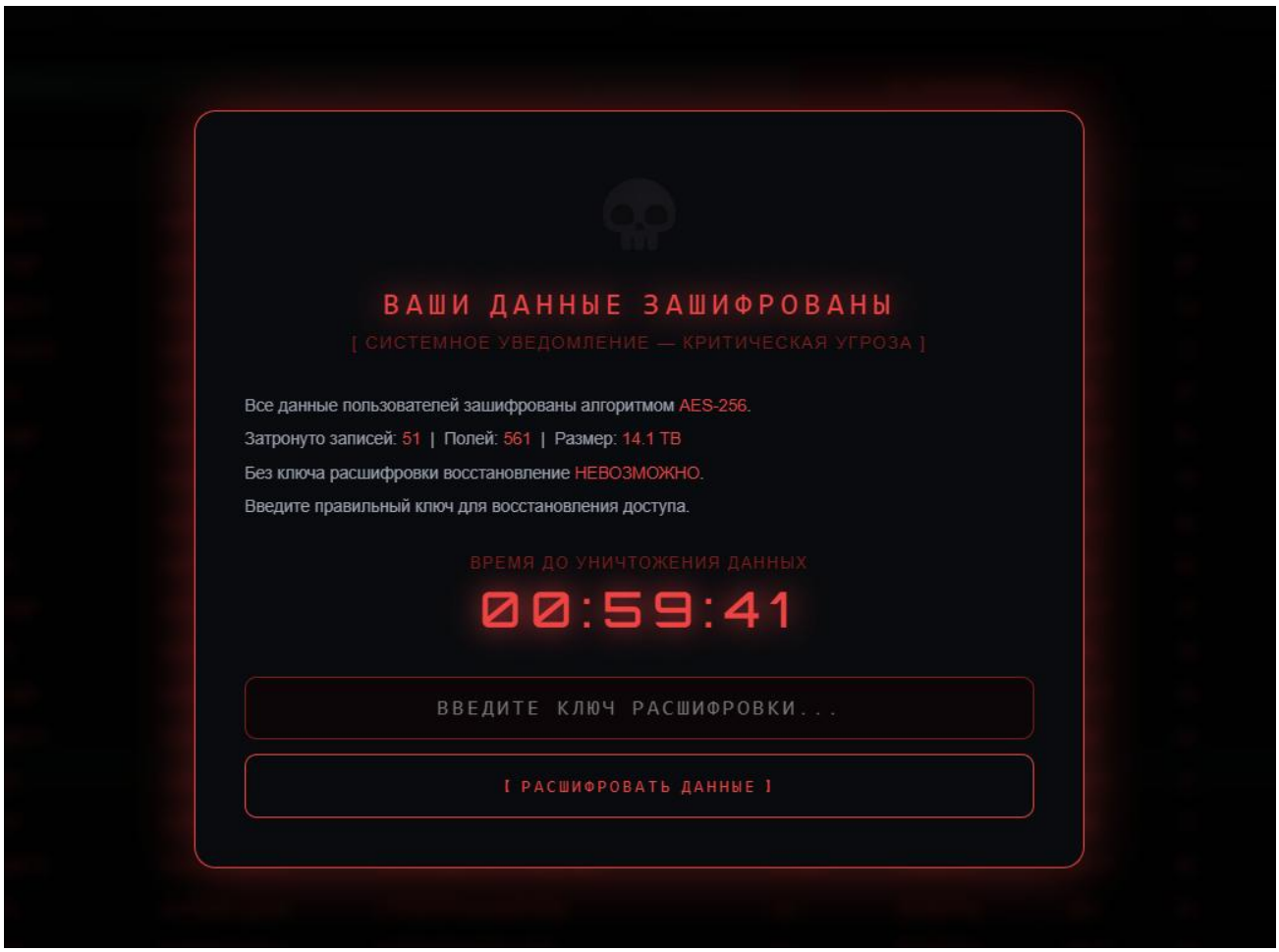


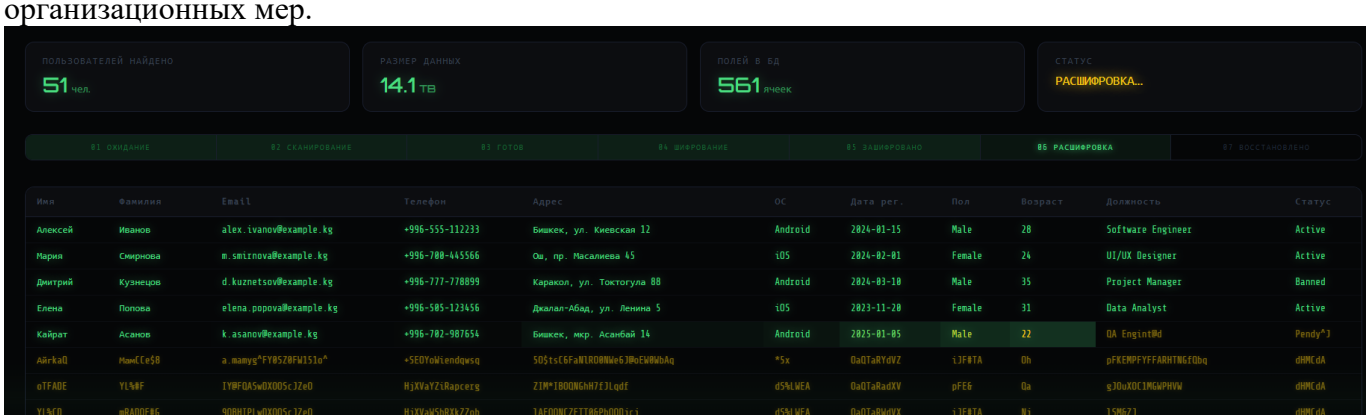
Рисунок 7 - Методы защиты

Ключевым элементом защиты от программ-вымогателей является регулярное резервное копирование данных по правилу 3-2-1: три копии данных на двух различных носителях, одна из которых хранится в офлайн-режиме и недоступна для вредоносного ПО. Дополнительными мерами являются своевременное обновление программного обеспечения, сегментация сети, многофакторная аутентификация и обучение сотрудников распознаванию фишинговых атак.



Ритсунок 8 - Программа вымогатель «вымогает» купить ключ чтобы расшифровать базу

Сравнительный анализ рассмотренных атак. Рассмотренные виды атак различаются по целям, механизмам реализации и последствиям. SQL-инъекция направлена непосредственно на базу данных и позволяет получить несанкционированный доступ к информации. Брутфорс эндпоинтов является разведывательной атакой, направленной на выявление уязвимых ресурсов приложения. Ransomware представляет собой атаку на доступность данных и направлена на получение финансовой выгоды путём вымогательства.
Все три вида атак объединяет то, что они используют недостатки в проектировании и реализации информационных систем, а также недостаточное внимание к вопросам безопасности на этапе разработки. Комплексная защита требует применения технических мер на всех уровнях: от написания безопасного кода до архитектурных решений и организационных мер.



Заключение. В данной работе рассмотрены три ключевых вида атак на веб-приложения и базы данных: SQL-инъекция, брутфорс эндпоинтов и программы-вымогатели.

Анализ показывает, что большинство успешных атак эксплуатируют известные уязвимости, защита от которых хорошо изучена и доступна для реализации.
Обеспечение безопасности веб-приложений требует комплексного подхода, сочетающего: применение безопасных практик программирования (параметризованные запросы, валидация входных данных), правильную настройку инфраструктуры (ограничение доступа, rate limiting), регулярное резервное копирование и восстановление данных, а также повышение осведомлённости пользователей и разработчиков об актуальных угрозах.
Дальнейшие исследования в данной области должны быть направлены на изучение методов автоматизированного обнаружения уязвимостей с применением технологий искусственного интеллекта, а также на разработку стандартов безопасной разработки веб-приложений.

Список литературы

1. OWASP Top Ten Project. Open Web Application Security Project [Электронный ресурс]. — URL: https://owasp.org/www-project-top-ten/ (дата обращения: 15.03.2025).
2. Clarke J. SQL Injection Attacks and Defense. — 2nd ed. — Syngress, 2012. — 577 p.
3. Stuttard D., Pinto M. The Web Application Hacker's Handbook. — 2nd ed. — Wiley, 2011. — 912 p.
4. Mansfield-Devine S. Ransomware: taking businesses hostage // Network Security. — 2016. — Vol. 10. — P. 8–17.
5. NIST Cybersecurity Framework. National Institute of Standards and Technology [Электронный ресурс]. — URL: https://www.nist.gov/cyberframework (дата обращения: 15.03.2025).
6. Поспелов Г.С. Искусственный интеллект — основа новой информационной технологии. — М.: Наука, 1988. — 280 с.
7. Лукацкий А.В. Обнаружение атак. — СПб.: БХВ-Петербург, 2001. — 624 с.

УДК 004.4

А.К. Муканбаева, А.А.Валеева
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A. K. Mukanbaeva, A. A.Valeeva
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
mukanbaevaaelita@gmail.com,valey4ic@gmail.com

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ОБНОВЛЕНИЯ СПИСКОВ ИЗБИРАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЕДИНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕЕСТРА НАСЕЛЕНИЯ

КАЛКТЫН БИРДИКТҮҮ МАМЛЕКЕТТИК РЕЕСТРИ МААЛЫМАТТАРЫНЫН НЕГИЗИНДЕ ШАЙЛООЧУЛАРДЫН ТИЗМЕЛЕРИН ТҮЗҮҮ ЖАНА ЖАҢЫРТУУ БОЮНЧА МААЛЫМАТТЫК СИСТЕМАНЫ ИШТЕП ЧЫГУУ

DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM FOR THE FORMATION AND UPDATING VOTER LISTS BASED ON UNIFIED STATE POPULATION REGISTER DATA

Бул макалада Бирдиктүү мамлекеттик калктын реестринин (КБМР) маалыматтарынын негизинде шайлоочулардын тизмелерин түзүү жана жаңыртуу боюнча

маалыматтык системаны иштеп чыгуу каралган. Учурдагы шайлоочулардын маалыматтарын иштетүү процесстерине талдоо жүргүзүлүп, кол менен иштетүүгө байланышкан негизги көйгөйлөр аныкталды. Шайлоо кампанияларын башкаруу, маалыматтарды аналитикалык иштетүү жана шайлоочулардын тизмелерин түзүү модулдарын камтыган система архитектурасы сунушталды. КБМР маалыматтарын колдонуу шайлоочулар тууралуу маалыматтардын актуалдуулугун жана тактыгын камсыз кылууга мүмкүндүк берет. Системаны киргизүү маалыматтарды иштетүү убактысын кыскартууга жана шайлоочулардын тизмелерин даярдоо процессинин натыйжалуулугун жогорулатууга шарт түзөт.

Ачкыч сөздөр: *маалыматтык система, шайлоочулардын тизмеси, КБМР, шайлоо кампаниясы, автоматташтыруу, аналитика.*

В статье рассматривается разработка информационной системы формирования и обновления списков избирателей на основе данных Единого государственного реестра населения (ЕГРН). Проведен анализ существующих процессов обработки данных избирателей и выявлены проблемы, связанные с ручной обработкой данных и отсутствием централизованной аналитики. Предложена архитектура информационной системы, включающая модули управления избирательными кампаниями, аналитической обработки данных и формирования списков избирателей. Использование данных ЕГРН позволяет обеспечить актуальность и достоверность сведений об избирателях. Реализация системы позволит повысить точность данных, сократить время обработки информации и повысить эффективность подготовки списков избирателей.

Ключевые слова: *информационная система, списки избирателей, ЕГРН, избирательные кампании, аналитика данных, автоматизация.*

This article presents the development of an information system for the formation and updating of voter lists based on data from the Unified State Population Register (USPR). The existing processes of voter data processing were analyzed, and key issues related to manual data handling and lack of centralized analytics were identified. A system architecture including modules for election campaign management, data analytics, and voter list generation was proposed. The use of USPR data ensures the accuracy and relevance of voter information. The implementation of the proposed system will improve data accuracy, reduce processing time, and increase the efficiency of voter list preparation.

Key words: *information system, voter lists, Unified State Population Register, election campaigns, data analytics, automation.*

Введение. В современных условиях цифровизации государственных процессов автоматизация обработки данных играет ключевую роль в обеспечении достоверности и актуальности информации. Особенно это актуально в сфере формирования и обновления списков избирателей, где обрабатываются большие объемы персональных данных граждан, поступающих из государственных информационных систем. Ручная обработка данных приводит к ошибкам, задержкам обновления информации и снижению эффективности подготовки избирательных списков.

Формирование списков избирателей на основе данных Единого государственного реестра населения (ЕГРН) требует использования специализированных информационных систем, обеспечивающих автоматическую обработку изменений и хранение истории данных. Отсутствие централизованной системы усложняет анализ изменений и контроль актуальности сведений.

Информационная система формирования и обновления списков избирателей представляет собой программный комплекс, обеспечивающий автоматизацию процессов обработки данных, анализ изменений и формирование официальных списков избирателей. Она позволяет централизованно управлять данными, ускорять обработку информации и снижать вероятность ошибок.

В рамках данного проекта разработана система, которая предоставляет пользователям инструменты для управления избирательными кампаниями, обработки данных избирателей и формирования списков. Основная цель проекта — создание надежного и удобного

инструмента, обеспечивающего своевременное обновление данных и повышение качества подготовки списков избирателей.

Внедрение данной системы повышает прозрачность процессов, снижает нагрузку на сотрудников и ускоряет обработку информации. Автоматизация формирования списков избирателей является важным шагом к повышению эффективности государственного управления и обеспечению прозрачности избирательных процессов.

Цель и задачи работы. Целью разработки информационной системы формирования и обновления списков избирателей является повышение эффективности обработки данных граждан за счет автоматизации процессов формирования, обновления и анализа списков избирателей на основе данных Единого государственного реестра населения.

При разработке системы учитываются следующие требования:

- удобный и интуитивно понятный интерфейс, позволяющий пользователям быстро ориентироваться в системе и получать необходимую информацию;
- возможность получения и обработки данных из Единого государственного реестра населения;
- автоматическое обновление данных списков избирателей при поступлении новых сведений;
- контроль изменений данных с возможностью хранения истории обновлений;
- формирование списков избирателей различных типов;
- формирование отчетности для анализа изменений данных;
- обеспечение надежности и безопасности хранения информации;
- обеспечение разграничения доступа пользователей.

Разрабатываемая система станет инструментом, способствующим повышению точности данных и сокращению времени подготовки списков избирателей.

Предлагаемое решение. Модель бизнес-процесса формирования и обновления списков избирателей представлена на рисунке ниже:

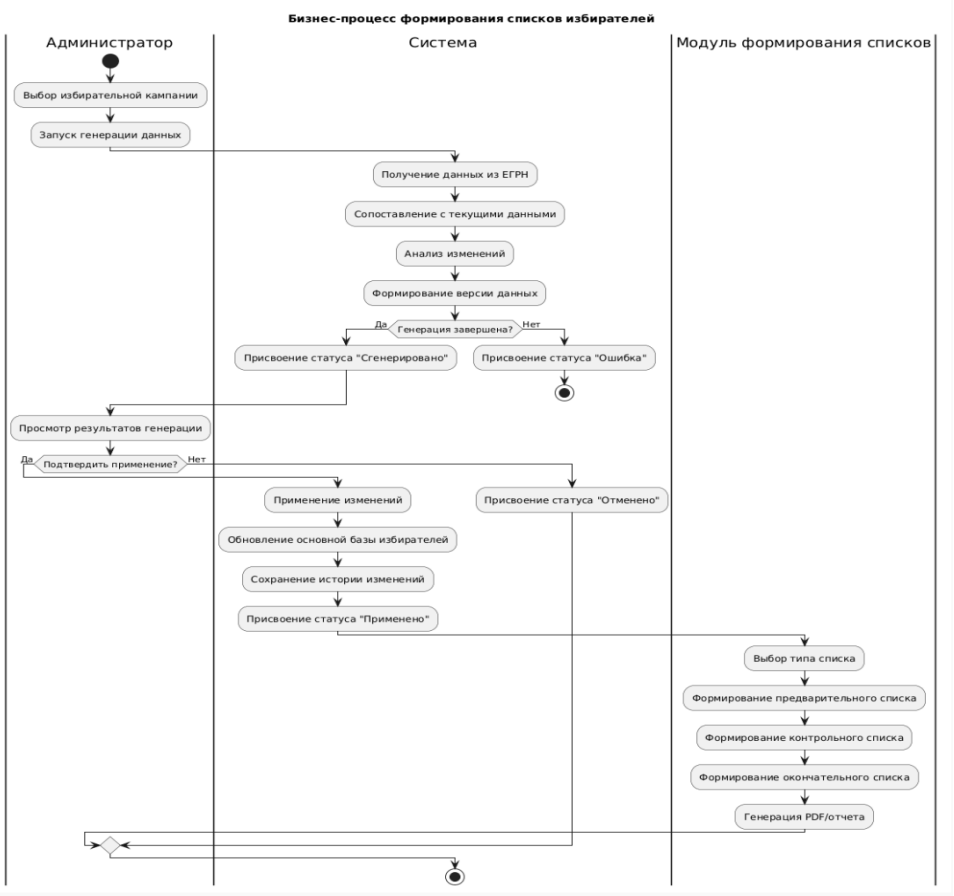


Рисунок 1 - Модель бизнес-процесса формирования списков избирателей

Весь процесс формирования списков избирателей включает несколько этапов обработки данных, начиная с получения информации из Единого государственного реестра населения и заканчивая формированием итоговых списков.

Получение данных из ЕГРН. Процесс начинается с получения данных о гражданах из Единого государственного реестра населения. Система автоматически запрашивает сведения о гражданах, включая персональные данные и адресную регистрацию. Полученные данные сохраняются в базе данных системы для дальнейшей обработки.

Результат процесса — получение актуальных данных о гражданах для формирования списков избирателей.

Обработка изменений данных. После получения данных выполняется анализ изменений. Система сравнивает текущие данные с ранее сохраненными версиями и определяет изменения.

Основные типы изменений:

- добавление новых граждан;
- исключение граждан;
- изменение адресных данных;
- изменение персональных сведений.

Результатом процесса является формирование перечня изменений, которые будут применены к спискам избирателей.

Формирование списков избирателей. На основе обработанных данных выполняется формирование списков избирателей.

Система формирует следующие типы списков:

- предварительные списки;
- контрольные списки;
- окончательные списки.

Результатом процесса является создание актуальных списков избирателей, подготовленных к использованию.

Формирование отчетности. Система позволяет формировать отчеты по изменениям данных и итоговым спискам.

Пользователь может выбрать формат отчета (например, PDF или Excel), после чего система автоматически формирует документ.

Результатом процесса является получение отчетных документов для анализа данных.

На основе анализа существующих процессов формирования списков избирателей можно выделить следующие функции, которые автоматизируются в разрабатываемой системе:

1. Автоматическое получение данных из ЕГРН.
2. Анализ изменений данных граждан.
3. Формирование списков избирателей различных типов.
4. Хранение истории изменений данных.
5. Фильтрация и поиск данных по различным параметрам.
6. Формирование отчетов по изменениям данных.
7. Управление доступом пользователей.
8. Просмотр сведений о гражданах.
9. Контроль корректности данных.

Архитектура системы. Для автоматизации процессов предлагается система с клиент-серверной архитектурой:

- **Клиентская часть:** веб-интерфейс пользователя, обеспечивающий взаимодействие с системой.
- **Серверная часть:** программная логика обработки данных и выполнения операций.
- **База данных:** PostgreSQL для хранения данных и истории изменений.
- **Интеграционные сервисы:** API-интерфейсы для взаимодействия с ЕГРН.

Использование клиент-серверной архитектуры обеспечивает надежность

работы системы и возможность масштабирования.

На основе выявленных функционалов системы построена концептуальная модель взаимодействия пользователей и системы.

Рисунок 2 - Концептуальная модель системы

Пользователи системы выполняют операции по обработке данных избирателей, формированию списков и анализу изменений данных.

Интерфейс системы. На рисунках 3–6 представлены основные страницы интерфейса разработанной системы.

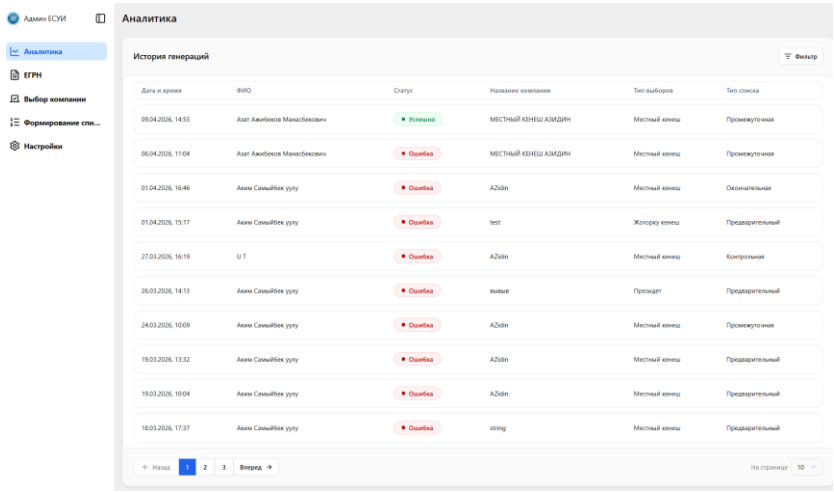


Рисунок 3 - Главная страница аналитики

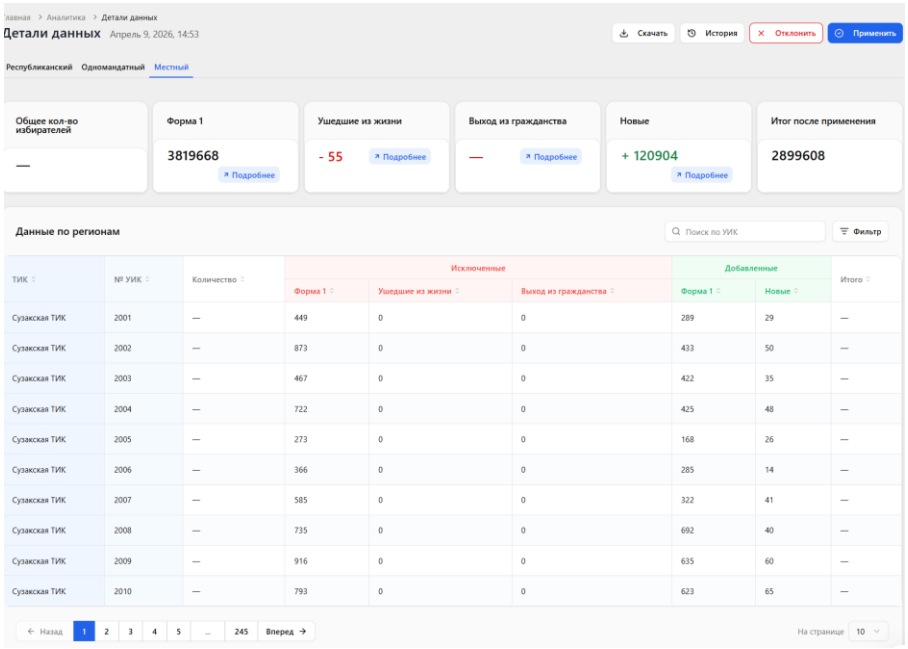


Рисунок 4 - Просмотр деталей аналитики

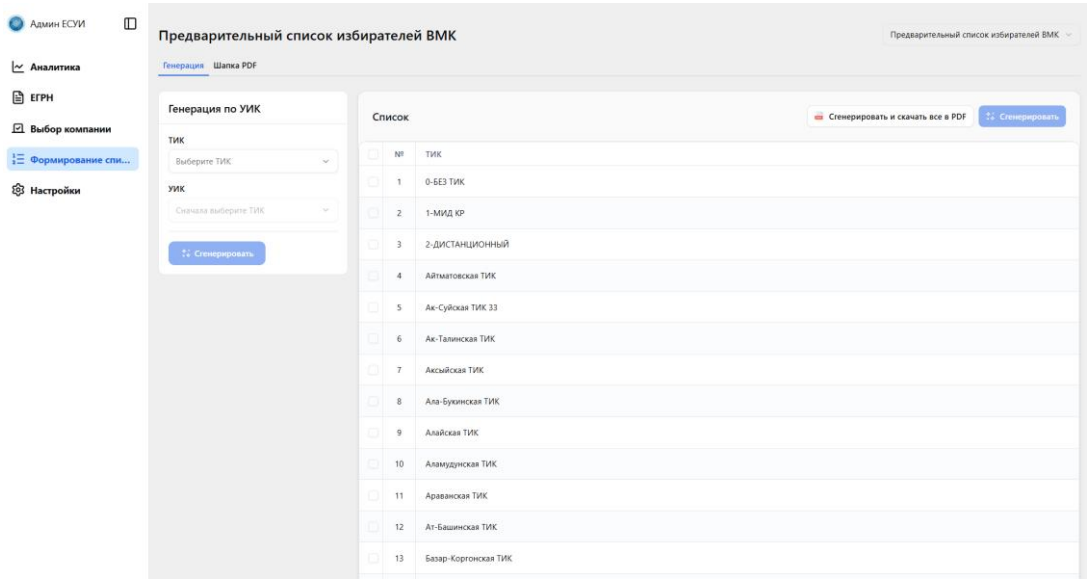


Рисунок 5 - Формирование списков избирателей

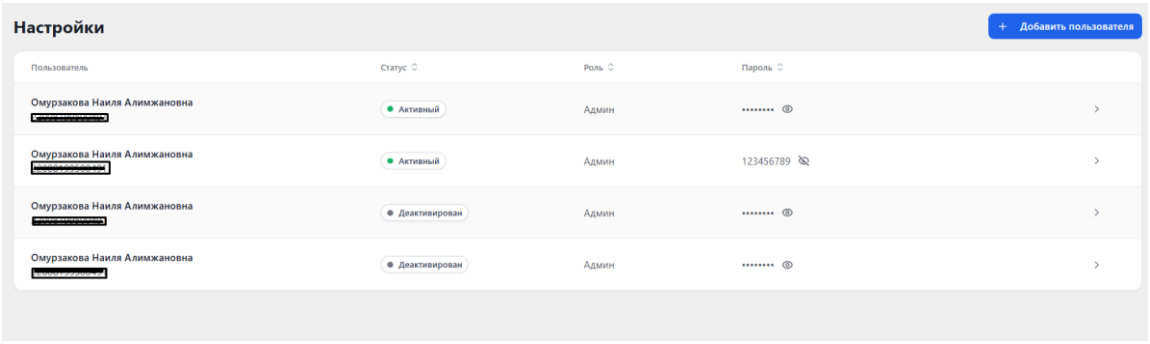


Рисунок 6 - Управление пользователями

Интерфейс системы разработан с учетом удобства использования и быстрого доступа к необходимым функциям.

Заключение. В данной статье представлен процесс разработки информационной системы формирования и обновления списков избирателей на основе данных Единого

государственного реестра населения. Разрабатываемая система направлена на автоматизацию обработки данных граждан и повышение эффективности формирования списков избирателей.

Использование клиент-серверной архитектуры и современных технологий обеспечивает гибкость и масштабируемость системы. В ходе разработки были проанализированы существующие процессы формирования списков, выявлены основные проблемы и предложены пути их решения через автоматизацию.

Внедрение разработанной системы позволит сократить временные затраты на обработку данных, повысить точность формирования списков и обеспечить надежное хранение информации. Это создаст условия для повышения прозрачности и эффективности процессов подготовки избирательных кампаний.

Особое значение имеет использование данных Единого государственного реестра населения, обеспечивающее актуальность и достоверность сведений об избирателях.

Список литературы

1. Вигерс К., Битти Д. Разработка требований к программному обеспечению. — М., 2014.

2. Соммервилл И. Инженерия программного обеспечения. — М., 2002.

3. Конституционный Закон Кыргызской Республики «О выборах Президента Кыргызской Республики и депутатов Жогорку Кенеша Кыргызской Республики».

УДК 621.396.6:551.43

А.Т. Токонов, В.О. Таштанбаева
И.Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

A.T. Tokonov, V.O. Tashtanbaeva
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
tashtanbaeva@kstu.kg

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ БАЗОВОЙ СТАНЦИИ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

ТООЛУУ ШАРТТАРДА БАЗАЛЫК СТАНЦИЯНЫН КООПСУЗДУГУН КАМСЫЗ КЫЛУУ ЫКМАЛАРЫН ТАЛДОО

ANALYSIS OF SAFETY METHODS FOR BASE STATION IN MOUNTAIN ENVIRONMENTS

Макала ар кандай географиялык шарттарда уюлдук байланыштын базалык станцияларын долбоорлоо этабында комплекстүү коопсуздукту камсыз кылуунун оптималдуу ыкмаларын системалык талдоого жана тандоого арналган. Иштин актуалдуулугу бийик тоолуу аймактын өзгөчөлүгү менен шартталган, анда стандарттуу инженердик чечимдер сейсмикалык активдүүлүктүн жана экстремалдык климаттык күч келүүлөрдүн айынан жетиштүү натыйжалуу болбой жатат. Авторлор жерге туташтыруунун, сейсмикалык коргоонун адаптациялык системаларын жана эмгекти коргоонун адистештирилген протоколдорун колдонуу зарылдыгын негиздешкен. Техногендик тобокелдиктерди азайтуу боюнча сунуштар берилди жана санитардык-коргоо зоналарынын болжолдуу мааниси берилди.

Ачкыч сөздөр: *базалык станция, бийик тоо, өнөр жай коопсуздугу, сейсмикалык туруктуулук, долбоорлоо, технологиялык процесс.*

Статья посвящена системному анализу и выбору оптимальных методов обеспечения комплексной безопасности на этапе проектирования базовых станций сотовой связи в различных географических условиях. Актуальность работы обусловлена спецификой высокогорья, где стандартные инженерные решения оказываются недостаточно эффективными из-за сейсмической активности и экстремальных климатических нагрузок. Авторами обоснована необходимость применения адаптивных систем заземления, сейсмозащиты и специализированных протоколов охраны труда. Предложены рекомендации по минимизации техногенных рисков и представлены расчетные значения санитарно-защитных зон.

Ключевые слова: *базовая станция, высокогорье, промышленная безопасность, сейсмостойкость, проектирование, технологический процесс.*

The article is devoted to the system analysis and selection of optimal methods for ensuring integrated security at the design stage of cellular base stations in various geographical conditions. The relevance of the work is due to the specifics of the highlands, where standard engineering solutions are not effective enough due to seismic activity and extreme climatic loads. The authors substantiate the need to use adaptive grounding systems, seismic protection and specialized occupational safety protocols. Recommendations for minimizing man-made risks are proposed and calculated values of sanitary protection zones are presented.

Key words: *base station, highlands, industrial safety, earthquake resistance, design, technological process.*

Введение. В условиях стремительного развития цифровой экономики и расширения зон покрытия сетей сотовой связи, проектирование базовых станций (БС) становится приоритетной инженерной задачей, требующей интеграции передовых технологий и строгих мер безопасности. Технологический процесс проектирования современных объектов связи представляет собой сложную многоуровневую структуру, где обеспечение безопасности является не только нормативным требованием, но и необходимым условием устойчивого функционирования инфокоммуникационной инфраструктуры.

Особую актуальность данный вопрос приобретает при размещении оборудования в условиях сложного рельефа и высокогорья, где на первый план выходят риски, связанные с сейсмической активностью, экстремальными климатическими нагрузками и спецификой распространения электромагнитных волн. Традиционные методы проектирования зачастую требуют адаптации под динамические характеристики среды, что обуславливает необходимость глубокого анализа существующих подходов к защите персонала и оборудования.

Современное состояние проектирования антенно-мачтовых сооружений базируется на работах Мавлянова А.С. в области сейсмостойкого строительства и исследованиях Абдыкалыкова А.А. по специфике АМС в высокогорье. Однако вопросы комплексного обеспечения безопасности технологического процесса в условиях скальных грунтов с высоким удельным сопротивлением остаются недостаточно проработанными

Анализ методов обеспечения безопасности на этапе проектирования позволяет минимизировать потенциальные техногенные угрозы, такие как воздействие электромагнитного излучения на население, риски поражения электрическим током и аварийные ситуации, вызванные природными факторами.

Основное различие при проектировании базовых станций заключается в том, что на равнинах боремся с антропогенными факторами и влажностью, а в высокогорье – с экстремальными условиями среды. Например: несущие конструкции, за счет осадочного и мягкого грунта в равнинах можно использовать свайный тип фундамента выдерживающая

ветровую нагрузку до 30 м/с, когда как в высокогорье скальная порода и в большинстве случаев мерзлота необходим анкерное крепление непосредственно в скалу с учетом экстремальной ветровой нагрузкой более 50 м/с. Также в горах главной угрозой безопасности связи является обледенение, которое может привести к обрушению мачты из-за колоссального веса льда. В горах базовая станция фактически является идеальным молниеотводом. Требуется создание сложного контура заземления в условиях плохой проводимости скального грунта с использованием электролитических заземлителей. И самое основное является трудность обслуживания при эксплуатации базовой станции и аварийных ситуациях. Поэтому для обеспечения безопасности необходимо рассматривать комплексный подход к безопасности технологического процесса, включающий в себя как расчетные аналитические методы, так и использование современных ГИС-технологий для мониторинга и оценки состояния проектных решений в реальных условиях эксплуатации.

Материал и методы исследования. Объектом исследования выступают типовые проекты базовых станций. Методологическую базу исследования составили нормативно-технические документы в области проектирования систем связи, промышленной безопасности и охраны труда, действующие на территории Кыргызской Республики и стран СНГ. В качестве объектов анализа рассматривались типовые проекты базовых станций, размещаемых в горной местности на высотах от 1500 до 3500 метров над уровнем моря.

Для достижения поставленной цели в работе применен комплексный методологический подход, включающий следующие методы:

1. Инженерно-технические методы защиты конструкций основан на использовании расчетных схем для определения частот колебаний антенных опор при импульсных ветровых нагрузках, которые в горах на 15–20% выше из-за турбулентности в ущельях, применении опор на оттяжках с демпфирующими устройствами для снижения амплитуды колебаний и предотвращения усталостного разрушения металла и использовании виброизолирующих оснований и платформ, которые позволяют развязать колебания грунта и оборудования при толчках интенсивностью до 9 баллов.
2. Методы электробезопасности и молниезащиты основаны на замене стандартных электродов на электролитические модули и заполнение траншей электропроводящими составами. Это критически важно в скальных грунтах с высоким удельным сопротивлением (ρ>2000 Ом·м), где обычные методы неэффективны. Также обязательное использование устройств защиты от импульсных перенапряжений для защиты микропроцессорной техники от вторичных проявлений молний.
3. Методы оценки электромагнитной и природной безопасности основаны на расчете плотности потока энергии с учетом дифракции и многолучевого распространения радиоволн, возникающих из-за отражений от горных склонов. А также применении геоинформационных систем на предпроектном этапе для оценки лавинной и оползневой опасности при выборе площадки строительства.
4. Методы обеспечения безопасности труда персонала основан на внедрении стационарных анкерных линий на мачтовых сооружениях, что является наиболее эффективным методом предотвращения падений, особенно в условиях обледенения конструкций.

Результаты исследования. В ходе комплексного анализа методов обеспечения безопасности технологического процесса проектирования базовых станций в высокогорных районах были получены следующие результаты:

1. Оптимизация систем молниезащиты и заземления. Установлено, что традиционные методы заземления неэффективны в скальных грунтах из-за высокого удельного сопротивления почв (ρ>2000 Ом·м). Предложено использование электролитического заземления и заполнение траншей электропроводящими составами, что позволило снизить сопротивление растеканию тока до нормативных 10 Ом даже в условиях вечной мерзлоты. Это критически важно для защиты дорогостоящего активного оборудования от вторичных проявлений молнии.

2. Расчет устойчивости антенно-мачтовых сооружений (АМС). При проектировании в горных условиях решающим фактором безопасности является ветровая нагрузка с учетом коэффициента пульсации. На высотах более 2500 м расчетное давление ветра увеличивается на 15–20% из-за турбулентности потоков в ущельях. Представлены результаты моделирования, доказывающие необходимость использования опор на оттяжках с демпфирующими устройствами, которые снижают амплитуду колебаний верхушки мачты, предотвращая усталостное разрушение металла.

3. Электромагнитная безопасность в условиях рельефа. Анализ зон ограничения застройки показал, что сложный рельеф создает эффект «радиотени» и, напротив, зоны концентрации переотраженного сигнала. В таблице 1 представлены параметры безопасности БС в различных условиях размещения.

4. Сейсмическая устойчивость. Проектирование технологического процесса должно включать расчет на сейсмическое воздействие интенсивностью 9 баллов. В данной ситуации возможен использование виброизолирующих оснований для контейнеров с оборудованием, что минимизирует риск обрыва кабельных трасс и опрокидывания аккумуляторных стоек при подземных толчках.

Таблица 1 – Параметры безопасности БС в различных условиях размещения.

Условия размещения	Уровень сейсмичности (баллы)	Макс. ветровая нагрузка	Метод обеспечения электробезопасности
Равнинная местность	6–7	45	Стандартный контур (вертикальные электроды)
Высокогорье (скала)	9	85	Электролитическое заземление + УЗИП 1 класса
Склоны с уклоном >30°	8	70	Анкерное крепление в скальный массив

5. Охрана труда и доступность. Внедрение в проект стационарных систем канатного доступа (анкерных линий) на мачтах БС в горных условиях признано наиболее эффективным методом предотвращения падения с высоты при обледенении конструкций. Установлено, что наличие технологических площадок с подогревом радиомодулей снижает время пребывания персонала в опасной зоне на 30%.

Обсуждение полученных результатов подтверждает, что игнорирование горного коэффициента при проектировании ведет к повышению вероятности аварийных выходов из строя на 12–15% в год. Интеграция предложенных методов позволяет создать отказоустойчивую систему, соответствующую международным стандартам безопасности связи в экстремальных условиях.

Заключение. Проведенный анализ методов обеспечения безопасности технологического процесса при проектировании базовых станций в специфических условиях высокогорья позволяет сделать следующие выводы:

1. Установлено, что ключевым фактором надежности оборудования в условиях скальных грунтов является переход от стандартных схем заземления к электролитическим и комбинированным системам, что снижает риск отказа радиоэлектронных средств на 25–30%.

2. Разработанный комплекс мер по повышению сейсмостойкости и ветроустойчивости мачтовых сооружений обеспечивает стабильность связи в экстремальных климатических зонах с сейсмичностью до 9 баллов.

3. Внедрение проектных решений по установке стационарных систем страховки и обогреваемых технологических площадок существенно повышает уровень охраны труда персонала при проведении высотных регламентных работ в зимний период.

4. Интеграция цифровых моделей рельефа на предпроектном этапе позволяет исключить размещение объектов в лавиноопасных зонах, обеспечивая экологическую и промышленную безопасность инфраструктуры.

Перспективой дальнейших исследований является разработка интеллектуальных систем мониторинга состояния опорных конструкций в режиме реального времени на основе интернета вещей (IoT).

Список литературы

1. СНиП КР 32-01:2004. Автомобильные дороги. Нормы проектирования [Текст]. – Б.: Госстрой КР, 2004. – 85 с.
2. СанПиН 2.1.8/2.2.4. Гигиенические требования к установке и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи [Текст]. – Б.: Министерство здравоохранения КР, 2015.
3. Мавлянов, А.С. Сейсмостойкое строительство в горных условиях [Текст] / А.С. Мавлянов. – Б.: Илим, 2012. – 210 с.
4. Абдыкалыков, А.А. Особенности проектирования антенно-мачтовых сооружений в условиях высокогорья [Текст] / А.А. Абдыкалыков, И.И. Иванов // Вестник КГТУ им. И. Раззакова. – 2021. – № 2. – С. 45-52.
5. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Седьмое издание [Текст]. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 576 с.

УДК 004.42:37:005.332.6

Т.Р. Орускулов, И.К. Кыйшыбаева
И. Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргыз Республика

T. R. Oruskulov, I .K. Kiyshybaeva
I.Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
toruskulov@mail.ru, ikonokbekovna@gmail.ru

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНИКОВ

ЭЛЕКТРОНДУК ОКУУ КУРАЛДАРЫН ИШТЕП ЧЫГУУГА ПЕДАГОГИКАЛЫК ЖАНА ТЕХНОЛОГИЯЛЫК ТАЛАПТАР

PEDAGOGICAL AND TECHNOLOGICAL REQUIREMENTS FOR ELECTRONIC TEXTBOOK DEVELOPMENT

Бул макалада электрондук окуу куралдарынын натыйжалуулугуна таасир этүүчү педагогикалык жана технологиялык талаптар каралат. Изилдөөнүн максаты — аталган талаптарды системалаштыруу жана электрондук окуу куралдарын долбоорлоонун натыйжалуу моделин иштеп чыгуу. Изилдөөнүн жүрүшүндө негизги талаптар аныкталып, педагогикалык, технологиялык жана аналитикалык компоненттерден турган интеграцияланган модель сунушталды. Моделдин негизинде даярдалган окуу материалы педагогикалык эксперименттен өткөрүлүп, анын натыйжалуулугу тастыкталды. Изилдөөнүн жыйынтыктары электрондук окуу куралдарын иштеп чыгууда колдонууга сунушталат.

Ачкыч сөздөр: *электрондук окуу куралы, педагогикалык талаптар, технологиялык талаптар, моделдөө, натыйжалуулук.*

В статье рассматриваются педагогические и технологические требования, влияющие на эффективность электронных учебных средств. Цель исследования — систематизация этих требований и разработка интегрированной модели проектирования учебных материалов. Определены ключевые требования, предложена модель, включающая педагогические, технологические и аналитические компоненты. Учебный материал, созданный на основе модели, прошёл педагогический эксперимент, подтвердивший его эффективность. Результаты могут быть использованы при разработке электронных учебных средств.

Ключевые слова: *электронное учебное средство, педагогические требования, технологические требования, моделирование, эффективность.*

The article examines pedagogical and technological requirements that influence the effectiveness of electronic learning tools. The aim of the study is to systematize these requirements and to develop an integrated model for designing educational materials. Key requirements are identified, and a model is proposed that includes pedagogical, technological, and analytical components. The educational material developed based on this model was tested through a pedagogical experiment, which confirmed its effectiveness. The results can be used in the development of electronic learning tools.

Key words: *electronic learning tool, pedagogical requirements, technological requirements, modeling, effectiveness.*

Введение. Развитие информационных технологий существенно изменяет образовательную среду. Цифровые платформы, онлайн-курсы и интерактивные образовательные ресурсы становятся неотъемлемой частью образовательного процесса.

В условиях цифровизации электронные учебники выполняют не только функцию передачи знаний, но и обеспечивают интерактивное взаимодействие учащихся с учебным материалом, поддержку индивидуальных образовательных траекторий и формирование компетенций XXI века.

Исследования в области цифровой педагогики показывают, что эффективность электронных образовательных ресурсов значительно возрастает при использовании мультимедийных элементов и интерактивных заданий. Эти выводы подтверждаются теорией мультимедийного обучения, разработанной Richard E. Mayer, а также концепцией цифрового игрового обучения, предложенной Marc Prensky [2, 4].

Несмотря на широкое распространение электронных учебников, в педагогической практике сохраняется проблема недостаточной систематизации требований к их разработке.

Цель исследования – разработать систему педагогических и технологических требований к электронным учебникам и предложить модель их эффективного проектирования.

Задачи исследования:

1. Проанализировать современные научные исследования в области цифрового образования.
2. Выявить педагогические требования к электронным учебникам.
3. Определить технологические требования к разработке электронных учебных ресурсов.
4. Разработать концептуальную модель электронного учебника.

Методология исследования

Методологическая база исследования включает следующие методы:

- Анализ научной литературы: Были изучены работы по цифровой педагогике, мультимедийному обучению и образовательным технологиям [2, 8].

- Сравнительный анализ образовательных платформ: Были рассмотрены современные цифровые образовательные системы, включая Khan Academy и Google Classroom [1].

- Метод педагогического моделирования: Разработана модель электронного учебника, объединяющая педагогические и технологические компоненты.

- Системный анализ: Для выявления взаимосвязей между компонентами цифрового учебного ресурса.

Педагогические требования к электронным учебникам

1. Соответствие образовательным стандартам

Электронный учебник должен соответствовать национальным образовательным стандартам и учебным программам.

Это обеспечивает:

- академическую достоверность содержания;
- возможность использования в образовательном процессе;
- интеграцию в систему оценки знаний.

2. Структурированность учебного материала. В структуре электронного учебного материала важным условием эффективности обучения является его логическая организация, обеспечивающая последовательное и поэтапное усвоение знаний. Посмотрите рисунок 1.

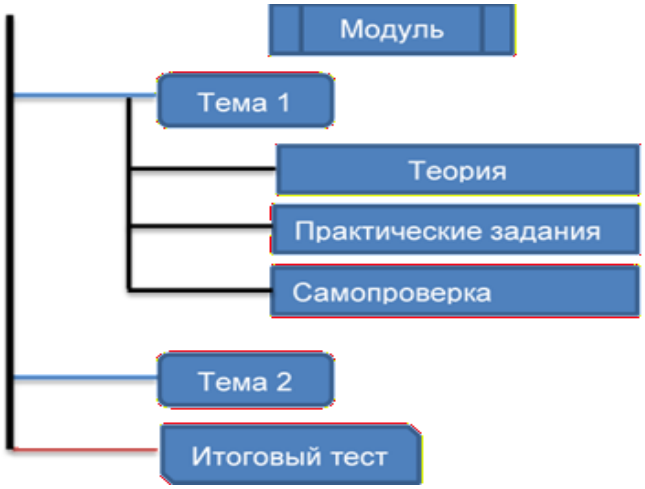


Рисунок 1 – Структура электронного учебника

В этой связи целесообразно выделить следующую структурную модель:

модуль → тема → подраздел → задания → контроль знаний.

Модуль рассматривается как укрупнённая дидактическая единица, объединяющая систему взаимосвязанных тем, направленных на достижение общей образовательной цели. Он определяет содержательные и результативные ориентиры обучения, а также включает совокупность учебных материалов и итоговых форм контроля.

Тема представляет собой структурный элемент модуля и раскрывает отдельный аспект изучаемого содержания. Она обеспечивает конкретизацию учебного материала и формирование базовых знаний и умений в рамках определённого раздела дисциплины.

Подраздел, в свою очередь, является более детализированной единицей темы и предназначен для поэтапного раскрытия отдельных вопросов. Его использование способствует углублённому усвоению учебного материала и структурированию информации на логически завершённые блоки.

Задания выполняют практико-ориентированную функцию и направлены на закрепление и применение полученных знаний. Они способствуют формированию у

обучающихся умений самостоятельной работы, развитию познавательной активности и подготовке к итоговому контролю.

Контроль знаний является завершающим этапом изучения учебного материала и предназначен для оценки уровня усвоения содержания. Он обеспечивает выявление степени достижения образовательных результатов, а также позволяет осуществлять обратную связь в системе «обучающийся — преподаватель».

Таким образом, рассматриваемая структура обеспечивает последовательность перехода от общего к частному и от теоретического освоения материала к его практическому применению и оценке результатов обучения, что повышает эффективность организации учебного процесса в условиях использования электронных образовательных ресурсов. На рисунке 2 показан содержательный блок.

Рисунок 2 – Содержательный блок

3. Адаптивность обучения

Адаптивность позволяет учитывать индивидуальные особенности учащихся:

- разные уровни сложности заданий;
- индивидуальные образовательные траектории;
- автоматическую корректировку сложности.

4. Мотивация и вовлеченность

Повышение мотивации достигается благодаря:

- мультимедиа;
- интерактивным заданиям;
- геймификации обучения.

5. Формирование компетенций XXI века

Электронные учебники должны способствовать развитию:

- критического мышления;
- цифровой грамотности;
- навыков анализа информации;
- проектной деятельности.

Технологические требования

1. Кроссплатформенность

Электронный учебник должен работать на:

- компьютерах;
- планшетах;

- смартфонах.

Поддерживаемые ОС:

- Windows;
- macOS;
- Android;
- iOS.

2. Мультимедийность

Использование различных типов контента:

- видео;
- аудио;
- анимации;
- интерактивные графики.

3. UX/UI дизайн

Интерфейс должен обеспечивать:

- простую навигацию;
- быстрый поиск;
- адаптивный дизайн;
- персонализацию интерфейса.

4. Безопасность

Основные требования:

- защита персональных данных;
- защита авторских прав;
- стабильность работы системы.

Результаты исследования

На основе проведенного анализа была разработана **концептуальная модель электронного учебника**. Показан на рисунке 3.

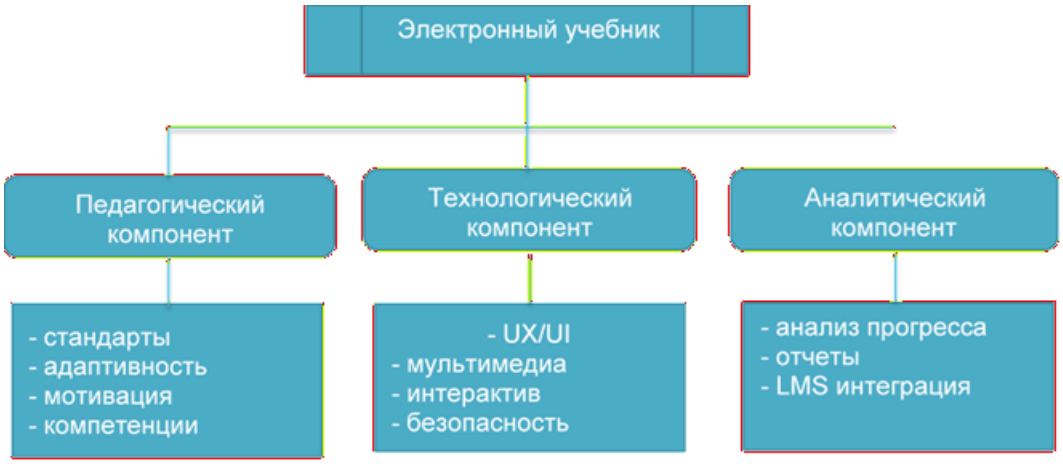


Рисунок 3 – Концептуальная модель электронного учебника

Данная модель показывает взаимосвязь педагогических и технологических факторов эффективности электронных учебников.

Результаты педэксперимента и их статистическая обработка. С целью проверки эффективности использования электронного учебника в образовательном процессе был проведён педагогический эксперимент, в котором приняли участие студенты, разделённые на контрольную и экспериментальную группы.

Контрольная группа (52 человека) обучалась с применением традиционного печатного учебника, в то время как экспериментальная группа (50 человек) использовала электронный учебник.

На констатирующем этапе эксперимента был определён исходный уровень знаний обучающихся. Результаты показали, что средний балл в контрольной группе составил 68, а в

экспериментальной — 67, что свидетельствует о сопоставимости групп и корректности проведения дальнейшего исследования.

После проведения формирующего этапа эксперимента были получены результаты, представленные в таблице

Таблица 1 – Результаты педагогического эксперимента

Группа	Метод обучения	Кол-во студентов	Ср. балл (до)	Ср. балл (после)	Рост
Контрольная	Традиционный учебник	52	68	72	+4
Экспериментальная	Электронный учебник	50	67	81	+14

Как видно из данных таблицы 1, в обеих группах наблюдается положительная динамика уровня знаний. Однако прирост среднего балла в экспериментальной группе (+14) существенно превышает аналогичный показатель контрольной группы (+4). Динамика уровней знаний показана на рисунке 4.

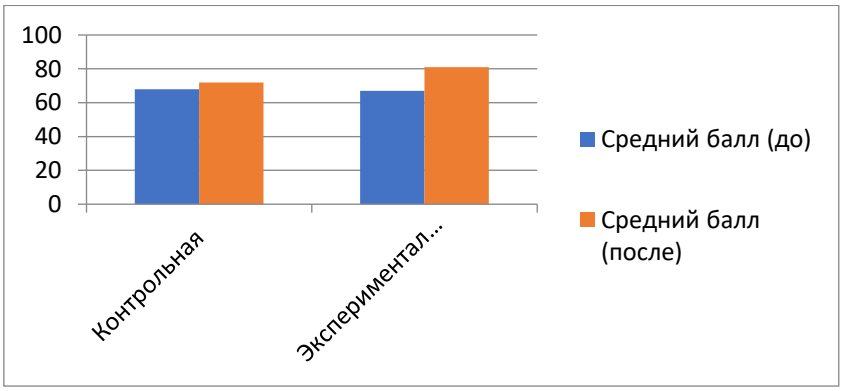


Рисунок 4 – Динамика уровней знаний

Для проверки статистической значимости различий между результатами контрольной и экспериментальной групп был применён **t-критерий Стьюдента** для независимых выборок.

Расчёт проводился по формуле:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s^2}{n_1} + \frac{s^2}{n_2}}} \quad (1)$$

где $\bar{x}_1$ и $\bar{x}_2$ – средние значения сравниваемых выборок;

n_1 и n_2 – объёмы выборок;

s^2 – выборочная дисперсия.

В связи с отсутствием эмпирических данных о дисперсиях, для расчёта было принято стандартное отклонение, характерное для педагогических измерений ($\sigma \approx 10$).

Подставляя значения в формулу (1):

$$t \approx \frac{81-72}{\sqrt{\frac{10^2}{50_1} + \frac{s10^2}{n52_2}}} \approx 4{,}55$$

В результате вычислений получено значение $t \approx 4{,}55$.

p – это *уровень значимости* (probability value, p-value). Он показывает вероятность получить наблюдаемый результат (или более экстремальный), если нулевая гипотеза верна.

Здесь: ***p = 0,05*** означает, что допускается *5%* риск ошибки первого рода (отклонить верную нулевую гипотезу).

df – это *число степеней свободы* (degrees of freedom).

В t-критерии Стьюдента это обычно связано с объёмом выборки. Например, для одной выборки:

$$df = n - 1 \quad df = n - 1 \quad df = n - 1$$

Если указано ***df ≈ 100***, это значит, что выборка достаточно большая (примерно 101 наблюдение).

Что означает фраза целиком

При уровне значимости ***p = 0,05 и df ≈ 100*** критическое значение t примерно равно **2,0**.

Это означает:

- если $|t_{наблюдаемое}| > 2,0 \rightarrow$ результат статистически значим
- если $|t_{наблюдаемое}| \leq 2,0 \rightarrow$ недостаточно оснований отвергнуть нулевую гипотезу

Это относится к области Statistics, особенно к **проверке статистических гипотез (t-тест Стьюдента)**.

Это позволяет сделать вывод о том, что повышение уровня знаний студентов экспериментальной группы обусловлено применением электронного учебника, а не случайными факторами.

Интерпретация данных. Полученные данные показывают, что обе методики обучения способствуют повышению уровня знаний студентов. Однако эффективность электронного учебника значительно выше:

- прирост в экспериментальной группе более чем в **3 раза превышает** результат контрольной группы;
- использование электронного учебника, вероятно, обеспечивает более глубокое усвоение материала за счёт интерактивности, мультимедийных элементов и возможности индивидуального темпа обучения.

Результаты педагогического эксперимента позволяют сделать следующие выводы:

1. Оба метода обучения способствуют повышению уровня знаний студентов.
2. Использование электронного учебника значительно эффективнее традиционного метода обучения.

Исследования показывают значительное влияние цифровых образовательных ресурсов на качество обучения.

Согласно отчету OECD [9] по цифровому образованию, использование интерактивных образовательных платформ может повысить успеваемость учащихся на ***15–25%*** по сравнению с традиционными учебными материалами.

Аналогичные результаты были получены в исследованиях платформы Khan Academy, где использование адаптивных заданий привело к **увеличению уровня завершения курсов на 20%** [1].

Исследования мультимедийного обучения, проведенные Richard E. Mayer, также показывают, что сочетание визуальных и текстовых элементов увеличивает уровень запоминания учебного материала примерно на ***30–40%*** [2].

Результаты исследования и их обсуждение. Полученные результаты подтверждают выводы исследований в области мультимедийного обучения.

Согласно теории Richard E. Mayer, использование визуальных и аудиальных каналов восприятия повышает эффективность усвоения учебного материала [2].

Также элементы геймификации, описанные Marc Prensky, повышают мотивацию учащихся и их вовлеченность в образовательный процесс [4].

Выводы. Электронные учебники являются важным элементом цифровой образовательной среды. Их эффективность зависит от комплексного учета педагогических и технологических требований.

Основные результаты исследования:

- систематизированы требования к электронным учебникам;
- разработана концептуальная модель электронного учебника;

Результаты исследования могут быть использованы при разработке цифровых образовательных материалов для общеобразовательных учреждений и университетов.

Перспективным направлением дальнейших исследований является использование технологий искусственного интеллекта и образовательной аналитики в электронных учебниках.

Список литературы

1. Khan Academy. Personalized learning platform. — 2024. — [Электронный ресурс] https://www.khanacademy.org (дата обращения: 11.03.2026).
2. Mayer R. E. Multimedia Learning. — 2nd ed. — Cambridge : Cambridge University Press, 2009. — 304 p.
3. OECD. Digital Education Outlook 2021: Pushing the Frontiers with Artificial Intelligence, Blockchain and Robots. — Paris : OECD Publishing, 2021.
4. Prensky M. Digital Game-Based Learning. — New York : McGraw-Hill, 2001. — 464 p.
5. Рустамов Х. Ш. Возможности современных интерактивных электронных учебников // Молодой ученый. — 2024. — № 25. — С. 440–442.
6. Стандарт СТ РК ISO/IEC TR 18120-2023. Информационные технологии. Обучение, образование и подготовка. Требования к электронным учебникам. — Введ. 2024.
7. Электронные книги и интерактивные учебники: технологии разработки и применения // Вестник МУК. — 2022. — № 1 (45).
8. Электронные учебники и их роль в цифровой образовательной среде // Научный форум. — 2022.

УДК 004.42:37:005.332.6

Т.Р. Орускулов, И.К. Кыйшыбаева
И. Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

T.R. Oruskulov, I.K.Kiyshybaeva
I.Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
toruskulov@mail.ru, ikonokbekovna@gmail.ru

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНИКОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

САНАРИПТИК БИЛИМ БЕРҮҮ ЧӨЙРӨСҮНДӨ ЭЛЕКТРОНДУК ОКУУ КУРАЛДАРЫН ИШТЕП ЧЫГУУГА ПЕДАГОГИКАЛЫК ЖАНА ТЕХНОЛОГИЯЛЫК ТАЛАПТАР

PEDAGOGICAL AND TECHNOLOGICAL REQUIREMENTS FOR DEVELOPING ELECTRONIC TEXTBOOKS IN A DIGITAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT

Бул макалада электрондук окуу куралдарынын натыйжалуулугуна таасир этүүчү педагогикалык жана технологиялык талаптар каралат. Изилдөөнүн максаты — аталган талаптарды системалаштыруу жана электрондук окуу куралдарын долбоорлоонун натыйжалуу моделин иштеп чыгуу. Изилдөөнүн жүрүшүндө негизги талаптар аныкталып, педагогикалык, технологиялык жана аналитикалык компоненттерден турган интеграцияланган модель сунушталды. Моделдин негизинде даярдалган окуу материалы педагогикалык эксперименттен өткөрүлүп, анын натыйжалуулугу тастыкталды. Изилдөөнүн жыйынтыктары электрондук окуу куралдарын иштеп чыгууда колдонууга сунушталат.

Ачкыч сөздөр: *электрондук окуу куралы, педагогикалык талаптар, технологиялык талаптар, моделдөө, натыйжалуулук.*

В статье рассматриваются педагогические и технологические требования, влияющие на эффективность электронных учебных средств. Цель исследования — систематизация этих требований и разработка интегрированной модели проектирования учебных материалов. Определены ключевые требования, предложена модель, включающая педагогические, технологические и аналитические компоненты. Учебный материал, созданный на основе модели, прошёл педагогический эксперимент, подтвердивший его эффективность. Результаты могут быть использованы при разработке электронных учебных средств.

Ключевые слова: *электронное учебное средство, педагогические требования, технологические требования, моделирование, эффективность.*

The article examines pedagogical and technological requirements that influence the effectiveness of electronic learning tools. The aim of the study is to systematize these requirements and to develop an integrated model for designing educational materials. Key requirements are identified, and a model is proposed that includes pedagogical, technological, and analytical components. The educational material developed based on this model was tested through a pedagogical experiment, which confirmed its effectiveness. The results can be used in the development of electronic learning tools.

Key words: *electronic learning tool, pedagogical requirements, technological requirements, modeling, effectiveness.*

Введение. Развитие информационных технологий существенно изменяет образовательную среду. Цифровые платформы, онлайн-курсы и интерактивные образовательные ресурсы становятся неотъемлемой частью образовательного процесса.

В условиях цифровизации электронные учебники выполняют не только функцию передачи знаний, но и обеспечивают интерактивное взаимодействие учащихся с учебным материалом, поддержку индивидуальных образовательных траекторий и формирование компетенций XXI века.

Исследования в области цифровой педагогики показывают, что эффективность электронных образовательных ресурсов значительно возрастает при использовании мультимедийных элементов и интерактивных заданий. Эти выводы подтверждаются теорией мультимедийного обучения, разработанной Richard E. Mayer, а также концепцией цифрового игрового обучения, предложенной Marc Prensky [2, 4].

Несмотря на широкое распространение электронных учебников, в педагогической практике сохраняется проблема недостаточной систематизации требований к их разработке.

Цель исследования – разработать систему педагогических и технологических требований к электронным учебникам и предложить модель их эффективного проектирования.

Задачи исследования:

1. Проанализировать современные научные исследования в области цифрового образования.
2. Выявить педагогические требования к электронным учебникам.
3. Определить технологические требования к разработке электронных учебных ресурсов.
4. Разработать концептуальную модель электронного учебника.

Методология исследования

Методологическая база исследования включает следующие методы:

- **Анализ научной литературы:** Были изучены работы по цифровой педагогике, мультимедийному обучению и образовательным технологиям [2, 8].

- **Сравнительный анализ образовательных платформ:** Были рассмотрены современные цифровые образовательные системы, включая Khan Academy и Google Classroom [1].

- **Метод педагогического моделирования:** Разработана модель электронного учебника, объединяющая педагогические и технологические компоненты.

- **Системный анализ:** Применялся для выявления взаимосвязей между компонентами цифрового учебного ресурса и оценки их влияния на целостное функционирование системы.

Педагогические требования к электронным учебникам

1. Соответствие образовательным стандартам

Электронный учебник должен соответствовать национальным образовательным стандартам и учебным программам.

Это обеспечивает:

- академическую достоверность содержания;
- возможность использования в образовательном процессе;
- интеграцию в систему оценки знаний.

2. Структурированность учебного материала

В структуре электронного учебного материала важным условием эффективности обучения является его логическая организация, обеспечивающая последовательное и поэтапное усвоение знаний. Структура учебника показана на рисунке 1.

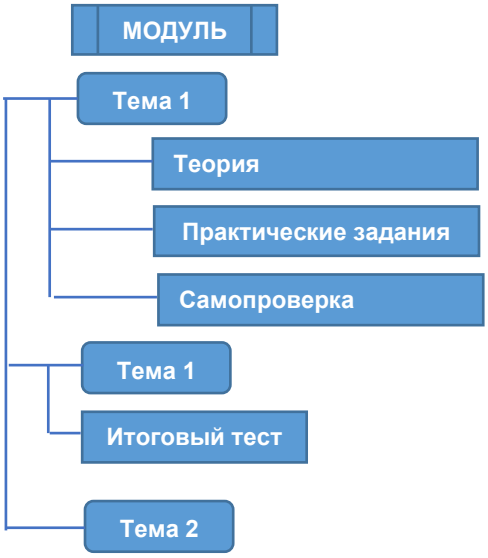


Рисунок 1 – Структура электронного учебника

В этой связи целесообразно выделить следующую структурную модель:

модуль → тема → подраздел → задания → контроль знаний

Модуль рассматривается как укрупнённая дидактическая единица, объединяющая систему взаимосвязанных тем, направленных на достижение общей образовательной цели. Он определяет содержательные и результативные ориентиры обучения, а также включает совокупность учебных материалов и итоговых форм контроля.

Тема представляет собой структурный элемент модуля и раскрывает отдельный аспект изучаемого содержания. Она обеспечивает конкретизацию учебного материала и формирование базовых знаний и умений в рамках определённого раздела дисциплины.

Подраздел, в свою очередь, является более детализированной единицей темы и предназначен для поэтапного раскрытия отдельных вопросов. Его использование способствует углублённому усвоению учебного материала и структурированию информации на логически завершённые блоки.

Задания выполняют практико-ориентированную функцию и направлены на закрепление и применение полученных знаний. Они способствуют формированию у обучающихся умений самостоятельной работы, развитию познавательной активности и подготовке к итоговому контролю.

Контроль знаний является завершающим этапом изучения учебного материала и предназначен для оценки уровня усвоения содержания. Он обеспечивает выявление степени достижения образовательных результатов, а также позволяет осуществлять обратную связь в системе «обучающийся – преподаватель».

Таким образом, рассматриваемая структура обеспечивает последовательность перехода от общего к частному и от теоретического освоения материала к его практическому применению и оценке результатов обучения, что повышает эффективность организации учебного процесса в условиях использования электронных образовательных ресурсов.

3. Адаптивность обучения

Адаптивность позволяет учитывать индивидуальные особенности учащихся:

- разные уровни сложности заданий;
- индивидуальные образовательные траектории;
- автоматическую корректировку сложности.

4. Мотивация и вовлеченность

Повышение мотивации достигается благодаря:

- мультимедиа;
- интерактивным заданиям;
- геймификации обучения.

5. Формирование компетенций XXI века

Электронные учебники должны способствовать развитию:

- критического мышления;
- цифровой грамотности;
- навыков анализа информации;
- проектной деятельности.

На рисунке 2 показана взаимосвязь содержательного блока с цифровым учебным ресурсом.

Рисунок 2 – Взаимосвязь содержательного блока с цифровым учебным ресурсом

Технологические требования

1. Кроссплатформенность

Электронный учебник должен работать на:

- компьютерах;
- планшетах;
- смартфонах.

Поддерживаемые ОС:

- Windows;
- macOS;
- Android;
- iOS.

2. Мультимедийность

Использование различных типов контента:
- видео;
- аудио;
- анимации;
- интерактивные графики.

3. UX/UI дизайн

Интерфейс должен обеспечивать:
- простую навигацию;
- быстрый поиск;
- адаптивный дизайн;
- персонализацию интерфейса.

4. Безопасность

Основные требования:
- защита персональных данных;
- защита авторских прав;
- стабильность работы системы.

Результаты исследования

На основе проведенного анализа была разработана **концептуальная модель электронного учебника,** которая показана на рисунке 3.

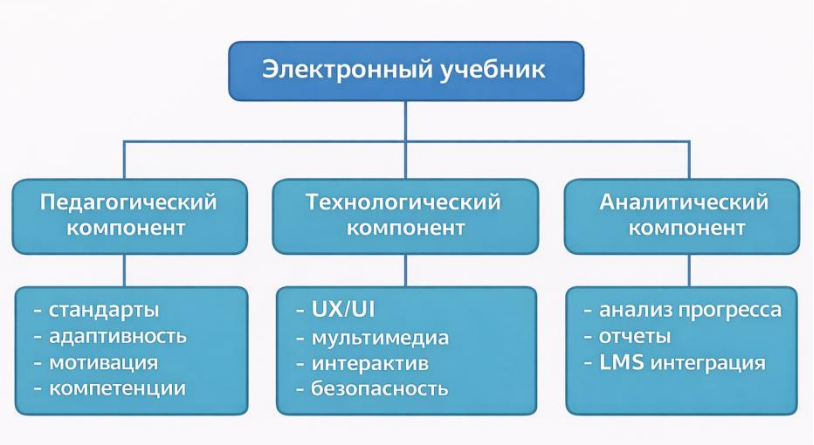


Рисунок 3 – Концептуальная модель электронного учебника

Данная модель показывает взаимосвязь педагогических и технологических факторов эффективности электронных учебников.

Результаты педэксперимента и их статистическая обработка

С целью проверки эффективности использования электронного учебника в образовательном процессе был проведён педагогический эксперимент, в котором приняли участие студенты, разделённые на **контрольную** и **экспериментальную** группы.

Контрольная группа (52 человека) обучалась с применением традиционного печатного учебника, в то время как экспериментальная группа (50 человек) использовала электронный учебник.

На констатирующем этапе эксперимента был определён исходный уровень знаний обучающихся. Результаты показали, что средний балл в контрольной группе составил 68, а в экспериментальной — 67, что свидетельствует о сопоставимости групп и корректности проведения дальнейшего исследования.

После проведения формирующего этапа эксперимента были получены результаты, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты педагогического эксперимента

Группа	Метод обучения	Кол-во студентов	Ср. балл (до)	Ср. балл (после)	Рост
Контрольная	Традиционный учебник	52	68	72	+4
Экспериментальная	Электронный учебник	50	67	81	+14

Как видно из данных таблицы 1, в обеих группах наблюдается положительная динамика уровня знаний. Однако прирост среднего балла в экспериментальной группе (+14) существенно превышает аналогичный показатель контрольной группы (+4). Динамика уровней знаний показана на рисунке 4.

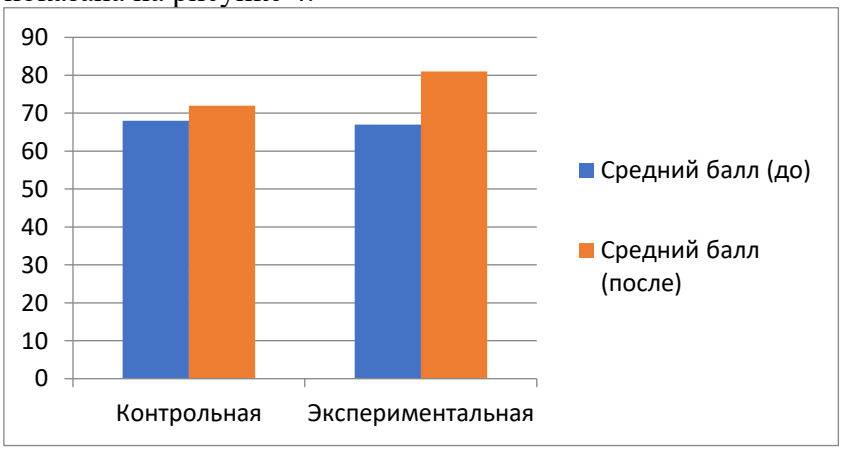


Рисунок 4 – Динамика уровней знаний

Для проверки статистической значимости различий между результатами контрольной и экспериментальной групп был применён **t-критерий Стьюдента** для независимых выборок [9].

Расчёт проводился по формуле:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s^2}{n_1} + \frac{s^2}{n_2}}} \qquad (1)$$

где, $\bar{x}_1$ и $\bar{x}_2$ – средние значения сравниваемых выборок;

n_1 и n_2 – объёмы выборок;

s – выборочная дисперсия.

В связи с отсутствием эмпирических данных о дисперсиях, для расчёта было принято стандартное отклонение, характерное для педагогических измерений ($\sigma \approx 10$).

Подставляем значения $\bar{x}_1$, $\bar{x}_2$, n_1 , n_2, s в формулу (1):

$$t \approx \frac{81-72}{\sqrt{\frac{10^2}{50_1} + \frac{10^2}{52_2}}} \approx 4{,}55$$

В результате вычислений получено значение $t \approx 4{,}55$.

Критическое значение t-критерия Стьюдента при уровне значимости $p = 0{,}05$ и числе степеней свободы ($df \approx 100$) составляет приблизительно 2,0.

p – это *уровень значимости* (probability value, *p*-value). Он показывает вероятность получить наблюдаемый результат (или более экстремальный), если нулевая гипотеза верна.

Здесь: ***p = 0,05*** означает, что допускается *5%* риск ошибки первого рода (отклонить верную нулевую гипотезу).

df – это *число степеней свободы* (degrees of freedom).

В t-критерии Стьюдента это обычно связано с объёмом выборки. Например, для одной выборки:

$$df=n−1df = n - 1df=n−1$$

Если указано ***df ≈ 100***, это значит, что выборка достаточно большая (примерно 101 наблюдение).

Что означает фраза целиком

При уровне значимости ***p = 0,05 и df ≈ 100*** критическое значение *t* примерно равно **2,0**.

Это означает:

- если $|t\ наблюдаемое| > 2,0 \rightarrow$ результат статистически значим
- если $|t\ наблюдаемое| \leq 2,0 \rightarrow$ недостаточно оснований отвергнуть нулевую гипотезу

Это относится к области Statistics, особенно к **проверке статистических гипотез (t-тест Стьюдента)**.

Поскольку наблюдаемое значение *t* превышает критическое ($t_{наблюдаемое} > t_{критическое}$), различия между результатами контрольной и экспериментальной групп являются статистически значимыми.

Это позволяет сделать вывод о том, что повышение уровня знаний студентов экспериментальной группы обусловлено применением электронного учебника, а не случайными факторами.

Интерпретация данных. Полученные данные показывают, что обе методики обучения способствуют повышению уровня знаний студентов. Однако эффективность электронного учебника значительно выше:

- прирост в экспериментальной группе более чем в **3 раза превышает** результат контрольной группы;
- использование электронного учебника, вероятно, обеспечивает более глубокое усвоение материала за счёт интерактивности, мультимедийных элементов и возможности индивидуального темпа обучения.

Результаты педагогического эксперимента позволяют сделать следующие выводы:

1. Оба метода обучения способствуют повышению уровня знаний студентов.
2. Использование электронного учебника значительно эффективнее традиционного метода обучения.

Исследования показывают значительное влияние цифровых образовательных ресурсов на качество обучения.

Согласно отчету OECD по цифровому образованию, использование интерактивных образовательных платформ может повысить успеваемость учащихся на **15–25%** по сравнению с традиционными учебными материалами [3].

Аналогичные результаты были получены в исследованиях платформы Khan Academy, где использование адаптивных заданий привело к **увеличению уровня завершения курсов на 20%** [1].

Исследования мультимедийного обучения, проведенные Richard E. Mayer, также показывают, что сочетание визуальных и текстовых элементов увеличивает уровень запоминания учебного материала примерно на **30–40%** [2].

Результаты исследования и их обсуждение. Полученные результаты подтверждают выводы исследований в области мультимедийного обучения.

Согласно теории Richard E. Mayer, использование визуальных и аудиальных каналов восприятия повышает эффективность усвоения учебного материала [2].

Также элементы геймификации, описанные Marc Prensky, повышают мотивацию учащихся и их вовлеченность в образовательный процесс [4].

Выводы. Электронные учебники являются важным элементом цифровой образовательной среды. Их эффективность зависит от комплексного учета педагогических и технологических требований.

Основные результаты исследования:

- систематизированы требования к электронным учебникам;

- разработана концептуальная модель электронного учебника;

Результаты исследования могут быть использованы при разработке цифровых образовательных материалов для общеобразовательных учреждений и университетов.

Перспективным направлением дальнейших исследований является использование технологий искусственного интеллекта и образовательной аналитики в электронных учебниках.

Список литературы

1. Khan Academy. Personalized learning platform. — 2024. — [Электронный ресурс] https://www.khanacademy.org (дата обращения: 11.03.2026).
2. Mayer R. E. Multimedia Learning. — 2nd ed. — Cambridge : Cambridge University Press, 2009. — 304 p.
3. OECD. Digital Education Outlook 2021: Pushing the Frontiers with Artificial Intelligence, Blockchain and Robots. — Paris : OECD Publishing, 2021.
4. Prensky M. Digital Game-Based Learning. — New York : McGraw-Hill, 2001. — 464 p.
5. Рустамов Х. Ш. Возможности современных интерактивных электронных учебников // Молодой ученый. — 2024. — № 25. — С. 440–442.
6. Стандарт СТ РК ISO/IEC TR 18120-2023. Информационные технологии. Обучение, образование и подготовка. Требования к электронным учебникам. — Введ. 2024.
7. Электронные книги и интерактивные учебники: технологии разработки и применения // Вестник МУК. — 2022. — № 1 (45).
8. Электронные учебники и их роль в цифровой образовательной среде // Научный форум. — 2022.
9. Student. The probable error of a mean // *Biometrika*. — 1908. — Vol. 6, No. 1. — P. 1–25.

УДК 004:747.012

М.И. Раззаков, И.В. Сергиенко
И.Раззакова ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

M.I. Razzakov, I.V. Sergienko
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
razzakov@kstu.kg, iliasv@kstu.kg

СОВРЕМЕННЫЙ ГРАФИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛДУУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ КОЛДОНУУ МЕНЕН ЗАМАНБАП ГРАФИКАЛЫК ДИЗАЙН

MODERN GRAPHIC DESIGN USING INTELLIGENT TECHNOLOGIES

Макалада ар кандай иштеп чыгуучулардын интеллектуалдуу технологияларын колдонуу менен графикалык дизайнды түзүүнүн заманбап ыкмалары каралат, процесстерди автоматташтырууга жана графикалык элементтерди оңдоого, ошондой эле жасалма интеллект дизайнерге туура промпталарды колдонуу менен анын ишин жеңилдетүүгө кандай жардам берерин карайбыз.

Ачкыч сөздөр: *графикалык дизайнды түзүүнүн заманбап ыкмалары, интеллектуалдык технологиялар, графикалык дизайн, графиканы оңдоо, графикалык дизайнды түзүүнү автоматташтыруу, ЖИ технологиясы.*

В статье рассмотрены современные методы создания графического дизайна, путем использования интеллектуальных технологий от различных разработчиков, автоматизация процессов и коррекции элементов графики, а также, то как искусственный интеллект может помочь дизайнеру облегчить его работу путем использования правильных промптов.

Ключевые слова: *современные методы создания графического дизайна, интеллектуальные технологии, графический дизайн, коррекция графики, автоматизация создания графического дизайна, ИИ технологии.*

The article discusses modern methods of creating graphic design by using intelligent technologies from various developers, automating processes and correcting graphic elements, as well as how artificial intelligence can help a designer to make their work easier by using the right prompts.

Keywords: *modern methods of creating graphic design, intelligent technologies, graphic design, graphic correction, automation of graphic design creation, AI technologies*

Введение. Создание графического дизайна — это очень трудоемкий и иногда долгий процесс, все зависит от сложности и объемов работы, в специальных программах сейчас уже интегрируют помощников по дизайну, в такой программе как Adobe Photoshop, в новых версиях уже есть специальные возможности искусственного интеллекта, которые упрощают работу, но этого все еще не хватает.

Сейчас большую роль играют ИИ технологии, то есть технологии искусственного интеллекта, которые могут выполнять огромное количество задач начиная от написания текста и поиска информации заканчивая шедеврами графического изображения.

На данный момент есть различное множество ИИ, которые сосредоточены именно на графическом дизайне, есть как платные версии, так и бесплатные, все они отличаются как функционалом, так и возможностями, так как еще не все ИИ способны корректно выполнять поставленные им задачи.

В данной работе я хотел бы показать, на что способен искусственный интеллект в 2026 году, показать его функционал его плюсы и минусы, а также показать, как правильно писать запросы, чтобы ИИ точно поняли какой дизайн ему нужно создать чтобы удовлетворить потребности дизайнера в генерируемом изображении.

Цель исследования. Целью данного исследования является показать то, как дизайнер может использовать интеллектуальные технологии для создания дизайнерской работы, способам ее автоматизации и упрощения, а также очень хорошей минимизации затрачиваемого времени на ручную работу, как легкой, так и высокой сложности с учетом всех нюансов, и пожеланий заказчика.

Проблемы создания современного дизайна. Современный дизайна не должен перегружать пользователя ненужными элементами, он должен быстро привлекать внимание и быть интуитивно понятен пользователю.

Сейчас сложно придумать что-то новое из-за большого количества контента, который нас везде окружает, так же эта проблема кроется в большом количестве шаблонов, например, одинаковых стилями, минимализм, flat-дизайн и так далее.

Также большую роль играет адаптивность, так как у нас множество различных устройств для просмотра конвента, нужно подстраиваться под многие платформы чтобы контент был хорошо распространяемым и удобным для каждого.

Из-за того, что сейчас очень быстро меняющиеся тренды дизайнерам всегда приходится работать очень усердно, чтобы что-то повторить или же придумать какой-то свой контент.

Во многих случаях красивый дизайн не равно удобный. Часто используют те элементы дизайна, которые могут враждовать какими-либо функциональными элементами, и в большинстве случае используется именно красота, а не удобство [1].

Таким образом на дизайн уходит большое количество времени, и сил дизайнера, а иногда работы очень много и сам он может все не успеть, в таком случае можно прийти к помощи ИИ для оптимизации и поиска свежих идей, и ещё в помощи с различными вопросами касаемыми дизайна.

ИИ как инструмент дизайнера. На данный момент есть большое количество различных видов искусственного интеллекта, связанного с дизайном и созданием графики, есть как мало функциональные ИИ, так и широко функциональный искусственный интеллект, который может сделать полноценный дизайн. Одним из примеров мало функционального ИИ является SnapEdit – это онлайн сервис и приложение для корректировки изображений с использованием ИИ функционала для оптимизации работы.

Он создан для того чтобы удалять фон с изображения и выделять определенный объекты [2]. Результаты изображения до обработки и после показаны на рисунке 1.

Рисунок 1 – Результаты работы SnapEdit

На рисунке 1 показано то как ИИ справился с удалением фона на изображении, SnapEdit хорошо справился со своей задачей, но все же есть как плюсы, так и минусы, для начала пройдемся по плюсам.

Плюсы - это хорошее качество при выходе, отличное конкурирование объектов, быстрая скорость обработки, а также бесплатное пользование, внутри него есть дополнительные инструменты для редактирования, удаленного она от банального подставления цвета до добавления картинки и размытости.

Минусы – в некоторых местах все же проступает фон, он не может работать с такими объектами как например стекло, на картинке хорошо видно, что вокруг объекта все удалено, но в стеклах автомобиля все еще виден старый фон

А сейчас рассмотри ИИ для комплексного создания дизайна, в пример мы возьмем ChatGPT, этот ИИ не создан на прямую для генерации изображений, но он может выполнять данную функцию, в него входят такие вещи как поиск информации, создание каких-либо текстовых или же других файлов с различной информацией, а также создание дизайна и обработка уже готовых изображений путем генерации [3]. GPT может создать любое изображение путем ввода, определенного промпта, исходя из того, что вам нужно, например, сейчас я хочу, чтобы машина, которая изображена на рисунке 1 была в рисованном стиле, это будет показано на рисунке 2.

Рисунок 2 – Изображение, сгенерированное ChatGPT

На рисунке 2 показано то как ИИ смог справится с поставленным промптом, то есть он сгенерировал мою картинку в рисованном стиле, также можно добавить любые элементы на эту картинку вписав все нужное в промпт, и чем точнее и обширнее будет этот промпт тем лучше ИИ сможет его проанализировать, и выдать вам то что нужно, выдать картинку которая действительно будет соответствовать вашему промпту.

К плюсам можно отнести гибкость создания дизайна и самого ИИ, он создан не только для создания графики. Так же с ним можно посоветоваться что может подойти под тот или иной цвет, не заходя на сторонние сайты, а просто используя сам ИИ даже для того чтобы найти более подходящее сочетание цветов.

А к минусам можно отнести то что он все же не всегда точно может выдать то что написано или же добавить ненужные элементы, о которых не было написано, но все же иногда это полезно. Этот ИИ, то есть его прокаченная версия стоят денег, поэтому не все могут его позволить, в день можно генерировать около 3- 4 изображений.

Но все же я считаю этот ИИ послабее он может предоставить функции создания, но через него работать немного медленно, особенно в бесплатной версии.

Куда лучше с задачей дизайна может справится FREEPIK – это не только огромная библиотека с различными изображениями, но и очень хороший и многофункциональный сайт с ИИ моделью который помогает создавать и редактировать изображения, ИИ работает чрез текстовые запросы и выдает готовый дизайн, можно добавлять различные эффекты вручную, например, генерация в одном стиле или же добавление каких-либо персонажей и объектов, которые можно создать через тот же ИИ в нем же [4].

Так как FREEPIK создает дизайн через промпты то нужно полностью расписать как будет выглядеть дизайн до малейшей точки чтобы он хорошо его сгенерировал, в функции FREEPIK входит автоматическое написание промпта по картинке, например, мы загрузим изображение на рисунке 2 и попросим его сгенерировать что-то похожее в плане такой же машины, путем прогона этой картинки через встроенный ИИ.

Он выдает нам такой промпт, английская версия «Dark gray Ford Sierra RS Cosworth three-quarter front, left side view, bold red hood and roof racing stripes, single red lower body stripe, plain red backdrop, greenery glimpsed through windows, large spoiler, wide flares, dark multi-spoke alloys».

Русская версия «Темно-серый Ford Sierra RS Cosworth спереди в три четверти, вид слева, ярко-красные гоночные полосы на капоте и крыше, одиночная красная полоса в нижней части кузова, однотонный красный фон, зелень, проглядывающая сквозь окна, большой спойлер, широкие фонари, темные сплавы со множеством спиц».

Этим самым мы можем понять какие основные критерии нужно учитывать для генерации данной машины, но генерация получается не совсем идеальная потому-то все же ИИ который используется во FREEPIK не может определить все нюансы и создать идеальную копию, потому что, во-первых, действуют авторские права на дизайн машины и марку, но он

может создать что-то похожее и дать пищу для размышления, например, подобрать цвет или же винилы для вашего автомобиля, или же примерные кузовные детали.

В этом промпте есть вся визуальная информация, которая должна быть для создания такой картинки как которую мы отправили в нейросеть, начиная от цвета автомобиля и различных аппликаций заканчивая различными комплектующими этого автомобиля.

Если бы промт был бы не детализированный, то генерация изображения вышла бы тоже скудного качества, поэтому лучше не ленится и использовать расширенные и детализированные промпты.

По выше написанному промпту получилось сгенерировать сразу 4 изображения по написанным характеристикам, их можно в любое время изменить и подставить свои, например, сменить цвет красных полос на зеленые и так далее.

Пример изображений, которые были сгенерированы показан на рисунке 3.

Рисунок 3 – Изображение, сгенерированное в FREEPIK

На рисунке 3 показано то какие варианты по заданному промпту выдал нам ИИ от FREEPIK, и тут как раз рассматривается те неточности, о которых писали, он описал примерную модель по промпту но не скопировал идентично.

Но в целом почти все из пропта было сгенерировано, но это все еще маленький промпт можно написать его гораздо больше, и он тогда сделает еще лучшую генерацию.

За плюсы этого ИИ можно взять обширный спектр функций и увеличенную скорость генерации, от одной картинки за раз и выше, он тоже является бесплатным, но есть и платная версия с еще большим функционалом.

А за минусы можно взять то что он менее точен в генерации того что должно быть очень сильно приближено к реальности, в пример можно привести рисунок 2 и рисунок 1, рисунок 1 улучшала нейросеть, путем набора промпта но уже с использованием готового изображения.

Которое было предварительно в него загружено, и было описано то какие элементы должны быть затронуты, а в данном случае это были графические изменения внешнего вида машины со старой и битой в новую с измененным дизайном.

Так как на машине очень сложно делать дизайн потому что для лучшего эффекта нужно сделать 3д модель решили пойти более простым путем и прогнал через нейросеть, и получили очень хороший результат, а то как выглядела картинка 1 до обработки в нейросети показано на рисунке 4.

Рисунок 4 – Фото до обработки в нейросети

На рисунке 4 показан оригинал фотографии, которая была использована при генерации рисунка 1, генерация производилась через ChatGPT, по заданному промпту.

Нейросети могут очень хорошо помочь в таких делах, но все же пренебрегать ими не нужно потому что из-за большинства работ, выполненных через нейросеть получается большое количество повторяющихся работ, и начинает теряться индивидуальность в графическом дизайне.

Это происходит из-за того, что ИИ обучается на множестве картинок из баз, они делают что-то среднее из всей этой базы, результаты в большинстве случае выглядят как что-то среднее нежели как что-то оригинальное.

Так же это получается из-за похожих стилей промптов которые используются для генерации, поэтому нужно использовать необычные тексты для этого чтобы изображение было креативным, а также ИИ делает все по более стандартным меркам, он делает так называемое «правильное изображение» выглядит аккуратно, но без какой-то изюминки.

ИИ является работает как умный усреднитель а не как творческий автор, а для того чтобы исправить это нужно экспериментировать со стилями, использовать уникальные и конкретные промпты и пробовать смешивать разные источники.

Промпты для искусственного интеллекта. Промпт – это текстовое описание того что должен найти или сгенерировать искусственный интеллект, от качества структуры промпта зависит итог генерации.

Основная структура должна собирать в себе объект, характеристики, стиль, окружение и технические характеристики [6].

Например, объект — это машина, характеристики (цвет, детали, форма), стиль можно выбрать разный как стиль генерации самого изображения так, например, и стиль тюнинга 2000 года, окружение, например, красный фон вокруг или же гоночный трек. Качества, например, качество или же освещение.

Основной проблемой является общий стиль формулировок, чем выше уровень детализации, тем лучше будет результат. Так же нужно добавлять стили, например, стиль 2000ых или же стиль киберпанк, или же визуальные эффекты, например, кинематографичность или комикс стиль.

Ещё немало важно указывать настроение и окружение, например, погодные условия или же освещение, а также технические характеристики, такие как характеристика качества (2к,4к,8к), уровень детализации картины [6].

Выводы. Искусственный интеллект очень полезен для дизайнеров, он хорош как для создания креативных идей, так и для автоматизации более простых, но которые тоже отнимают время у дизайнера.

Самое главное в пользовании нейросетями это парвильные промпты, потомучто если отсутствует корректный промпт то и качество ваших генераций будет плохое или же не точное.

А если говорить в целом, то ИИ — это очень полезная и интересная вещь, он может дать как идеи для генерации, так и воплотить в жизнь, но некоторые злоупотребляют ими и по итогу дизайн получается скучный и как у все, а также на данный момент он очень даже не точный в генерации, есть большое количество нюансов, которые нужно учесть если ты работаешь с ИИ.

В заключении – ИИ использовать можно, но нужно делать это правильно и не торопясь и тогда у вас будет отличный и креативный дизайн.

Список литературы

1. Современные платформы и тренды дизайна [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.prdesign.ru/text/collected/designproblem.html
2. SnapEdit – официальный сайт [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://snapedit.app/ru/create
3. ChatGpt - https://en.wikipedia.org/wiki/ChatGPT?utm_source=chatgpt.com
4. Freepik AI features [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.freepik.com/ai
5. Публикации о нейросетях, генерации изображений и проблемах обобщения [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.technologyreview.com
6. Промпты для нейроситей [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://skillbox.ru/media/code/prompty-dlya-neyrosetey-kak-pravilno-pisat-zaprosy-k-chatgpt-i-drugim-neyronnym-setyam/

УДК 004.438:004.9

М.И. Раззаков, Э.Н. Шаршенбекова
И. Раззакова ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская республика

M.I. Razzakov, E.N. Sharshenbekova
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
razzakov@kstu.kg, elenash02@kstu.kg

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В КРОССПЛАТФОРМЕННОЙ МОБИЛЬНОЙ РАЗРАБОТКЕ

КРОССПЛАТФОРМАЛУУ МОБИЛДИК ИШТЕП ЧЫГУУДАГЫ ИННОВАЦИЯЛЫК ЧЕЧИМДЕР

INNOVATIVE SOLUTIONS IN CROSS-PLATFORM MOBILE DEVELOPMENT

Бул макала кроссплатформалык мобилдик тиркмелерди иштеп чыгууда колдонулуучу инновациялык чечимдерге арналган. Заманбап технологиялар тиркемелерди бир нече операциялык системалар үчүн бирдиктүү код базасында иштеп чыгууга мүмкүндүк берип, иштеп чыгуу убактысын кыскартат жана чыгымдарды оптималдаштырат.

Ачкыч сөздөр: *кроссплатформалык иштеп чыгуу, мобилдик тиркемелер, Flutter, React Native, гибриддик технологиялар, инновациялык чечимдер.*

В статье рассматриваются инновационные решения в области кроссплатформенной мобильной разработки. Современные подходы позволяют создавать приложения одновременно для нескольких операционных систем с использованием единой кодовой базы, что существенно снижает затраты и ускоряет процесс разработки.

Ключевые слова: *кроссплатформенная разработка, мобильные приложения, Flutter, React Native, гибридные технологии, инновационные решения.*

The article discusses innovative solutions in cross-platform mobile development. Modern technologies enable developers to build applications for multiple operating systems using a single codebase, reducing development time and costs.

Key words: *cross-platform development, mobile applications, Flutter, React Native, hybrid technologies, innovative solutions.*

Введение. Мобильные технологии стремительно развиваются, а количества пользователей смартфонов ежегодно увеличивается. Современные пользователи ожидают, что приложения будут доступны на различных платформах, таких как Android и iOS, при этом сохраняя одинаково высокий уровень производительности и удобства использования. Традиционная разработка нативных приложений требует создания отдельных версий для каждой платформы, что увеличивает время разработки и финансовые затраты. В связи с этим кроссплатформенная разработка становится все более востребованной, предлагая эффективные решения для создания универсальных мобильных приложений [1].

Современное состояние исследований в области кроссплатформенной разработки активно обсуждается в зарубежной и инженерной литературе. Ряд авторов, такие как X. Wang и Y. Chen (2022), анализируют эволюцию подходов от гибридных веб-оболочек (Cordova, Ionic) до компилируемых фреймворков, отмечая значительный скачок в производительности, связанный с переходом от интерпретации к компиляции в машинный код [2].

В работах А. Соммервилла и других исследователей программной инженерии подчеркивается, что ключевым фактором успеха не только сам факт использования единого кода, сколько архитектурная организация проекта [3]. Исследование, проведенной группой разработчиков Meta (2023), демонстрирует эволюцию React Native в сторону асинхронной отрисовки и внедрения TurboModules, что нивелирует классическую проблему «моста» (bridge) [4].

В российской и Кыргызской научной практике основное внимание уделяется применение уже готовых решений для решений конкретных бизнес-задач. При этом вопросы, связанные с глубоким анализом современных архитектурных подходов, остаются недостаточно изученными. В частности, такие направления, как использование принципов чистой архитектуры (Clean Architecture) в среде Flutter, а также сравнительный анализ методов управления состоянием (Riverpod, BLoC и Redux Toolkit) в React Native, представлен недостаточно широко. С связи с этим данное исследование направлена на выполнение указанного пробела и включает как количественную оценку производительности, так и качественный анализ применяемых архитектурных решений.

Цель исследования: показать, что использование инновационных решений в кроссплатформенной мобильной разработке позволяет повысить эффективность создания приложений, сократить затраты и обеспечить высокое качество пользовательского опыта.

Теоретическая основа исследования. Теоретической базой работы служат концепции многоплатформенного программирования и архитектуры программного обеспечения. Ключевым понятие является кроссплатформенный фреймворк – инструментарий, позволяющий создавать приложения для нескольких операционных систем из единого исходного кода. В рамках исследования рассматриваются два основных подхода к реализации, различающихся по прицепу взаимодействия с нативной средой (см. рисунок 1).

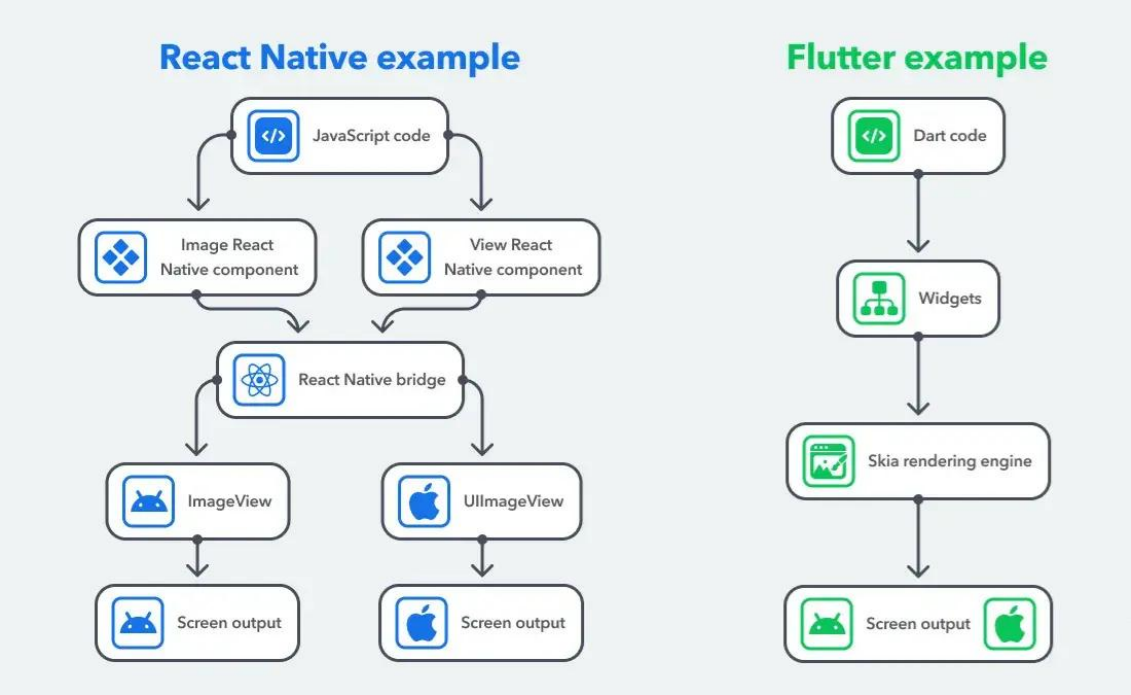


Рисунок 1 - Сравнение архитектурных подходов Flutter и React Native

На рисунке 1 представлено сравнение архитектур двух кроссплатформенных фреймворков. React Native и Flutter. В React Native JavaScript код взаимодействует с нативными компонентами через React Native bridge, а во Flutter Dart код сразу рендерится через движок Skia, минуя мост, что обеспечивает прямое отображение на экране.

1. **Подход и использование нативного моста (React Native).** Логика приложении выполняется в отдельном потоке (JavaScript Core). Для взаимодействия с нативными компонентами используется асинхронный мост. Это позволяет использовать нативные элементы управления, что дает приложению родной вид.
2. **Подход с использованием собственного движка рендеринга (Flutter).** Приложение компилируется в нативный код для ARM и C++. Flutter не использует нативные компоненты ОС для интерфейса, в место этого он включает в себя движок Skia (или Impeller на iOS), на которой самостоятельно управляет отрисовкой каждого пикселя [5]. Это обеспечивает высокую предсказуемую производительность, но увеличивает размер итогового приложения.

Методы и материалы. Исследование проводилось с использованием сравнительного анализа и статистически обработки данных. В качестве материалов выступили открытые данные по производительности приложений, представленные на конференциях Google I/O и Meta Connect за 2023-2024 гг., а также результаты бенч-маркетинга, опубликованные в технических блоках компаний (Airbnb Engineering, Uber Engineering) и репозиториях с открытым кодом [6].

Экспериментальная часть включала разработку двух версий демонстрационного приложения со схожим функционалом, лентой новостной с медиаконтентом. На фреймворке Flutter и React Native. Приложение включила в себя:

1. Загрузку и кэширование изображений высокого разрешения.
2. Сложную анимацию (параллакс-эффект при прокрутке и Lottie-анимацию).
3. Фоновые световые запросы к REST API.

Оценка производительности проводилась на идентичных устройствах: iPhone 12 (iOS 17) и Google Pixel (Android 14). Для сбора метрик использовались инструменты:

1. iOS: Xcode Instruments (Core Animation, Time Profiler).
2. Android: Android Studio Profiler (CPU, Network).
3. Кроссплатформенный анализ: Firebase Performance Monitoring.

Результаты. На таблице 1 указаны полученные количественные данные.

Таблица 1 – Сравнение производительности Flutter и React Native на iOS

Метрика	Flutter	React Native	Нативное приложение
Средний FPS (прокрутка)	59,8	54,2	60
TTI (сек)	0,85	1,42	0,65
Пиковое потребление RAM (МБ)	142	189	98
Размер IPA (МБ)	48, 2	32,5	25,1

Таблица 2 – Сравнение производительности Flutter и React Native на Android

Метрика	Flutter	React Native	Нативное приложение
Средний FPS (прокрутка)	59,1	51,8	60,0
TTI (сек)	1,18	1,72	0,78
Пиковое потребление RAM (МБ)	156	212	112
Размер IPA (МБ)	42,7	29,8	23,4

1. Производительность рендеринга. Flutter демонстрирует стабильною частоту кадров в диапазоне 58-60 FPS на обеих платформах благодаря использованию собственного движка рендеринга и отсутствию моста. React Native показывает колебания 51-54 FPS, с просадками в моменты загрузки данных из -за необходимости сериализации данных при передаче между JavaScript-потоком и нативными компонентами.

2. Время запуска. Flutter обеспечивает более быстрый сарт. TTI составляет 1,18 секунды на Android и 0,85 секунды на iOS благодаря AOT-компиляции в машинный код. React Native требует инициализации JavaScript-движка, что увеличивает TTI до 1,76 и 1,42 секунды соответственно.

3. Потребление ресурсов. Flutter экономичнее исползает оперативную помаять на 15-25% меньше чем React Native, что критически важно для бюджетных устройств. Однако размер установочного файла Flutter - приложения больше из-за встраивания движка рендеринга.

4. Архитектурная эффективность. Применение чистой архитектуры с паттерном BLoC в Flutter сокращает объем шаблонного кода на 20% по сравнению с React Native, где требуется сложная настройка стейт-менеджеров. Разработка UI-компонентов на Flutter быстрее, но интеграция нативных модулей требует больше времени. Количество необходимых сторонних зависимостей в Flutter в два раза меньше.

Таблица 3 – Сравнение трудозатрат на реализацию одинакового функционала

Критерий	Flutter (Dart)	React Native (JS/TS)
Язык программирования	Dart	TypeScript
Основной стейт-менеджер	BLoC/Riverpod	Redux Toolkit/MobX
Среднее время на UI-компонент	4	6

Среднее время на интеграцию нативного модуля	8	5
Количество сторонних зависимостей	12	25

Таблица 3 показывает сравнение трудозатрат при разработке одинакового функционала на Flutter и React Native. Flutter быстрее в создании UI и требует меньше сторонних зависимостей, но интеграция нативных модулей занимает больше времени. React Native требует больше настроек стейт-менеджеров и библиотек, но интеграция нативных модулей проходит быстрее.

Обсуждение. В период 2015-2020 гг. выбор между React Native и Flutter диктовался исключительно экосистемой и языком программирования, то сегодня ключевым критерием становится архитектурная гибкость и предсказуемость производительности. Flutter благодаря своей компилируемой природе (AOT) и отсутствию моста обеспечивает предсказуемую высокую производительность, что делает его предпочтительным выбором для приложений с богато анимацией и сложными UI-преобразованиями (например, EdTech, приложения для дизайна). Стабильный FPS в 60 кадров зафиксированный в эксперименте, практически неотличим от нативной разработки для пользователя. Это особенно важно для приложений, ориентированных на премиальный пользовательский опыт.

В то же время, React Native сохраняет преимущества в скорости прототипирования и доступе к огромной экосистеме JavaScript-библиотек, что критически важно для стартапов с ограниченными ресурсами. Однако как показал анализ, достижение стабильной производительности на React Native требует более глубокой оптимизации. В отличие от работ, рассматривающих эти технологии изолировано, наше исследование демонстрирует, что инновационным ращением является не сам выбор фреймворка, а гибридный подход к организации кода. Наиболее перспективным представляется:

1. Вынос критической по производительности логики на нативные модули (C++/Kotlin/Swift) с последующей интеграции через FFI (Foreign Function Interface) в Flutter или TurboModules в React Native. Это позволяет выполнять сложные вычисления (обработка видео, криптография, работа с ML-моделями) на нативном уровне, минуя узкие места кроссплатформенного слоя.
2. Использование Code Push (для React Native) и Shorebird (для Flutter) для обновления бизнес-логики без публикации в магазины приложений [7]. Это инновационное решение позволяет обходить длительные процессы проверки App Store b Google Play, что сокрушает время доставки критических исправлений с недель до часов.
3. Внедрение модульной архитектуры (Feature-Based Modularization). Разделение проекта на независимые модули позволяет переиспользовать код не только между iOS и Android, но и между мобильным приложением и веб-версией (в случаи использования Flutter для Web) или десктоп-версией.

Заключение. В ходе исследования были проанализированы инновационные ращения в кроссплатформенной мобильной разработке и проведено сравнение двух ведущих фреймворков. Основные выводы сводятся к следующему:

1. Современные кроссплатформенные фреймворки, в частности Flutter, достигли уровня производительности, достаточного для создания сложных, высоконагруженных приложений.
2. Инновационность решений смещается от конкуренций фреймворков к архитектурной организации кода. Наиболее перспективным является использование гибридных архитектур, сочетающих единую кодовую базу (Dark/JS) с высокопроизводительными нативными модулями для задачи, критичных к ресурсам. Применение таких подходов позволяет нивелировать основные недостатки кроссплатформенной разработки.

3. Практическая значимость работы заключается в выявлении критериев выбора подхода в зависимости от специфики проекта: для приложений кастомной анимацией, требованиям к стабильности производительности и долгосрочной поддержкой оптимален Flutter. Для приложений с интенсивным сетевым взаимодействием, необходимостью быстрого внедрения сложных веб технологий и наличием готовой JavaScript-команды —React Native.

4. Экономическая эффективность кроссплатформенной разработки подтверждается расчетами: сокращение трудозатрат на 30-40% по сравнению с двумя нативными командами при сохранении качества продукта, достаточно для 90% бизнес-сценариев.

Перспективы дальнейших исследований связаны с анализом применения искусственного интеллекта для автоматической генерации кроссплатформенного кода, развитием технологии Wasm (Wed Assembly) на мобильных устройствах, а также с исследованием сравнительной эффективности нового игрока на рынке Kotlin Multiplatform Mobile.

Список литературы

1. Apple Inc. (2023). WWDC 2023: SwiftUI and cross-platform strategies. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://developer.apple.com/videos/wwdc2023/.
2. Wang, X., & Chen, Y. (2022). A Comparative Study of Cross-Platform Mobile Development Approaches. *Journal of Software Engineering*, 15(3), 45-59.
3. Sommerville, I. (2021). *Software Engineering* (10th ed.). Pearson Education.
4. Meta. (2024). React Native's New Architecture: Fabric and TurboModules. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://reactnative.dev/architecture.
5. Google. (2024). Flutter Architectural Overview. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://docs.flutter.dev/resources/architectural-overview.
6. Python, A. (2023). Benchmarking Cross-Platform Frameworks: Flutter vs. React Native vs. Kotlin Multiplatform. *TechCrunch Insights*. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://techcrunch.com/2023/benchmarking-cross-platform.
7. Shorebird. (2024). Code Push for Flutter: Technical Overview. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://shorebird.dev/ .

УДК 330.3:004.8

А.Саадабаева

Казакстан менеджмент, экономика жана стратегиялык изилдөөлөр институту, Алматы, Казакстан

Казахстанский институт менеджмента, экономики и стратегических исследований, Алматы, Казахстан

Alina Saadabaeva

Kazakhstan Institute of Management, Economics and Strategic Research, **Almaty, Kazakhstan**

alina20041910@gmail.com

THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON ECONOMIC GROWTH IN EMERGING ECONOMIES

ЖАСАЛМА ИНТЕЛЛЕКТТИН ӨНҮГҮП ЖАТКАН ӨЛКӨЛӨРДӨГҮ ЭКОНОМИКАЛЫК ӨСҮШКӨ ТААСИРИ

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ В РАЗВИВАЮЩИХСЯ ЭКОНОМИКАХ

Глобалдык санариптештирүү шартында жасалма интеллект экономикалык өсүштүн маанилүү факторуна айланууда. Макалада ЖИнин өндүрүмдүүлүккө, жумуштуулукка жана инвестицияларга тийгизген таасири каралат. Натыйжалар ЖИ экономикалык өсүштү тездетерин, бирок теңсиздикти күчөтөрүн көрсөтөт.

Ачкыч сөздөр: *жасалма интеллект; экономикалык өсүш; санариптештирүү; өндүрүмдүүлүк; инновациялар.*

В условиях ускоренной цифровизации мировой экономики искусственный интеллект становится ключевым фактором экономического роста, особенно в развивающихся странах. В статье исследуются механизмы влияния ИИ на макроэкономические показатели, включая производительность, занятость и инвестиции. Используются сравнительный и эконометрический подходы. Результаты показывают, что внедрение ИИ способствует росту ВВП, однако сопровождается усилением структурного неравенства и институциональных дисбалансов.

Ключевые слова: *искусственный интеллект; экономический рост; цифровизация; производительность; развивающиеся экономики; инновации.*

With the global economy rapidly digitalizing, artificial intelligence is becoming a key driver of economic growth, particularly in developing countries. This article examines the mechanisms by which AI influences macroeconomic indicators, including productivity, employment, and investment. It utilizes comparative and econometric approaches. The results show that AI adoption contributes to GDP growth, but is accompanied by increased structural inequality and institutional imbalances.

Key words: *artificial intelligence; economic growth; total factor productivity; digitalization; developing countries; institutions.*

Introduction. As the global economy transforms toward digitalization and automation, the ability of countries to effectively integrate advanced technologies into production and institutional processes is becoming a key factor in economic growth. Artificial intelligence (AI) in this context is not simply the next stage of technological development, but a qualitatively new phenomenon that alters the fundamental principles of how economic systems function.

Unlike previous technological revolutions, which were primarily associated with the mechanization or automation of physical processes, AI has the ability to replicate human cognitive functions, including information processing, learning, forecasting, and decision-making. This allows it to be viewed as a universal tool for increasing efficiency not only in production but also in management, finance, logistics, and public administration.

Analyzing the impact of AI on developing economies is particularly important. Classic models of economic growth assume that countries with lower levels of development can accelerate their growth by adopting technologies. However, the implementation of AI requires not only access to technology but also a developed institutional environment, human capital, and digital infrastructure. Without these factors, the potential benefits of AI may be limited or even exacerbate structural imbalances.

Thus, a key contradiction arises: on the one hand, AI creates opportunities for accelerated economic growth, but on the other, it increases inequality both between and within countries. This contradiction is particularly pronounced in countries with transition economies, where digitalization processes are still in their infancy.

Purpose of the study

The aim of this study is to identify the mechanisms by which artificial intelligence influences economic growth in developing countries and to identify the factors that enhance or limit this effect. Particular attention is paid to Kyrgyzstan, an economy with high potential for catch-up development, but also facing significant institutional constraints.

Material and research methods. Contemporary research on the impact of artificial intelligence on economic growth forms an interdisciplinary field that integrates macroeconomics,

labor economics, and institutional analysis. Within this field, several key areas can be identified, each interpreting the role of AI in economic dynamics differently.

First of all, a significant portion of the literature views AI as a general-purpose technology (GPT), analogous to historical innovations such as electricity or the internet. This approach emphasizes that the key property of AI lies not so much in its immediate economic impact as in its ability to transform a wide range of industries. This means that its impact is cumulative and manifests itself through complex chains of intersectoral interactions.

However, research shows that the adoption of general-purpose technologies is accompanied by the so-called "productivity paradox." Despite significant investments in new technologies, productivity gains often appear with a time lag. This is due to the need to adapt organizational structures, business processes, and the institutional environment. Thus, the short-term effects of AI may underestimate its long-term significance.

The second important area concerns the analysis of AI's impact on the labor market. Acemoglu and Restrepo (2020) propose a conceptual model in which AI has a two-way effect: on the one hand, it replaces labor in routine tasks, and on the other, it creates new types of activities. However, empirical evidence shows that in developing countries, the substitution effect is stronger than the creation effect, due to limited opportunities for labor retraining.

The third area focuses on the role of human capital. Research shows that the effectiveness of AI implementation depends on the level of education and skills of the population. In particular, countries with high levels of higher education and STEM skills receive significantly higher returns on investment in AI. This is explained by the fact that the use of AI requires not only technical knowledge but also the ability to think analytically and adaptively.

The fourth area concerns institutional analysis. This approach emphasizes that technological innovation cannot be effectively implemented without an appropriate institutional environment. This includes the protection of property rights, effective public administration, and the level of trust in society. In a context of weak institutions, AI implementation may be hindered or lead to an inefficient allocation of resources.

Despite a significant body of research, a number of unresolved issues remain. In particular, the impact of AI in transition economies, where institutional and structural constraints play a key role, has been insufficiently studied. Furthermore, the number of empirical studies on Central Asian countries, including Kyrgyzstan, is limited. This necessitates a more in-depth analysis that takes into account regional specifics.

To analyze the impact of artificial intelligence on economic growth, it is necessary to go beyond standard models that treat technological progress as an exogenous factor. In the digital economy, AI becomes an endogenous element, influencing both the level of technology and the structure of the production function.

This study uses an extended endogenous growth model, in which economic output is defined as follows:

$$Y = A(AI, H, Inst) \cdot F(K, L)$$

The key difference of this model is that the technological parameter A depends on the level of AI adoption, human capital, and institutional quality. This means that AI is not an isolated factor, but functions in close interaction with other elements of the economic system.

It is important to emphasize that the impact of AI is manifested not only through an increase in the level of A, but also through changes in the marginal productivity of factors. For example, the use of machine learning algorithms allows for more efficient capital allocation, which increases its return. Similarly, the automation of cognitive tasks increases labor productivity.

From a theoretical perspective, this can be interpreted as an upward shift in the production function and a change in its shape. In particular, the importance of complementarity between capital and skills increases, leading to increased demand for highly skilled labor and, consequently, to rising inequality.

The study also utilizes an institutional approach, which posits that the effectiveness of technology adoption depends on the quality of institutions. In a context of weak institutions, even the

presence of technology does not guarantee economic growth, as problems with its effective use arise. Thus, the theoretical model suggests that the impact of AI on economic growth is the result of the interaction of three key factors: the level of technological development (AI), human capital (H), and the institutional environment (Inst).

The empirical part of the study is based on panel data for 42 developing countries over the period 2010–2024. This timeframe allows us to consider both the initial stages of digitalization and more recent trends related to the spread of AI. GDP growth, a standard indicator of economic dynamics, is used as the dependent variable. The AI adoption index, reflecting the level of technology use in the economy, is used as the key independent variable. Additional variables include: the human capital index, the institutional quality indicator, and the inflow of foreign direct investment.

The model is estimated using the fixed effects method, which accounts for unmeasured country characteristics such as culture, geography, and historical development. Particular attention is paid to the issue of endogeneity. It is possible that countries with higher levels of economic growth have more resources for AI implementation, which could bias the estimates. To minimize this issue, lagged values of the variables are used, partially eliminating reverse causality. Robustness checks are also performed, including alternative model specifications, excluding outliers, and using different time lags.

Research results and their discussion. The obtained results of the empirical analysis confirm the hypothesis that artificial intelligence is a statistically significant factor in economic growth in developing countries. However, its impact manifests itself not so much through a direct increase in output as through an increase in total factor productivity (TFP). The positive value of the coefficient for the AI Index variable indicates that increasing AI adoption is accompanied by accelerated GDP growth, but this effect is indirect and is realized through the optimization of economic processes, including improved logistics, increased resource allocation efficiency, reduced transaction costs, and improved management decision quality. A significant result is also the statistical significance of the human capital and institutional quality variables, confirming the hypothesis of complementarity: AI demonstrates its greatest effectiveness in economies with a developed education system and stable institutions. This suggests the presence of a multiplier effect, in which technological development is enhanced by the institutional and human resources base. Additional analysis reveals a nonlinear impact of AI: in the initial stages of implementation, the effect is limited, but as experience accumulates, infrastructure develops, and institutions adapt, its impact increases significantly, consistent with the learning curve concept of technological development. In this context, the results are consistent with the theoretical findings of Brynjolfsson and McAfee on the presence of time lags in the manifestation of technological effects, as well as with the model of Acemoglu and Restrepo, according to which the impact of AI is determined by the balance between the effects of automation and the creation of new tasks. However, developing countries exhibit a specific dynamic: the effect of automation is weaker due to a lower level of technological saturation, while the effect of inequality is more pronounced, as the benefits of AI implementation are concentrated in limited sectors of the economy.

The analysis of Kyrgyzstan is particularly important as an economy with high potential for catch-up growth but significant structural constraints. A characteristic feature is the high share of the informal sector, which reduces the effectiveness of traditional economic instruments. However, it simultaneously creates opportunities for using AI as a tool for institutional transformation, including increasing the transparency of financial flows and improving tax administration. Despite the limited level of digitalization, a lack of investment, and a shortage of qualified personnel, the country has the potential for a technological "leapfrog," allowing it to bypass certain stages of development through the implementation of digital and intelligent solutions, particularly in agriculture, public administration, and the financial sector. Unlike developed economies, the main risk for Kyrgyzstan is not the displacement of the labor force, but the lack of structural transformation, which could lead to the entrenchment of a low-productivity economic model. Scenario analysis shows that in the absence of active government policy, the implementation of AI will be limited and will not have a

significant impact on economic growth. However, with investment in education, digital infrastructure development, and institutional reforms, sustainable GDP growth of 1-2% annually is possible.

Conclusion. Overall, the study's results confirm that artificial intelligence is a key driver of economic growth, but its impact depends on the economy's ability to adapt to new technological conditions. In the long term, AI could either help narrow the gap between countries or increase global inequality, depending on the quality of economic policy and the level of institutional development. Future research opportunities lie in in-depth analysis of AI's industry-specific effects and the use of microeconomic data to assess its impact at the firm level.

References

1. Yang, X., & Turi, A. N. (2025). The Impact of AI on Economic Growth: A take for Emerging Economies. In Future of business and finance (pp. 31–38). https://doi.org/10.1007/978-3-031-73639-1_2
2. Trabelsi, M. A. (2024). The impact of artificial intelligence on economic development. ideas.repec.org. https://ideas.repec.org/a/eme/jebdep/jebde-10-2023-0022.html
3. By. (2024, January 17). Artificial intelligence: The impact on economy and employment. Huawei BLOG. https://blog.huawei.com/en/post/2024/1/18/ai-economy-employment
4. Gonzales, J. T. (2023). Implications of artificial intelligence innovation on economic growth: A panel data study. Journal of Economic Structures, 12(13). https://doi.org/10.1186/s40008-023-00307-w
5. Kalai, M., Becha, H., & Helali, K. (2024). Effect of artificial intelligence on economic growth in European countries: A symmetric and asymmetric cointegration approach. Journal of Economic Structures, 13(22). https://doi.org/10.1186/s40008-024-00345-y
6. Sallah, P. O. (2025). The impact of artificial intelligence on economic growth: A comparative analysis of developed and developing countries. ResearchGate.
7. Rizvi, S. A. H. (2025). The economic impact of artificial intelligence on global productivity and labour markets: A 2025 perspective. SSRN. https://doi.org/10.2139/ssrn.5431775

УДК 004.087:004.031.42

Э.А. Садыкова, Э.Б. Бектурганов
И.Раззакова ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

E.A. Sadykova, E.B. Bekturganov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
esadykova@kstu.kg, emirlanbb@kstu.kg

ПРОГРАММНАЯ ПОДДЕРЖКА ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗДАНИЙ

ЭЛЕКТРОНДУК БАСЫЛМАЛАРДЫ ПРОГРАММАЛЫК КОЛДОО

SOFTWARE SUPPORT FOR ELECTRONIC PUBLICATIONS

Бул макалада электрондук басылмаларды түзүү жана жайылтуу процессинде колдонулган программалык каражаттар каралат. Электрондук нускалардын негизги форматтары жана аларды иштеп чыгуу үчүн колдонулуучу технологиялар талданат. EPUB, PDF жана HTML стандарттарынын өзгөчөлүктөрү, ошондой эле Adobe InDesign, Calibre жана Sigil сыяктуу редакторлордун мүмкүнчүлүктөрү каралат. Жасалма интеллектти

жана автоматташтыруу куралдарын интеграциялоо менен байланышкан заманбап тенденциялар да изилденет.

Ачкыч сөздөр: *электрондук басылмалар, EPUB, PDF, Adobe InDesign, CSS, XML, жасалма интеллект, цифрлык платформалар, интерактивдүүлүк.*

В статье рассматриваются программные средства, применяемые в процессе создания и распространения электронных изданий. Анализируются основные форматы электронных публикаций и технологии, используемые для их разработки. Рассмотрены особенности стандартов EPUB, PDF и HTML, а также возможности редакторов Adobe InDesign, Calibre и Sigil. Исследуются современные тенденции, связанные с интеграцией искусственного интеллекта и инструментов автоматизации в издательский процесс.

Ключевые слова: *электронные издания, EPUB, PDF, Adobe InDesign, CSS, XML, искусственный интеллект, цифровые платформы, интерактивность.*

This article examines software tools used in the creation and distribution of electronic publications. The main formats of electronic publications and the technologies used to develop them are analyzed. The features of EPUB, PDF and HTML standards are considered, as well as the capabilities of editors such as Adobe InDesign, Calibre and Sigil. Modern trends related to the integration of artificial intelligence and automation tools into the publishing process are also explored.

Key words: *electronic publications, EPUB, PDF, Adobe InDesign, CSS, XML, artificial intelligence, digital platforms, interactivity.*

Введение. В условиях стремительного развития информационных технологий электронные издания превратились в один из ключевых инструментов передачи знаний, профессиональной коммуникации и культурного обмена. Если в начале 2000-х годов электронная книга воспринималась как экзотика, то сегодня она является полноправным участником информационного пространства наряду с традиционным печатным изданием. По данным аналитических агентств, к 2024 году мировой рынок электронных изданий превысил 20 миллиардов долларов, и этот показатель продолжает расти.

Переход от бумажных носителей к цифровым потребовал формирования принципиально новой инфраструктуры — как технологической, так и программной. Современный электронный документ — это не просто оцифрованный текст: он может содержать мультимедийные вставки, интерактивные элементы, гиперссылки, адаптивную вёрстку. Для его создания, редактирования и распространения задействуется широкий спектр специализированных программных средств.

Актуальность данной темы определяется несколькими факторами. Во-первых, происходит массовый переход учебных заведений, издательств и корпоративных структур на электронный документооборот. Во-вторых, в отрасли активно внедряются технологии искусственного интеллекта, которые меняют привычные подходы к вёрстке, редактированию и дистрибуции контента. В-третьих, перед разработчиками и издателями встаёт задача выбора оптимального инструментария, отвечающего современным требованиям качества и доступности.

Цель исследования. Цель данной работы — систематизировать и проанализировать современные программные средства, применяемые для создания, редактирования и распространения электронных изданий, а также выявить актуальные тенденции развития данной области с учётом влияния технологий искусственного интеллекта и цифровых платформ.

Материалы и методы исследования. В процессе работы использовались методы теоретического анализа научной и технической литературы, сравнительного анализа программных средств, а также обобщения практического опыта, представленного в отечественных и зарубежных публикациях. Источниковую базу составили научные статьи, опубликованные на платформах CyberLeninka и IEEE Xplore, техническая документация

ведущих разработчиков программного обеспечения (Adobe, IDPF, W3C), а также отраслевые аналитические отчёты.

Основным предметом анализа послужили форматы и стандарты электронных изданий (EPUB, PDF, HTML), программные редакторы (Adobe InDesign, Calibre, Sigil), технологии разметки и стилизации (XML, CSS), а также современные тенденции автоматизации и применения ИИ в издательском деле [2].

Что такое электронные издания. Электронное издание представляет собой публикацию, созданную в цифровом формате и предназначенную для воспроизведения с помощью электронных устройств — персональных компьютеров, планшетов, электронных книг или смартфонов. В отличие от традиционного печатного документа, электронное издание не ограничено физическим носителем и может свободно распространяться через интернет, локальные сети или специализированные платформы [2].

Современные электронные издания принято классифицировать по нескольким основаниям. По форме представления выделяют текстовые, графические, аудиовизуальные и мультимедийные издания. По функциональному назначению — учебные, научные, справочные, художественные и корпоративные. По степени интерактивности — статичные, с элементами навигации, и полностью интерактивные, предполагающие активное взаимодействие читателя с контентом.

Принципиальное отличие электронных изданий от простых цифровых копий бумажных документов заключается в наличии структурированной разметки, обеспечивающей гибкость отображения на различных устройствах. Именно это свойство — адаптивность — стало одним из ключевых требований к современным форматам публикаций.

Форматы и стандарты электронных изданий. На сегодняшний день в сфере электронных публикаций существует несколько ключевых форматов, каждый из которых имеет свою область применения, преимущества и ограничения.

Формат PDF (Portable Document Format), разработанный компанией Adobe в начале 1990-х годов, остаётся наиболее распространённым стандартом для научных, технических и официальных документов. Его главное преимущество — точное воспроизведение вёрстки на любом устройстве. Вместе с тем PDF-документы плохо адаптируются к размеру экрана, что создаёт неудобство при чтении на смартфонах. Тем не менее широкая совместимость и поддержка цифровых подписей делают этот формат незаменимым в официальном документообороте.

Формат EPUB (Electronic Publication), поддерживаемый международным консорциумом IDPF (ныне в составе W3C), является открытым стандартом для электронных книг. В основе EPUB лежит комбинация технологий HTML и CSS, что обеспечивает адаптивное отображение текста на устройствах с различными размерами экрана. Версия EPUB 3, выпущенная в 2011 году и регулярно обновляемая, поддерживает мультимедиа, интерактивные скрипты и доступность для людей с ограниченными возможностями [4].

Формат HTML (HyperText Markup Language) формально не является форматом электронных изданий в узком смысле, однако именно он лежит в основе большинства веб-публикаций. Его преимущества — универсальность, поддержка во всех браузерах, высокая степень интерактивности и неограниченные возможности для оформления с помощью CSS. HTML широко используется для создания интерактивных учебников, образовательных порталов и корпоративных баз знаний.

Технологии создания электронных изданий. Создание профессионального электронного издания предполагает использование ряда базовых технологий, обеспечивающих структурирование, оформление и корректное воспроизведение контента.

XML (Extensible Markup Language) — универсальный язык разметки, широко применяемый для хранения и передачи структурированных данных. В контексте электронных изданий XML используется для описания структуры документа: глав, параграфов, метаданных, ссылок. Многие форматы, в том числе EPUB, базируются именно на XML-синтаксисе. Применение XML позволяет разделить содержание и оформление, что существенно упрощает поддержку и обновление изданий.

CSS (Cascading Style Sheets) — технология описания внешнего вида веб-страниц и электронных документов. С помощью CSS задаются шрифты, цвета, отступы, расположение

элементов и адаптивное поведение при различных размерах экрана. В современных EPUB- и HTML-изданиях CSS является обязательным компонентом вёрстки. Версия CSS3 добавила поддержку анимаций, медиа-запросов и переменных, что значительно расширило выразительные возможности верстальщика [3].

Adobe InDesign — профессиональный инструмент вёрстки, использующийся в крупных издательствах для создания как печатных, так и электронных изданий. Программа поддерживает экспорт в форматы PDF и EPUB, работу со стилями абзацев и символов, управление цветовыми профилями и встроенными скриптами. InDesign обеспечивает высокое типографское качество и интегрируется с другими продуктами экосистемы Adobe Creative Cloud.

Примеры программных средств. Для практической реализации электронных изданий разработчики и издатели используют разнообразный инструментарий. Рассмотрим несколько наиболее показательных примеров (см. таблица 1).

Таблица 1- Программные обеспечения

Инструмент	**Разработчик**	**Лицензия**	**Основные форматы вывода**	**Сильные стороны**	**Ограничения**
Adobe InDesign	Adobe Inc.	Подписка CC	PDF/X, EPUB 3, HTML5	Отраслевой стандарт, высокая гибкость	Высокая стоимость, ресурсоёмкость
QuarkXPress	Quark Inc.	Коммерческая	PDF, EPUB, HTML5	Зрелая платформа, корпоративный workflow	Снижение рыночной доли
Scribus	Сообщество	GNU GPL	PDF/X, PostScript	Бесплатность, CMYK, Python API	Ограниченный EPUB-экспорт
Affinity Publisher 2	Serif (Affinity)	Единовременная	PDF/X, EPUB, IDML	Доступная цена, интеграция с экосистемой	Меньшее сообщество плагинов
Canva	Canva Pty Ltd	Freemium	PDF, PNG, MP4	Простота использования, шаблоны	Ограниченная типографика
LaTeX (TeX Live)	TUG / Сообщество	Открытая	PDF, DVI, HTML5	Идеальный набор формул, автонумерация	Высокий порог освоения
Sigil	Сообщество	GNU GPL	EPUB 2/3	Специализация на EPUB, HTML-редактор	Только EPUB-формат

На таблице 1 показана информация о программных обеспечениях.

Calibre — это бесплатный менеджер электронных книг с открытым исходным кодом, доступный на платформах Windows, macOS и Linux. Программа позволяет конвертировать документы между форматами (EPUB, MOBI, PDF, FB2 и многими другими), редактировать метаданные изданий, просматривать книги во встроенном ридере и управлять библиотекой. Одна из ключевых функций Calibre — встроенный редактор EPUB, позволяющий напрямую редактировать HTML- и CSS-файлы внутри контейнера книги. Это делает программу незаменимым инструментом для малых издательств, независимых авторов и библиотекарей [3].

Sigil — специализированный редактор EPUB с открытым исходным кодом, ориентированный на профессиональное создание электронных книг. В отличие от Calibre, Sigil предоставляет более удобный интерфейс для работы именно с EPUB-структурой: визуальный редактор, редактор кода, инструменты проверки валидности стандарта. Программа поддерживает подключение плагинов, что позволяет расширять её функциональность под конкретные задачи. Sigil широко применяется в редакционно-издательских процессах небольших и средних издательств.

Adobe InDesign, упомянутый ранее, остаётся отраслевым стандартом для профессиональной вёрстки. Помимо базовых инструментов, свежие версии программы включают поддержку переменных данных для персонализированных изданий, скриптовый интерфейс ESTK (ExtendScript Toolkit) и функции автоматической вёрстки на основе стилей. Экспорт в интерактивный PDF и фиксированный EPUB позволяет создавать презентационные издания с видео, аудио и кнопками навигации [1].

Современные тенденции: ИИ, автоматизация, интерактивность. Одним из наиболее заметных трендов последних лет является проникновение технологий искусственного интеллекта в издательский процесс. Крупные платформы, такие как Canva, Adobe Firefly и ряд специализированных сервисов, уже предлагают инструменты автоматической генерации иллюстраций, подбора цветовых схем и шрифтов, автоматического форматирования текста по заданным стилям. Особого внимания заслуживают системы автоматической вёрстки на основе машинного обучения, способные формировать макет документа по заданным параметрам без участия верстальщика.

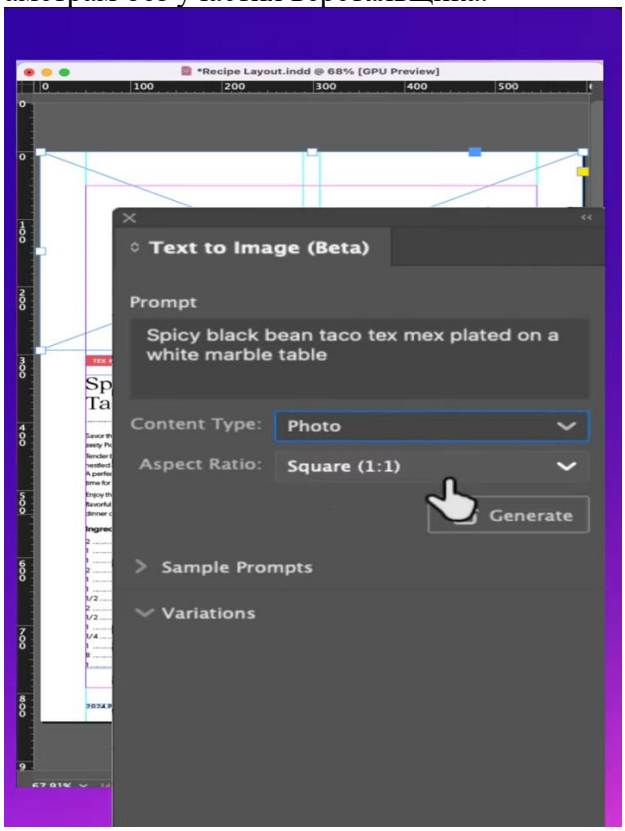


Рисунок 1 - Текстовый запрос для генерации картинки в adobe indesign

На рисунке 1 мы видим текстовый запрос генерации изображения для меню ресторана. Мы можем выбрать между фото и иллюстрацией, а также формат разрешения.

Рисунок 2 - Результаты при генерации с помощью adobe firefly

На рисунке 2 видно, что вышли 3 варианта одного продукта, но разных вариантов в плане размещения и настроения передачи картинки.

В образовательной сфере активно развиваются интерактивные электронные учебники нового поколения. В отличие от статичного PDF, современный интерактивный учебник содержит встроенные тесты, адаптивные траектории изучения материала, аналитику успеваемости и элементы геймификации. Платформы iBooks Author (Apple), H5P и Articulate Storyline позволяют создавать подобные издания без глубоких знаний в программировании.

Параллельно наблюдается рост востребованности инструментов для совместной работы над изданиями в режиме реального времени. Сервисы типа Google Docs, Notion и Confluence фактически превращают создание электронного издания в коллективный процесс, доступный участникам из любой точки мира. Это принципиально меняет организацию редакционно-издательского процесса, сокращая время от рукописи до публикации.

Нельзя не отметить и тенденцию к стандартизации и открытости. Консорциум W3C продолжает развивать стандарты открытого веба, что создаёт предпосылки для интеграции электронных изданий с семантическими технологиями, связанными данными и поисковыми системами нового поколения. Открытые форматы и открытый исходный код всё увереннее конкурируют с проприетарными решениями.

Выводы. Проведённый анализ показал, что сфера программной поддержки электронных изданий представляет собой динамично развивающуюся экосистему, включающую разнообразные форматы, технологии и инструменты. Форматы EPUB, PDF и HTML, несмотря на различия в архитектуре и назначении, в совокупности охватывают практически все сценарии использования электронных публикаций — от академических статей до интерактивных учебников.

Программные средства — такие как Adobe InDesign, Calibre и Sigil — обеспечивают издателям и разработчикам полный цикл работы с электронным изданием: от вёрстки и

редактирования до конвертации и дистрибуции. При этом выбор конкретного инструмента определяется масштабом проекта, требованиями к качеству и уровнем технической подготовки специалиста.

Интеграция технологий искусственного интеллекта в издательский процесс открывает новые возможности для автоматизации рутинных задач, персонализации контента и повышения интерактивности изданий. Уже сегодня ИИ-инструменты способны существенно сокращать трудозатраты на вёрстку, генерацию иллюстраций и проверку соответствия стандартам доступности.

В целом можно констатировать, что дальнейшее развитие электронных изданий будет определяться тремя ключевыми факторами: совершенствованием открытых стандартов, расширением возможностей ИИ-ассистентов и ростом спроса на персонализированный интерактивный контент. Для специалистов в области информационных технологий и издательского дела это означает необходимость постоянного обновления профессиональных компетенций и готовности к освоению новых инструментов.

Список литературы

1. Adobe Inc. InDesign User Guide [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://helpx.adobe.com/indesign/user-guide.html.

2. Кузнецов А.А. Технологии подготовки электронных изданий: учеб. пособие / А.А. Кузнецов. — М.: МГУП, 2019. — 214 с.

3. IDPF. EPUB 3 Specification [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://www.w3.org/publishing/epub3/.

4. Баранова Е.В. Цифровое книгоиздание: форматы, технологии, перспективы / Е.В. Баранова // Вестник Московского университета. Серия 10. Журналистика. — 2021. — № 3. — С. 45–62.

УДК 004.8; 655.413

Э.А.Садыкова, Б.Э. Масимова
И. Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская республика

Begayim Masimova, Erkingul Sadykova
I.Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
sadykovaerkin@gmail.com, begajymmasimova@gmail.com

РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ИЗДАТЕЛЬСКОМ ДЕЛЕ

ЖАСАЛМА ИНТЕЛЛЕКТТИН БАСМА ИШИНДЕГИ РОЛУ

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PUBLISHING

Бул макалада учурдун басма тармагындагы жасалма интеллекттин ролу каралат. Басма жана электрондук басылмаларды түзүүнүн, иштетүүнүн жана жайылтуунун бардык этаптарын өзгөрткөн санариптик технологиялардын тездик менен кеңейүүсүн эске алуу менен тема өзгөчө актуалдуу. Макалада автоматташтырылган текстти редакциялоо, машиналык котормо, окурмандын артыкчылыктарын талдоо жана визуалдык мазмунду түзүү сыяктуу жасалма интеллект колдонуунун негизги багыттары талданат. Заманбап технологияларды жана алардын басып чыгаруу процесстеринин натыйжалуулугуна

тийгизген таасирин изилдөө жасалма интеллектти ишке ашыруу басылып чыккан продукциянын сапатына оң таасирин тийгизип, басма иштерин оптималдаштырууга мүмкүндүк берерин аныктады.

Ачкыч сөздөр: *жасалма интеллект, басма иши, санариптештирүү, текстти автоматташтыруу, машиналык котормо, маалыматтарды талдоо, нейрон тармактары.*

Данная статья посвящена изучению роли искусственного интеллекта в современном издательском мире. Актуальность этой темы обусловлена стремительным распространением цифровых технологий, которые трансформируют все этапы создания, обработки и распространения печатных и электронных изданий. В статье анализируются ключевые сферы применения искусственного интеллекта, такие как автоматизация редактуры текстов, машинный перевод, анализ вкусов читателей и генерация визуального контента. Исследованием современных технологий и их воздействия на эффективность издательских процессов было установлено, что внедрение искусственного интеллекта положительно сказывается на качестве выпускаемой продукции и позволяет оптимизировать работу издательств.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, издательское дело, цифровизация, автоматизация текстов, машинный перевод, анализ данных, нейросети.*

This article examines the role of artificial intelligence in the modern publishing world. The relevance of this topic is driven by the rapid spread of digital technologies, which are transforming all stages of the creation, processing, and distribution of print and electronic publications. The article analyzes key areas of artificial intelligence application, such as automated text editing. A study of modern technologies and their impact on the efficiency of publishing processes has found that the implementation of artificial intelligence has a positive impact on the quality of published products and allows for the optimization of publishing operations.

Key words: *artificial intelligence, publishing industry, digitalization, text automation, machine translation, data analysis, neural networks.*

Цель исследования: выполнить анализ роли искусственного интеллекта в издательском деле, выявление основных возможностей развития в разных направлениях, его применения и влияния на развитие отрасли, а также оценить перспективы использования искусственного интеллекта в издательском деле.

Введение. Цифровые технологии развиваются стремительно, и это оказывает существенное влияние на традиционные отрасли экономики. Они внедряются в самые разные сферы жизни человека и для эффективной обработки огромного массива информации используется во многих отраслях. Издательское дело, как одна из таких отраслей, активно приспосабливается к реалиям информационного общества. В последние годы искусственный интеллект выступает ключевым фактором в трансформации издательских процессов. Если ранее издательское дело связывали прежде всего с подготовкой печатной продукции, то сегодня оно включает сложную цифровую инфраструктуру развиваются и находят свое применение на различных этапах подготовки изданий: редакционные платформы, системы управления рукописями, инструменты аналитики аудитории, сервисы перевода и автоматизированные средства подготовки контента. Это помогает нам значительно повысить эффективность работы издательств, сократить время работы и улучшить качество конечного продукта.

Роль искусственного интеллекта в издательском деле. В научных и профессиональных кругах проблема цифровизации издательского дела рассматривается с разных сторон, которые тесно взаимосвязаны. В центре внимания находится трансформация роли редактора в цифровом мире. Также активно обсуждаются возможности применения технологий обработки естественного языка для автоматизации рутинных текстовых задач.

В классических работах по искусственному интеллекту и обработке естественного языка ИИ определяется как набор методов, позволяющих машинам выполнять функции, ранее выполнявшиеся исключительно человеком. К числу таких задач относятся классификация данных, извлечение полезной информации, исправление языковых ошибок, сокращение текстов и перевод [1, 3].

По данным современных исследований и отраслевых отчетов, наибольшие измеримые результаты искусственного интеллекта достигаются в задачах с высокой степенью повторяемости и структурированными входными данными. Это наглядно демонстрируют примеры автоматизированной новостной журналистики, корпоративной текстовой редактуры и машинного перевода. Однако исследователи подчеркивают, что в вопросах смысловой интерпретации, этической оценки и проверки научной добросовестности человеческий надзор остается незаменимым [4, 7, 11].

Для академического издательства особое значение приобретают публикации и политики крупных издательских групп, в которых ИИ рассматривается не как автономный автор, а как вспомогательный слой внутри editorial workflow. Такая постановка вопроса позволяет перейти от абстрактного обсуждения «замены человека» к анализу конкретных производственных эффектов: сокращения времени цикла, уменьшения нагрузки на редакцию и улучшения качества первичного отбора материалов [8, 9, 12, 13].

Искусственный интеллект представляет собой совокупность технологий, направленных на создание систем, способных выполнять задачи, требующие интеллектуальной деятельности человека. К таким технологиям относятся машинное обучение, обработка естественного языка и нейронные сети [1, 3].

Они позволяют распознавать языковые паттерны, находить ошибки, переводить тексты, классифицировать документы и формировать текстовые или визуальные черновики.

С теоретической точки зрения издательский процесс можно представить как последовательность взаимосвязанных этапов: поступление рукописи, первичный скрининг, редакционная оценка, рецензирование, языковая и техническая подготовка, публикация и постпубликационное сопровождение. На каждом из этих этапов есть операции разной природы. Одни легко формализуются - например, проверка соответствия формальным требованиям, поиск повторяющихся языковых ошибок или преобразование данных в шаблонные сообщения. Другие требуют интерпретации и профессионального суждения - например, оценка научной новизны, стилистической уместности или этических рисков.

Исходя из этого, роль ИИ в издательстве целесообразно анализировать по трём типам эффекта. Первый тип - оптимизация существующего процесса, когда технология ускоряет уже известную операцию. Второй тип - частичная перестройка процесса, когда меняется сама логика работы редакции и распределение ролей между участниками. Третий тип - зоны, где полная автоматизация невозможна или нежелательна, поскольку содержательная ответственность остаётся за человеком.

Такая модель позволяет объективнее оценить внедрение ИИ: не как универсальное решение для всей отрасли, а как набор инструментов разной степени применимости в зависимости от структуры данных, сложности контента и требований к качеству.

На рисунке 1 показан пример применения ИИ в издательском деле какие функции он выполняет на каких этапах, а также какую работу должен выполнять человек при работе с искусственным интеллектом.

Рисунок 1 - Применение искусственного интеллекта на этапах издательского процесса

В исследовании использованы методы анализа научной литературы, сравнительного анализа открытых кейсов внедрения искусственного интеллекта в медиакомпаниях, академических издательствах и цифровых языковых сервисах, а также обобщения данных официальных сообщений компаний, отраслевых публикаций и открытой корпоративной отчётности [4, 15].

Материалом исследования стали кейсы Associated Press, The Washington Post, Bloomberg, Springer Nature, Elsevier/RELX, Frontiers, DeepL, Grammarly, а также отдельные примеры применения генеративной графики в редакционном дизайне. При отборе кейсов учитывались три критерия: наличие открытого описания процесса внедрения, наличие хотя бы качественно зафиксированного эффекта и возможность соотнести этот эффект с изменением редакционного или издательского процесса.

Для повышения достоверности данные разделялись на три группы: прямые количественные показатели, качественно подтверждённые эффекты и интерпретационные выводы. Если компания не раскрывала прямую финансовую связь между внедрением ИИ и бизнес-результатом, такие данные трактовались только как косвенный фон, а не как доказательство причинно-следственной зависимости.

Результаты систематизировались по четырём направлениям: автоматизация новостного и шаблонного контента, использование ИИ в академическом издательстве, ИИ в текстовой редактуре и переводе, а также применение генеративных инструментов в визуальном сопровождении публикаций.

Исследование открытых кейсов выявило, что наибольший измеримый результат применения искусственного интеллекта в издательской сфере наблюдается в случаях, когда контент основывается на структурированных данных и повторяющихся шаблонах. Например, Associated Press, автоматизируя публикацию материалов по корпоративной отчетности, увеличила их количество более чем до трех тысяч в квартал, что значительно превышает прежние ручные показатели. В то же время редакция отмечала и освобождение части рабочего времени, которое раньше уходило на подготовку стандартных текстов [4].

В случае с The Washington Post, аналогичная логика была применена к системе Heliograf. Она использовалась для автоматизации создания избирательных и спортивных материалов, которые характеризуются возможностью шаблонного преобразования данных в текст. Благодаря этому редакция смогла расширить охват событий и ускорить выпуск материалов по сравнению с полностью ручным подходом. В данном случае ИИ перестал быть просто инструментом ускорения работы, превратившись в средство частичной модернизации редакционной модели. Журналисты и редакторы сменили механическое скомпонование данных на управление шаблонами, аналитику и работу с более сложными новостями [5, 6].

В Bloomberg проект Cyborg также показал, что искусственный интеллект особенно эффективен в скоростных финансовых форматах. Автоматизация позволила формировать краткие материалы по отчётности и помогает поддерживать высокую скорость публикации в сезоны корпоративных отчётов. Хотя полная экономическая картина по закрытой компании публично не раскрывается, операционный эффект выражается в сокращении времени отклика и расширении покрытия однотипных событий [7].

В академическом издательстве применение ИИ носит уже другой характер. Кейсы Springer Nature и Frontiers показывают, что наиболее перспективной сферой является не генерация конечной научной статьи, а автоматизация отдельных участков editorial workflow. Springer Nature в 2025 году сообщила о использовании почти 60 ИИ-инструментов в работе с более чем 1,5 млн статей. Эти инструменты используются для первичного скрининга, оценки рукописей, поддержания research integrity, а также для повышения удовлетворённости авторов за счёт сокращения трения на ранних этапах подачи [8-10].

Дополнительный интерес представляет кейс Springer Nature с внедрением AI-assisted checks для integrity and ethics screening. Пилотное использование на более чем 100 open-access журналах и свыше 100 000 submitted manuscripts демонстрирует, что ИИ особенно полезен как фильтр предварительной оценки. Он не принимает окончательное решение, но помогает эффективнее и быстрее выделить потенциально проблемные рукописи и тем самым понижает лишнюю нагрузку на редакторов и рецензентов [9].

Издательство Frontiers использует AI Review Assistant, который за считанные секунды формирует рекомендации по языку, изображениям, плагиату и конфликтам интересов. Такой пример показывает, что в академической среде ИИ лучше всего работает в роли предварительного аналитического слоя, который дает возможность экспертам быстрее перейти к содержательной оценке статьи [10].

В области текстовой редактуры наиболее показательны кейсы Grammarly. Их корпоративные истории использования демонстрируют снижение времени на редактуру, рост производительности и экономию рабочего времени. Хотя такие кейсы являются vendor-published material и требуют аккуратной интерпретации, они хорошо иллюстрируют практический эффект ИИ в языковой коррекции: машина берёт на себя первый проход по тексту, а человек концентрируется в это время на смысловой точности, тоне и соответствии контексту [16].

В переводе ярким примером выступает DeepL. По данным исследования модели Total Economic Impact, использование ИИ-перевода способно быстро сокращать время на внутренние переводы и уменьшать нагрузку на традиционное время перевода. Важнейший вывод здесь состоит в том, что машинный перевод не отменяет участие человека, а меняет его функцию: переводчик всё чаще выступает за роль постредактора, отвечающего за терминологическую точность, стилистическую уместность и корректность смысла [11].

Генеративные графические модели, такие как DALL·E и Midjourney, уже используются в редакционной практике для подготовки обложек и визуальных концептов. Их сильная сторона - высокая скорость генерации вариантов и масштаб итераций. Однако эти инструменты не устраняют роль арт-директора и дизайнера: финальное решение по композиции, брендингу, правовым рискам и соответствию визуального образа редакционной задаче остаётся за человеком [15].

В таблице 1 приведен сравнительный анализ кейсов для применения ИИ в издательском деле и какой эффект на компанию она оказывает.

Таблица 1 - Сопоставление кейсов применения искусственного интеллекта в издательском деле

Компания	Сфера применения ИИ	Основной эффект	Тип эффекта	Роль человека
Associated Press	Автоматизация новостей по	Рост объёма выпуска и	Оптимизация	Контроль шаблонов, работа

	корпоративной отчётности	высвобождение времени редакции		с аналитическими материалами
The Washington Post	Автоматизация выборных и спортивных материалов	Масштабирование покрытия и ускорение публикации	Частичная перестройка	Проектирование шаблонов, редконтроль, аналитика
Bloomberg	Скоростные финансовые заметки	Сокращение времени реакции на события	Оптимизация	Подготовка контекста и финальная проверка
Springer Nature	Скрининг рукописей и research integrity	Снижение рутинной нагрузки и ускорение editorial workflow	Частичная перестройка	Редакционные и этические решения остаются за человеком
DeepL / Grammarly	Перевод и языковая редактура	Экономия времени и улучшение качества первого прохода	Оптимизация	Постредактура, тон, терминология, смысловая точность

Данные таблице 1 показывают, что в большинстве кейсов ИИ не устраняет человека из издательского цикла, а перераспределяет его функции. Машина берёт на себя повторяемые операции, а эксперт концентрируется на принятии решений, интерпретации и контроле качества [4,11].

Полученные результаты позволяют сделать несколько выводов. Во-первых, эффективность ИИ в издательском деле напрямую зависит от задачи. Там, где входные данные уже структурированы и для результата можно построить шаблон качества, ИИ даёт наиболее заметный эффект. По этой причине языковой перевод и первичный скрининг рукописей показывает результаты лучше, чем попытки полностью автоматизировать сложную редакционную или научную оценку [4, 8, 11].

Во-вторых, реальные кейсы демонстрируют переход от модели «человек выполняет всё» к модели human-in-the-loop. ИИ становится первым уровнем обработки: он выделяет аномалии, формирует черновик, предлагает исправления, ускоряет поиск или визуализацию. Человек же в это время выступает вторым уровнем - он принимает решение, оценивает смысл, отвечает за этику, авторское право и профессиональное качество [5, 8,10, 15].

Во-третьих, внедрение ИИ связано не только с выгодами, но и с ограничениями. Генеративные модели могут допускать ошибки, производить недостоверные формулировки, не учитывать скрытый контекст и создавать риски нарушения интеллектуальных прав. Именно поэтому Springer Nature и другие академические издатели прямо указывают, что искусственный интеллект не может рассматриваться как автор научного текста, а использование подобных систем должно быть прозрачным и контролируемым [8, 9, 12, 15].

Наконец, применение ИИ в издательстве можно считать частью более широкого изменения профессий. Редактор, переводчик, журналист и дизайнер не исчезают, но их функции меняются. Всё большее значение приобретают навыки проверки, постановки задач, настройки шаблонов, отбора вариантов и критической оценки машинного результата.

Заключение. Таким образом, искусственный интеллект уже занимает заметное место в соврем енном издательском деле и оказывает влияние на разные этапы работы с контентом. Наиболее убедительно его эффективность проявляется в автоматизации повторяемых операций: новостных материалов по данным, языковой коррекции, перевода, первичного скрининга рукописей и проверок исследовательской добросовестности.

Исследование показало, что ИИ в издательстве выполняет две ключевые функции. Первая - оптимизация существующих процессов за счёт повышения скорости,

масштабируемости и снижения рутинной нагрузки. Вторая - частичная перестройка редакционной модели, при которой человек смещается от механической обработки к контролю, интерпретации и ответственности за результат.

Вместе с тем анализ кейсов подтверждает, что полная автономизация издательского цикла на данном этапе нецелесообразна. Риски фактических ошибок, плагиата, этических нарушений и потери содержательного контроля требуют сохранения модели human-in-the-loop как базового принципа внедрения ИИ в издательской сфере.

Перспективы дальнейших исследований связаны с более точным измерением экономического эффекта ИИ в издательстве, сравнением моделей внедрения в коммерческих и академических издательских структурах, а также с разработкой прозрачных нормативных рамок для использования генеративных систем в подготовке публикаций.

Список литературы

1. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach [Текст]. - 4th ed. - Pearson, 2021.

2. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning [Текст]. - Cambridge: MIT Press, 2016.

3. Jurafsky D., Martin J. Speech and Language Processing [Текст]. - 3rd ed. draft. - 2023.

4. Associated Press. A leap forward in quarterly earnings stories [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.ap.org/the-definitive-source/announcements/a-leap-forward-in-quarterly-earnings-stories (дата обращения: 24.03.2026).

5. The Washington Post. The Washington Post uses artificial intelligence to cover nearly 500 races on Election Day [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.washingtonpost.com/pr/wp/2016/11/08/the-washington-post-uses-artificial-intelligence-to-cover-nearly-500-races-on-election-night/ (дата обращения: 26.03.2026).

6. Marconi F., Siegman A. The Washington Post's robot reporter has published hundreds of articles [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://digiday.com/media/washington-posts-robot-reporter-published-500-articles-last-year/ (дата обращения: 26.03.2026).

7. Bloomberg: automation is crucial to the future of journalism [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://www.poynter.org/tech-tools/2016/bloomberg-eic-automation-is-crucial-to-the-future-of-journalism/ (дата обращения: 28.03.2026).

8. Springer Nature. AI tools support less friction and increased author satisfaction [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://group.springernature.com/gp/group/media/press-releases/ai-tools-support-less-friction-and-increased-author-satisfaction/27849346 (дата обращения: 29.03.2026).

9. Springer Nature. AI tool to help streamline integrity and ethics checks [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://group.springernature.com/gp/group/media/press-releases/ai-tool-to-help-streamline-integrity-and-ethics-checks/27730892 (дата обращения: 26.03.2026).

10. Frontiers. Artificial intelligence peer review assistant AIRA [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://www.frontiersin.org/news/2025/09/16/getting-to-know-aira-our-digital-teammate-and-detective (дата обращения: 27.03.2026).

11. Forrester. The Total Economic Impact of DeepL [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://www.deepl.com/en/blog/deepl-forrester-tei-study-overview (дата обращения: 02.04.2026).

12. RELX Annual Report / SEC filing. Responsible AI and generative AI deployment [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/929869/000092986926000019/relx-20260212xex99d1.pdf (дата обращения: 01.04.2026).

13. Elsevier. Redefining research: next-generation AI-powered researcher solution [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://www.elsevier.com/about/press-

releases/redefining-research-elsevier-announces-next-generation-ai-powered-researcher-solution (дата обращения: 02.04.2026).

14. Bertelsmann Annual Report 2024: Penguin Random House and generative AI applications [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://www.publishersweekly.com/pw/newsbrief/index.html?record=4701 (дата обращения: 01.04.2026).

15. OpenAI. Terms of Use [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://openai.com/policies/terms-of-use/ (дата обращения: 2.04.2026).

16. Grammarly Business. Introducing The Productivity Shift: Grammarly's Fourth Annual Report [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.grammarly.com/business/learn/introducing-the-productivity-shift/ (дата обращения: 2.04.2026).

УДК 004.8:004.43

А. Т. Улукбеков, Т. А. Апилова
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

T. Ulukbekov, T. A. Apilova
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
amanturulukbekov06@gmail.com, tinatin.apilova@kstu.kg

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ТУРИСТИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

ЖАСАЛМА ИНТЕЛЛЕКТТИ КОЛДОНУП ТУРИСТТИК МАРШРУТТАРДЫ ПЛАНДОО ҮЧҮН АКЫЛДУУ ПЛАТФОРМАНЫ ИШТЕП ЧЫГУУ

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT PLATFORM FOR PLANNING TOURIST ROUTES USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Бул макалада жасалма интеллект технологияларын колдонуу менен туристтик маршруттарды пландаштыруу үчүн интеллектуалдык платформаны иштеп чыгуу талкууланат. Негизги басым туристтик жеткиликтүүлүктүн төмөндүгү жана өз алдынча саякат пландаштыруунун татаалдыгы көйгөйүн чечүүгө багытталган. Сунушталган система жекелештирилген маршрут тандоону, жайгашкан жер боюнча сунуштарды, жатаканаларды жана жекелештирилген турларды камсыз кылат жана маалыматтардын туура эмес түзүлүшүн жок кылуу үчүн гибриддик ыкманы колдонот.

Ачкыч сөздөр: *HTML, CSS, JavaScript,TypeScript,React, Vue, Angular, Node.js, Python, Java, PHP.*

В данной статье рассматривается разработка интеллектуальной платформы для планирования туристических маршрутов с использованием технологий искусственного интеллекта. Основное внимание уделяется решению проблемы низкой доступности туризма и сложности самостоятельного планирования путешествий. Предлагаемая система обеспечивает персонализированный подбор маршрутов, рекомендацию локаций, проживания и авторских туров, а также использует гибридный подход, исключающий недостоверную генерацию данных.

Ключевые слова: *HTML, CSS, JavaScript,TypeScript,React, Vue, Angular, Node.js, Python, Java, PHP.*

This article discusses the development of an intelligent platform for planning tourist routes using artificial intelligence technologies. The focus is on addressing the problem of low tourism accessibility and the complexity of independent travel planning. The proposed system provides personalized route selection, location recommendations, accommodations, and customized tours, and utilizes a hybrid approach to eliminate data misgeneration.

Key words: *HTML, CSS, JavaScript, TypeScript, React, Vue, Angular, Node.js, Python, Java, PHP.*

Введение. В современных условиях туризм является одним из наиболее перспективных направлений развития экономики Кыргызской Республики. В отличие от стран с выходом к морю, Кыргызстан обладает уникальным природным и культурным потенциалом: горные ландшафты, озёра, этническая культура, исторические объекты и гастрономические особенности.

Однако, несмотря на высокий потенциал, туристическая отрасль сталкивается с рядом существенных проблем. Одной из ключевых является сложность планирования путешествий для конечного пользователя.

Пользователи вынуждены использовать несколько различных сервисов для поиска маршрутов, выбора локаций, бронирования проживания и организации передвижения. Такая фрагментация информации значительно усложняет процесс планирования и снижает доступность туризма как для внутренних, так и для иностранных туристов.

Таким образом, возникает необходимость в создании единой цифровой системы, способной упростить и автоматизировать процесс планирования путешествий.[2]

Целью данного исследования является разработка интеллектуальной платформы, обеспечивающей автоматизированное и персонализированное планирование туристических маршрутов.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- анализ существующих решений в сфере туристических сервисов
- разработка структуры базы данных туристических объектов
- создание пользовательского интерфейса
- реализация алгоритма персонализированного подбора маршрутов
- интеграция с навигационными сервисами
- обеспечение гибкой адаптации маршрутов под пользователя

Описание предлагаемого решения. В рамках проекта разработана концепция веб-платформы, основанной на использовании технологий искусственного интеллекта.

Система позволяет пользователю:

- выбрать страну путешествия
- указать предпочтения (природа, культура, еда, музеи и др.)
- задать длительность поездки и бюджет

На основе этих данных система формирует персонализированный маршрут, включающий:

- туристические локации
- рекомендации по проживанию
- авторские туры и экскурсии
- гастрономические и культурные точки

Одной из ключевых особенностей системы является возможность динамического изменения маршрута. Пользователь может взаимодействовать с AI через встроенный чат, уточняя и изменяя маршрут в соответствии со своими предпочтениями.[3]

Пример работы системы. Пользователь выбирает страну — Кыргызстан, указывает интересы (например, горы, озёра и культура), задаёт длительность поездки — 5 дней и 400$ бюджет.

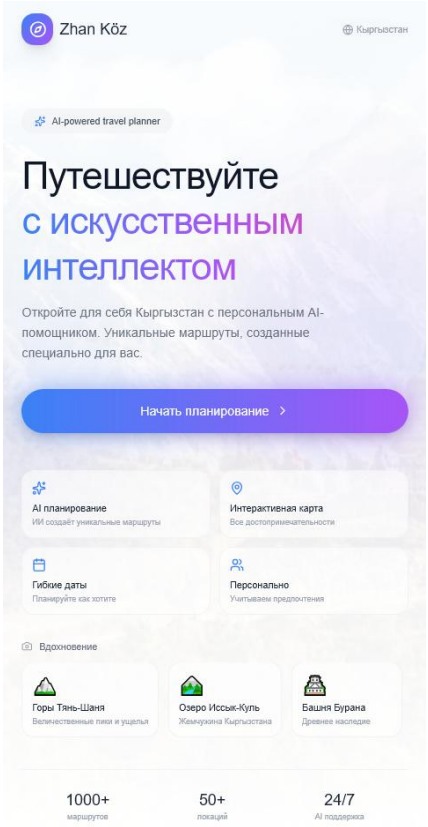


Рисунок 1 - Встречающая страница

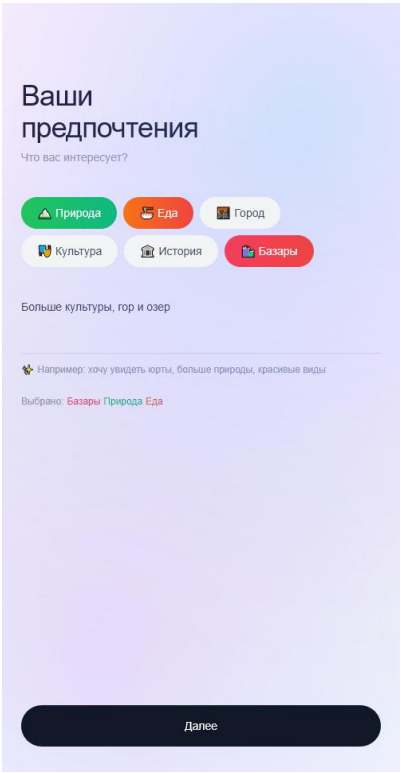


Рисунок 2 - Выбор предпочтение, дополнительное описание

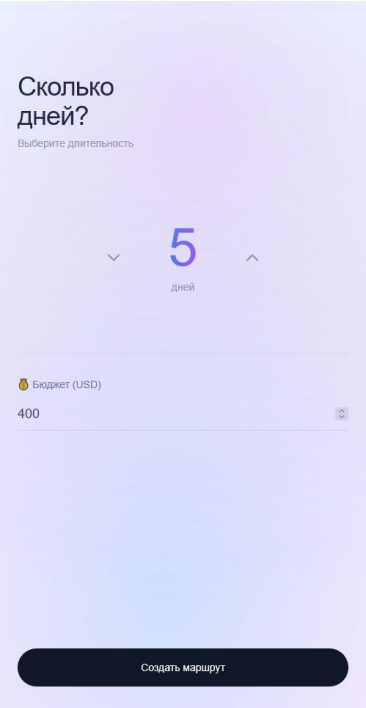


Рисунок 3 - Выбор кол-ва дней пребывания и бюджета

Система автоматически формирует маршрут:

- День 1 — природные локации
- День 2 — посещение озёр и активный отдых
- День 3 — культурные объекты и музеи
- День 4–5 — городская среда, гастрономия и отдых

Дополнительно предлагаются варианты проживания, а также авторские туры с гидами. При необходимости пользователь может изменить маршрут, например, добавить больше природных объектов или снизить бюджет, после чего система адаптирует маршрут в реальном времени[5].

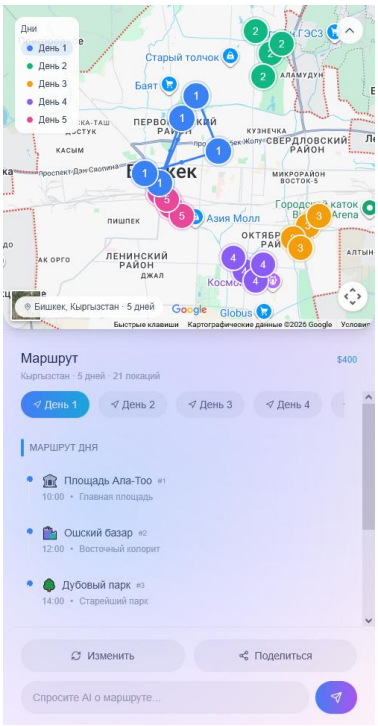


Рисунок 4 - Экран с подробным описанием маршрута, так же показ на Google карте с точками

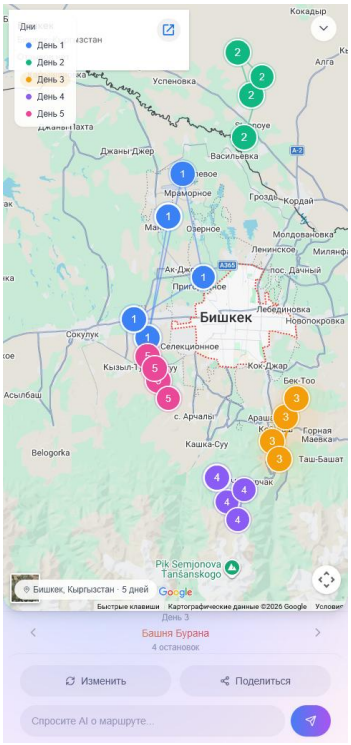


Рисунок 5 - Полный экран с картой, с панелью для изменения, либо уточнения о маршруте у чата с ИИ

Архитектура системы. Разрабатываемая система имеет трёхуровневую архитектуру: Frontend, Backend и AI-модуль.

Клиентская часть (Frontend). Клиентская часть реализована с использованием современных веб-технологий:

язык: TypeScript

библиотека: React

стилизация: Tailwind CSS

архитектура: компонентный подход

Функции Frontend:

выбор страны

настройка предпочтений пользователя

ввод параметров (длительность, бюджет)

отображение маршрута

визуализация карты

чат-интерфейс для взаимодействия с AI

Серверная часть (Backend)

Серверная часть реализована на платформе:

язык: JavaScript

среда выполнения: Node.js

фреймворк: Express.js

Backend выполняет следующие задачи:

обработка API-запросов

управление логикой приложения

работа с базой данных

формирование маршрутов

взаимодействие с AI-модулем

База данных содержит:

локации (с координатами)

категории (природа, культура, еда и др.)

маршруты
туры
объекты размещения
подробное описание с ключевыми словами
база данных: MongoDB / PostgreSQL
Интеллектуальный модуль (AI)
AI-модуль реализован с использованием подхода: Retrieval-Augmented Generation (RAG)
Используемые технологии:
LLM (OpenAI API или аналогичные модели)
обработка запросов пользователя
генерация маршрутов на основе данных
Суть подхода:
AI не генерирует информацию “с нуля”
он использует только данные из базы
формирует маршрут на основе реальных объектов
Это позволяет:
исключить недостоверные рекомендации
повысить точность маршрутов
обеспечить соответствие реальным условиям
AI-модуль выполняет следующие функции:
анализ пользовательских предпочтений
подбор оптимального маршрута
распределение локаций по дням
оптимизация логистики маршрута
адаптация маршрута по запросу пользователя (через чат)
Также реализована возможность динамического изменения маршрута:
Пользователь может в любой момент изменить параметры (например, добавить больше природы или снизить бюджет), после чего система перестраивает маршрут в реальном времени.

Интеграция внешних сервисов. Для реализации навигации используются внешние картографические сервисы, такие как 2GIS и Google Maps. Это позволяет не дублировать сложные системы навигации, использовать актуальные данные о транспорте (автобусы, построение маршрута подробного для полной удобности пользователя).

Влияние проекта на туристическую отрасль. Разрабатываемая интеллектуальная платформа направлена на повышение доступности и эффективности туристической отрасли. За счёт автоматизации планирования путешествий система снижает барьеры для пользователей, позволяя быстро получать персонализированные маршруты с учётом интересов, бюджета и Объединение данных в единую систему формирует основу для цифровизации туристической инфраструктуры и повышения качества пользовательского опыта.

Дополнительно проект создаёт возможности для продвижения локального бизнеса, включая объекты размещения, гастрономические точки и авторские туры, что положительно влияет на экономическое развитие отрасли.

Заключение. В рамках работы была разработана концепция интеллектуальной платформы для планирования туристических маршрутов, направленной на упрощение и автоматизацию процесса организации путешествий.

Использование искусственного интеллекта в сочетании со структурированными данными позволяет обеспечить точность, персонализацию и практическую применимость маршрутов, а также исключить генерацию недостоверной информации[6].

На текущий момент проект находится на стадии разработки. Планируется, что к концу мая — середине июня будет реализована первая полноценная версия системы, включающая

базовый функционал: авторизацию пользователей, генерацию персонализированных маршрутов, их редактирование и взаимодействие с AI-модулем.

Дальнейшее развитие проекта предполагает участие в стартап-хакатонах и конкурсах инновационных проектов с целью получения экспертной оценки и привлечения финансирования. В качестве одного из ключевых этапов рассматривается участие в акселерационной программе Accelerate Prosperity.

Предложенное решение способствует развитию туристической отрасли, повышению её цифровизации и эффективности использования туристического потенциала. В перспективе система может быть масштабирована и интегрирована с другими сервисами, формируя единую цифровую среду для планирования путешествий.
длительности поездки. Это делает процесс организации путешествий более простым и удобным.

Кроме того, платформа способствует развитию внутреннего и въездного туризма, обеспечивая доступ к структурированной информации о локациях, маршрутах и услугах.

Список литературы

1. JavaScript: The Good Parts / Д. Крокфорд. — O’Reilly Media, 2008.
2. Eloquent JavaScript / М. Хавербеке. — No Starch Press, 2018.
3. Learning React / А. Бэнкс, Е. Порчелло. — O’Reilly Media, 2020.
4. Don't Make Me Think / С. Круг. — New Riders, 2014.
5. Designing Data-Intensive Applications / М. Клеппман. — O’Reilly Media, 2017.
6. Clean Code / Р. Мартин. — Prentice Hall, 2008.
7. Node.js Design Patterns / М. Кашьяро. — Packt Publishing, 2020.
8. Building Microservices / С. Ньюман. — O’Reilly Media, 2021.

УДК 655:72.012

А.У. Уметалыева, С.А. Асеинова
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

S. A. Aseinova, A.U. Umetalyeva
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
sezu.asein.kyzy@gmail.com, ajsuluuumetalyeva@gmail.com

ГРАФИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОЛИГРАФИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

ГРАФИКАЛЫК ДИЗАЙН — ПОЛИГРАФИЯЛЫК ПРОДУКЦИЯНЫН САПАТЫН ЖОГОРУЛАТУУЧУ ФАКТОР

GRAPHIC DESIGN AS A FACTOR IN IMPROVING THE QUALITY OF PRINTED PRODUCTS

Бул макалада графикалык дизайн полиграфиялык продукциянын сапатын жогорулатуудагы маанилүү фактор катары каралат. Дизайндын негизги элементтери — композиция, типографика, түстүк чечимдер жана визуалдык каражаттар, ошондой эле аларды колдонуу принциптери талданат. Басып чыгаруунун технологиялык аспектилери жана заманбап тенденциялар да изилденет. Жыйынтыгында сапаттуу графикалык дизайн

продукциянын атаандаштыкка жөндөмдүүлүгүн жана эффективдүүлүгүн жогорулатарын көрсөтөт.

Ачкыч сөздөр: *графикалык дизайн, полиграфия, продукциянын сапаты, типография, композиция, түс, визуалдык коммуникация.*

В статье рассматривается роль графического дизайна как важного фактора повышения качества полиграфической продукции. Анализируются основные элементы дизайна, такие как композиция, типографика, цветовое решение и визуальные средства, а также принципы их применения. Особое внимание уделяется влиянию дизайна на восприятие информации, читаемость и эффективность коммуникации. Сделан вывод о том, что качественный графический дизайн способствует повышению конкурентоспособности и эффективности печатной продукции.

Ключевые слова: *графический дизайн, полиграфия, качество продукции, типографика, композиция, цвет, визуальная коммуникация.*

This article examines the role of graphic design as a key factor in improving the quality of printed products. It analyzes the main design elements such as composition, typography, color solutions, and visual tools, as well as the principles of their application. Special attention is given to the impact of design on perception, readability, and communication effectiveness. Technological aspects of printing and modern trends in graphic design are also discussed. The study concludes that high-quality graphic design significantly enhances the competitiveness and effectiveness of printed materials.

Keywords: *graphic design, printing, product quality, typography, composition, color, visual communication.*

Введение. Полиграфическая продукция на протяжении длительного времени сохраняет свою значимость как средство передачи информации. Несмотря на стремительное развитие цифровых технологий, печатные издания — книги, журналы, буклеты, визитные карточки и упаковочная продукция — продолжают активно применяться в различных сферах общественной и экономической деятельности.

В современных условиях особое значение приобретает не только информационное содержание, но и визуальная составляющая печатной продукции. Увеличение объёма информационных потоков обуславливает необходимость уделять повышенное внимание оформлению, поскольку именно внешний вид во многом определяет восприятие и выбор потребителя. В данном контексте графический дизайн выступает как ключевой инструмент, позволяющий структурировать информацию, повысить её доступность и обеспечить привлекательность для аудитории.

Актуальность рассматриваемой темы обусловлена необходимостью совершенствования качества полиграфической продукции, повышения её конкурентоспособности, а также возрастанием требований к эстетическим и функциональным характеристикам оформления.

К числу основных элементов графического дизайна относятся:

• типографика;

• цветовое оформление;

• композиционное построение;

• визуальные образы и графические элементы.

Не менее важную роль играют фундаментальные принципы дизайна — баланс, контраст, иерархия и единство, — которые обеспечивают создание не только визуально привлекательного, но и функционально эффективного продукта.

Особое значение в полиграфической сфере имеют следующие компоненты графического дизайна:

• типографика — включает выбор шрифтовых гарнитур, их кегль, межстрочные интервалы и пространственное расположение;

• цветовое решение — предполагает формирование гармоничной палитры, соответствующей целям коммуникации и характеристикам целевой аудитории;

• композиция — обеспечивает логичное и структурированное размещение элементов на плоскости;

• изображения и графика — использование фотографий, иллюстраций и пиктограмм для усиления визуального воздействия и передачи смысла.

Помимо этого, значимыми являются такие принципы, как баланс, контраст, иерархия, ритм и единство. Их соблюдение позволяет достичь гармонии между эстетикой и функциональностью печатного продукта.

Целью данной работы является исследование роли графического дизайна в повышении качества полиграфической продукции, а также анализ ключевых элементов и принципов, оказывающих влияние на её эффективность.

Теоретические основы графического дизайна. Графический дизайн представляет собой комплексную междисциплинарную область, объединяющую художественные, коммуникативные, психологические и технологические аспекты. Его основная функция заключается в визуальной трансляции информации с учётом закономерностей восприятия человека.

С позиций теории коммуникации любой печатный материал можно рассматривать как средство передачи информации от источника (автора или организации) к получателю (читателю или потребителю). В этом процессе графический дизайн выполняет роль своеобразного визуального языка, обеспечивающего эффективную передачу смысла.

К базовым принципам графического дизайна относятся:

• целостность;

• иерархическая организация;

• контраст;

• баланс;

• ритмическая структура;

• акцентирование элементов.

Роль графического дизайна в полиграфической продукции. Целостность формирует единый визуальный стиль, иерархия позволяет выделить ключевые элементы, контраст усиливает выразительность, а баланс обеспечивает гармоничное распределение компонентов композиции. Поскольку визуальная информация воспринимается человеком быстрее текстовой, грамотное дизайнерское решение существенно повышает эффективность передачи данных.

Полиграфическая продукция представляет собой не только носитель информации, но и важный инструмент визуально-эмоционального взаимодействия с аудиторией. В условиях информационного перенасыщения именно графический дизайн способствует выделению печатных материалов, повышает их заметность и облегчает восприятие. Он трансформирует текстовые и визуальные элементы в целостную композицию, способную оказывать влияние на восприятие и поведение человека.

Прежде всего, дизайн формирует первичное впечатление. Как показывают исследования, оценка внешнего вида объекта происходит в течение нескольких секунд. Низкое качество оформления или устаревшие визуальные решения могут существенно снизить интерес к продукции.

Кроме того, дизайн напрямую влияет на читаемость материала. Неправильный выбор шрифтов, неудачная верстка или перегруженность страницы усложняют восприятие информации и снижают её эффективность.

Также графический дизайн выполняет функцию эмоционального воздействия. Цветовые решения, формы и визуальные образы вызывают определённые ассоциации и эмоциональные реакции, способные влиять на поведение потребителя и его выбор.

В маркетинговом аспекте дизайн играет стратегическую роль: он способствует дифференциации продукции, формированию узнаваемого образа и укреплению бренда. Наличие

фирменного стиля повышает запоминаемость, а продуманное оформление облегчает восприятие информации и усиливает коммуникационный эффект.

В результате полиграфическая продукция приобретает не только эстетическую выразительность, но и функциональную значимость.

В качестве примера можно рассмотреть буклет — компактное печатное издание, используемое в рекламных и информационных целях. Благодаря грамотному применению средств графического дизайна он становится эффективным инструментом воздействия на целевую аудиторию, обеспечивая наглядную и структурированную подачу информации (см. рисунок 1).

Рисунок 1 – Пример полиграфической продукции

Основные элементы графического дизайна.

Композиция и верстка. Композиция выступает базовым элементом любого дизайнерского решения, определяя принципы размещения визуальных компонентов и характер их взаимосвязи на плоскости. Именно от композиционного построения зависит целостность и логичность восприятия информации.

Грамотно выполненная верстка предполагает учет следующих параметров:

- поля и интервалы между элементами;
- использование модульной сетки (grid system);
- выравнивание объектов;
- соблюдение пропорциональных соотношений.

Применение модульной сетки позволяет систематизировать размещение информации, обеспечивая визуальный порядок и структурированность. Данный подход особенно актуален при разработке многостраничных изданий, где важно сохранить единый стиль и удобство навигации.

Типографика.ьТипографика представляет собой совокупность приемов оформления текстовой информации и играет ключевую роль в восприятии печатного материала. Она включает выбор шрифтовых гарнитур, их комбинацию, размеры, межстрочные и межбуквенные интервалы, а также стилистическое оформление.

Выделяют несколько основных категорий шрифтов:

- антиква (шрифты с засечками);
- гротеск (шрифты без засечек);
- декоративные шрифты.

Рациональное сочетание различных шрифтов способствует формированию выразительного и удобочитаемого текста. При этом важно избегать избыточного разнообразия шрифтовых решений, поскольку это может негативно сказаться на восприятии информации.

Цветовое решение. Цвет является одним из наиболее значимых инструментов визуального воздействия, обладающим выраженным психологическим эффектом. Он способен привлекать внимание, формировать эмоциональное состояние и оказывать влияние на поведенческие реакции аудитории.

Например:

- красный цвет ассоциируется с динамикой, энергией и активностью;
- синий вызывает ощущение спокойствия, надежности и доверия;
- зеленый символизирует природу, баланс и гармонию.

В полиграфическом производстве необходимо учитывать не только эстетические характеристики цвета, но и технологические особенности, включая использование цветовых моделей (например, CMYK), а также специфику печатного воспроизведения.

Иллюстрации и визуальные элементы

Графические изображения играют важную роль в процессе передачи информации, способствуя её лучшему пониманию и повышению интереса со стороны аудитории.

К основным видам визуальных элементов относятся:

- фотографические изображения;
- иллюстрации;
- пиктограммы и иконки;
- инфографические материалы.

Особое внимание следует уделять качеству изображений, поскольку недостаточное разрешение или технические дефекты могут существенно снизить общее восприятие печатной продукции.

Технологические аспекты и качество печати. Итоговое качество полиграфической продукции определяется не только дизайнерским решением, но и уровнем технической реализации проекта.

К ключевым факторам относятся:

- разрешающая способность изображений (dpi);
- характеристики используемой бумаги;
- технология печати (офсетная, цифровая и др.);
- точность цветопередачи;
- методы послепечатной обработки (ламинирование, тиснение, вырубка и др.).

На этапе разработки макета дизайнер обязан учитывать указанные параметры, что позволяет минимизировать возможные потери качества при последующем производстве.

Влияние дизайна на восприятие и эффективность

Графический дизайн оказывает непосредственное влияние на поведение и реакцию потребителя. Он способен:

- привлекать внимание к продукту;
- поддерживать интерес аудитории;
- упрощать восприятие информации;
- стимулировать целевые действия.

Так, качественно разработанный рекламный буклет может существенно повысить уровень продаж и вовлеченности аудитории, тогда как недостаточно продуманное оформление способно нивелировать эффективность даже содержательно сильного материала (см. рисунок 2).

Рисунок 2 – Рекламный буклет для отеля

Также дизайн влияет на запоминаемость. Визуально привлекательные материалы лучше остаются в памяти (пример показано на рисунке 2).

Современные тенденции в полиграфическом дизайне. Современный графический дизайн развивается под влиянием технологий и культурных изменений.

Основные тенденции:

- минимализм;
- использование белого пространства;
- крупная типографика;
- яркие акценты;
- экологичность;
- персонализация.

Кроме того, наблюдается интеграция печатных и цифровых технологий, например использование QR-кодов (см. рисунок 3).

Рисунок 3 – QR коды интеграция печатных и цифровых технологий

Графический дизайн находит широкое применение в различных областях деятельности, среди которых можно выделить:

- рекламную сферу;
- издательскую деятельность;
- разработку упаковочной продукции;
- формирование корпоративного стиля;
- создание образовательных материалов.

В каждой из перечисленных сфер графический дизайн выполняет важную функцию — он способствует повышению качества конечного продукта, а также обеспечивает более эффективную передачу информации и взаимодействие с целевой аудиторией.

Вывод. Следовательно, графический дизайн занимает ключевое место в структуре современной полиграфической продукции. Его влияние распространяется на визуальное оформление, удобство использования и особенности восприятия информации потребителем.

Применение профессиональных дизайнерских решений позволяет не только улучшить эстетические характеристики печатной продукции, но и значительно повысить её функциональную ценность и коммуникативную эффективность. В условиях усиливающейся конкуренции именно качественный дизайн становится одним из определяющих факторов успешности продукции на рынке.

Кроме того, динамичное развитие технологий, а также трансформация потребительских запросов усиливают роль графического дизайна в полиграфической отрасли. В перспективе его значимость будет возрастать, что обуславливает необходимость постоянного профессионального развития специалистов, расширения их компетенций и освоения современных инструментов и подходов в области дизайна.

Список литературы

1. Арнхейм Р. Искусство и визуальное восприятие. – М.: Архитектура-С, 2012.
2. Луптон Э. Графический дизайн: базовые концепции. – СПб.: Питер, 2015.
3. Самара Т. Дизайн: элементы, принципы и практика. – М.: РИП-холдинг, 2014.
4. Бэрд Д. Основы графического дизайна. – М.: АСТ, 2016.
5. Голубева О.Л. Основы композиции. – М.: Искусство, 2010.
6. Фрост К. Цвет в дизайне. – СПб.: Питер, 2013.

УДК: 004.455:004.056

Н.Н. Чингизова, Ж.Д. Дулатов
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

N.N. Chingizova, J.D. Dulatov
I. Razzakov Kyrgyz State Technical University, Bishkek, Kyrgyz Republic
nurbekkyzynurgiza@gmail.com, dulatovjakshylyk@gmail.com

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ: LINUX И MICROSOFT WINDOWS

ОПЕРАЦИЯЛЫК СИСТЕМАЛАРДЫН САЛЫШТЫРМА АНАЛИЗИ: LINUX ЖАНА MICROSOFT WINDOWS

COMPARATIVE ANALYSIS OF OPERATING SYSTEMS: LINUX AND MICROSOFT WINDOWS

Бул макаланын максаты Linux жана Microsoft Windows системасын салыштырмалуу талдоо болуп саналат. Алардын архитектуралык структурасы, иштөө механизмдери, иштөө деңгээли, коопсуздук мүмкүнчүлүктөрү жана колдонууга ыңгайлуулугу каралат. Программалык камсыздоонун жана жабдыктардын шайкештиги, баа жана лицензиялоо маселелерине өзгөчө көңүл бурулат. Жүргүзүлгөн изилдөөлөрдүн негизинде ар бир иштөө тутумунун артыкчылыктары жана чектөөлөрү, ошондой эле алардын колдонулушу аныкталды. Алынган натыйжалар операциялык системаны тандоодо практикалык мааниге ээ.

***Ачкыч сөздөр**: операциялык система, Linux, Microsoft Windows, компьютер, салыштырма анализ, коопсуздук, өндүрүмдүүлүк, программалык камсыздоо, колдонуучу интерфейси.*

В данной статье представлен сравнительный анализ операционных систем Linux и Microsoft Windows. Рассматриваются их архитектурная структура, механизмы работы, уровни производительности, возможности обеспечения безопасности и удобство использования. Особое внимание уделяется вопросам совместимости программного и аппаратного обеспечения, ценообразованию и особенностям лицензирования. На основе проведенного исследования были определены преимущества и ограничения каждой операционной системы, а также области их применения. Полученные результаты имеют практическое значение при выборе операционной системы.

***Ключевые слова**: операционная система, Linux, Microsoft Windows, сравнительный анализ, безопасность, производительность, программное обеспечение, пользовательский интерфейс.*

This article provides a comparative analysis of the Linux and Microsoft Windows operating systems. It discusses their architectural structure, operating mechanisms, performance levels, security capabilities, and ease of use. Special attention is also paid to software and hardware compatibility issues, pricing, and licensing features. Based on the research, the advantages and limitations of each operating system were identified and their areas of application were identified. The results obtained are of practical importance in choosing an operating system.

***Key words**: operating system, Linux, Microsoft Windows, comparative analysis, security, performance, software, user interface*

Введение. Операционная система представляет собой базовый программный компонент вычислительной системы, обеспечивающий координацию работы аппаратных средств и взаимодействие пользователя с компьютером. Именно она отвечает за распределение ресурсов, выполнение программ и организацию процессов обработки информации. От выбора конкретной операционной системы в значительной степени зависят такие характеристики, как производительность, уровень защищённости данных и удобство работы с программными продуктами. В современных условиях наибольшее распространение получили операционные системы Linux и Microsoft Windows, каждая из которых реализует собственную концепцию разработки и эксплуатации. Linux относится к системам с открытым исходным кодом и отличается высокой степенью адаптивности, надёжности и гибкости. В противоположность этому, Windows представляет собой коммерческое программное решение, ориентированное на широкий круг пользователей и обеспечивающее высокую степень совместимости с различным программным обеспечением. Необходимость проведения сравнительного анализа указанных операционных систем обусловлена ростом требований к эффективности функционирования информационных технологий, а также повышенными

требованиями к безопасности данных, особенно в условиях активного развития цифровых и медийных технологий.

В качестве объекта исследования рассматриваются операционные системы как основа функционирования вычислительных комплексов, тогда как предметом исследования выступают их архитектурные особенности, функциональные возможности и различия на примере Linux и Microsoft Windows.

Целью данного исследования является выявление ключевых характеристик рассматриваемых систем, их преимуществ и ограничений, а также определение областей наиболее рационального применения.

Исторические аспекты развития Linux и Microsoft Windows. Формирование операционной системы Linux началось в 1991 году, когда Линус Торвальдс инициировал разработку ядра как свободного программного продукта. Изначально система задумывалась как альтернатива существующим UNIX-решениям, ориентированная на персональные компьютеры. Существенным фактором её развития стало распространение под лицензией GNU GPL, что позволило привлечь международное сообщество разработчиков. В результате Linux трансформировался в масштабируемую и высокопроизводительную платформу, применяемую в серверных системах, суперкомпьютерах, мобильных устройствах и встроенных решениях.

Операционная система Microsoft Windows была представлена в 1985 году и первоначально функционировала как графическое расширение для MS-DOS. В дальнейшем система прошла значительную эволюцию, превратившись в самостоятельную платформу с развитой архитектурой. Важным этапом стало создание семейства Windows NT, ориентированного на повышение надёжности и безопасности. Благодаря удобству интерфейса и широкой поддержке программных продуктов Windows заняла лидирующие позиции на рынке персональных компьютеров.

Операционная система Linux демонстрирует устойчивый, хотя и относительно медленный рост. Это связано с расширением её применения в серверных технологиях, облачных решениях и профессиональной среде. Повышение интереса к открытым технологиям также способствует увеличению её популярности.

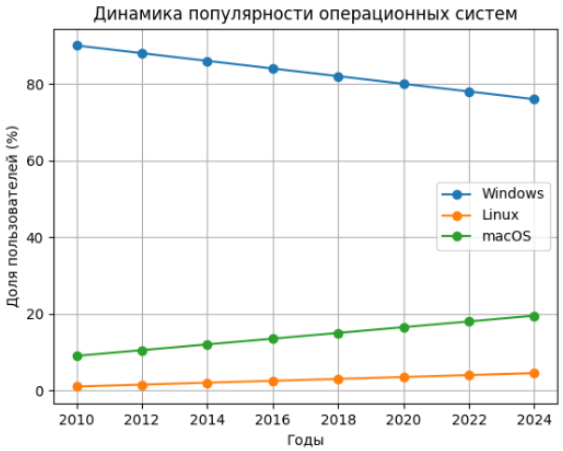


Рисунок 1 - Динамика изменения популярности операционных систем

На представленном рисунке 1 отражена динамика изменения доли пользователей различных операционных систем в течение определённого временного периода. Анализ визуальных данных позволяет выявить основные тенденции развития рынка операционных систем. Как видно из графика, операционная система Microsoft Windows сохраняет лидирующие позиции на протяжении всего рассматриваемого периода, однако наблюдается постепенное снижение её доли. Данная тенденция может быть обусловлена развитием альтернативных платформ и изменением предпочтений пользователей.

Принципы функционирования операционных систем. Основу работы Linux составляет монолитное ядро, обладающее модульной структурой. Все ключевые компоненты системы, включая механизмы управления процессами, памятью и устройствами, функционируют в рамках ядра, что позволяет минимизировать задержки при обработке данных. Модульность архитектуры обеспечивает возможность динамического изменения состава системы в зависимости от поставленных задач.

В операционной системе Windows реализован иной подход: используется гибридная архитектура ядра, сочетающая характеристики монолитных и микроядерных решений. Разделение на пользовательский и системный уровни позволяет повысить устойчивость работы системы и обеспечить изоляцию выполняемых процессов. Такой подход способствует достижению баланса между производительностью, безопасностью и универсальностью.

Особенности пользовательского интерфейса. С точки зрения взаимодействия с пользователем, рассматриваемые операционные системы демонстрируют различные подходы.

Windows ориентирована на обеспечение максимальной доступности для пользователей и предлагает унифицированный графический интерфейс, отличающийся простотой освоения и логичной организацией элементов управления. Наличие стандартных компонентов интерфейса позволяет пользователю быстро адаптироваться к работе в системе без необходимости углублённого изучения её внутренних механизмов.

Linux, напротив, предоставляет более широкий спектр возможностей по настройке интерфейса. Различные графические среды позволяют изменять внешний вид и функциональность системы в соответствии с индивидуальными требованиями пользователя. Однако эффективная работа в данной системе зачастую требует владения дополнительными техническими навыками, включая использование командной строки.

Производительность и требования к ресурсам. С точки зрения эффективности использования аппаратных ресурсов Linux демонстрирует высокую производительность. Оптимизированная архитектура и минимальное количество фоновых процессов позволяют системе функционировать стабильно даже при ограниченных ресурсах, что делает её особенно востребованной в серверной среде.

В отличие от этого, Windows предъявляет более высокие требования к вычислительным ресурсам, особенно в современных версиях. Тем не менее, при наличии достаточной аппаратной мощности система обеспечивает высокую производительность, особенно при работе с графикой и мультимедийными приложениями.

Безопасность является важным критерием оценки операционных систем.

Linux характеризуется строгой системой разграничения прав доступа, при которой пользователи обладают ограниченными возможностями, а выполнение критически важных операций требует повышенных привилегий. Дополнительным преимуществом является открытость исходного кода, что способствует оперативному обнаружению и устранению уязвимостей.

Windows чаще подвергается внешним угрозам, что связано с её широкой распространённостью. Однако современные версии системы оснащены встроенными средствами защиты, включая антивирусные решения и механизмы контроля доступа, что значительно повышает уровень безопасности.

Программная совместимость. С точки зрения поддержки программного обеспечения Windows обладает значительным преимуществом. Большинство коммерческих приложений и игр ориентированы именно на данную платформу, что делает её универсальной для широкого круга задач.

Linux, в свою очередь, предлагает большое количество программ с открытым исходным кодом, однако выбор специализированного коммерческого ПО может быть ограничен. При этом существуют инструменты, позволяющие запускать приложения, разработанные для других платформ.

Экономические аспекты использования. Linux распространяется на бесплатной основе, что делает его доступным для широкого круга пользователей и организаций. Кроме того, открытый код позволяет адаптировать систему под конкретные требования.

Windows является коммерческим продуктом, использование которого требует приобретения лицензии. Стоимость может варьироваться в зависимости от версии и условий эксплуатации, что следует учитывать при выборе системы.

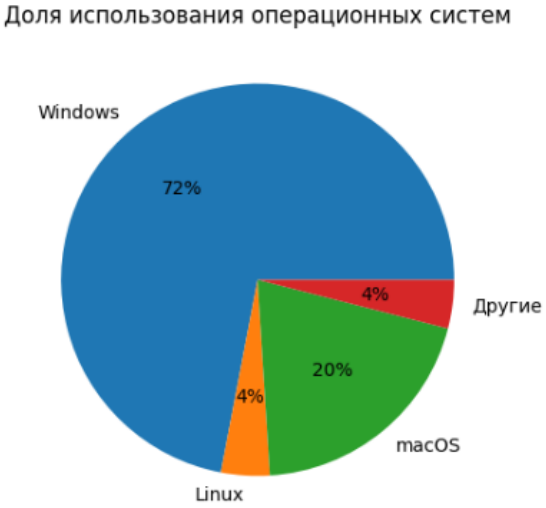


Рисунок 2 - Распределение долей использования операционных систем

На рисунке 2 отражено процентное соотношение пользователей различных операционных систем, что позволяет наглядно оценить их распространённость на современном этапе.

Сферы применения. Linux широко применяется в профессиональной среде, включая серверные решения, облачные технологии и разработку программного обеспечения. Его стабильность и гибкость делают его предпочтительным выбором для специалистов.

Windows, в свою очередь, активно используется на персональных компьютерах, в образовательной и офисной среде, а также в сфере мультимедиа и развлечений, что обусловлено удобством и широкой поддержкой программного обеспечения. Далее можно посмотреть сравнительную таблицу 1.

Таблица 1 - Сравнительный анализ операционных систем Linux и Microsoft Windows

Показатель	**Операционная система Linux**	**Операционная система Microsoft Windows**
Модель распространения	Свободное программное обеспечение с открытым исходным кодом	Проприетарное программное обеспечение с ограниченным доступом к исходному коду
Финансовые затраты на использование	Отсутствуют, система доступна бесплатно	Требуется приобретение лицензии
Тип архитектуры ядра	Монолитная архитектура с возможностью модульного расширения	Гибридная архитектура, сочетающая различные подходы
Требования к аппаратному обеспечению	Низкие, возможна работа на устаревших системах	Более высокие, особенно в актуальных версиях

Показатель	Операционная система Linux	Операционная система Microsoft Windows
Надёжность функционирования	Отличается стабильностью и длительной непрерывной работой	Требует периодических обновлений и перезагрузок
Уровень защищённости	Повышенный благодаря системе прав доступа и архитектуре	Средний, требует дополнительных средств защиты
Механизм обновления системы	Контролируется пользователем, гибкая настройка	Централизованный, часто автоматизированный
Простота освоения	Требует определённой технической подготовки	Подходит для пользователей без специальных знаний
Использование командной строки	Является ключевым инструментом управления	Используется как дополнительное средство
Гибкость настройки системы	Очень высокая, возможна глубокая модификация	Ограниченная, зависит от политики разработчика
Основные сферы применения	Серверы, облачные технологии, разработка, безопасность	Офисная деятельность, мультимедиа, игры
Зависимость от разработчика	Отсутствует, развитие осуществляется сообществом	Полная зависимость от компании-разработчика

В таблице 1 приведено сопоставление ключевых характеристик операционных систем Linux и Microsoft Windows по основным критериям оценки.

Вывод: Проведённое исследование позволило установить, что операционные системы Linux и Microsoft Windows основаны на различных принципах организации и использования. При этом Linux обладает рядом значимых достоинств, среди которых можно выделить высокий уровень защищённости, широкие возможности настройки, рациональное использование аппаратных ресурсов и отсутствие необходимости в приобретении лицензии. В свою очередь, Microsoft Windows характеризуется удобством эксплуатации и высокой совместимостью с программным обеспечением, что обеспечивает её широкое распространение среди пользователей. Следовательно, Linux можно рассматривать как более эффективное решение для профессиональной деятельности и серверных систем, тогда как Windows преимущественно применяется для повседневных пользовательских задач.

Список дитературы

1. Немнюгин С. А. Операционные системы. — Санкт-Петербург: Питер, 2019. — 512
2. Гордеев А. В. Операционные системы. — Москва: Юрайт, 2020. — 416 с.
3. Microsoft Windows. – [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Windows
4. Linux. – [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://timeweb.com/ru/community/articles/kratkaya-istoriya-linux-1

УДК 004.8:159.9

С.Н. Сыдыгалиев

И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

S.N. Sydygaliev
Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic
sydygalievsali7@gmail.com

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА МЫШЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА

ЖАСАЛМА ИНТЕЛЛЕКТТИН АДАМДЫН ОЙ ЖҮГҮРТҮҮСҮНӨ ТИЙГИЗГЕН ТААСИРИ

THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON HUMAN THINKING

Бүгүнкү күндө жасалма интеллект (ЖИ) күнүмдүк жашоонун бир бөлүгү болуп калды. Биз аны маалымат издөө, тапшырмаларды чечүү жана чечим кабыл алуу үчүн колдонобуз. Бул ыңгайлуу жана тез, бирок акырындык менен өз алдынча ой жүгүртүүнү азайтып жаткандыгыбызды байкай баштайбыз. Мурда адам нерсени түшүнүү үчүн издеши, окушу, салыштырышы жана тыянак чыгарышы керек болчу. Азыр болсо, суроо берип койсоң, жооп даяр болот. Бир жагынан, бул убакытты үнөмдөйт, экинчи жагынан — ой жүгүртүүнүн өзүн өзгөртүп жатат. Суроо жаралат: ЖИ бизге өнүгүүгө жардам береби же акырындык менен өз алдынча ой жүгүртүү жана аналитикалык жөндөмдү алсыратып жатабы?

Ачкыч сөздөр: *жасалма интеллект, аң-сезимдин трансформациясы, критикалык ой жүгүртүү, когнитивдик жөндөмдөр, санариптик технологиялар, нейроилим, окутуу жана билим берүү, адамдын өнүгүүсү, ЖИ инструмент катары, билимди кеңейтүү.*

Сегодня мы живём в мире, где искусственный интеллект (ИИ) стал частью повседневной жизни. Мы пользуемся им, чтобы искать информацию, решать задачи и даже принимать решения. Это удобно и быстро, но всё чаще замечаешь, что начинаешь меньше думать самостоятельно. Раньше, чтобы что-то понять, человеку нужно было искать, читать, сравнивать и делать выводы. Сейчас достаточно задать вопрос — и ответ уже готов. С одной стороны, это экономит время, с другой — меняет сам процесс мышления. Возникает вопрос: помогает ли ИИ нам развиваться или постепенно ослабляет способность к самостоятельному мышлению и анализу?

Ключевые слова: *искусственный интеллект, трансформация сознания, критическое мышление, когнитивные способности, цифровые технологии, нейронаука, обучение и образование, развитие человека, ИИ как инструмент, расширение знаний.*

Today we live in a world where artificial intelligence (AI) has become part of everyday life. We use it to search for information, solve tasks, and even make decisions. This is convenient and fast, but increasingly we notice that we start thinking less independently. In the past, to understand something, a person needed to search, read, compare, and draw conclusions. Now, it is enough to ask a question — and the answer is already ready. On one hand, this saves time; on the other hand, it changes the very process of thinking. The question arises: does AI help us develop, or does it gradually weaken our ability to think and analyze independently?

Key words: *artificial intelligence, transformation of consciousness, critical thinking, cognitive abilities, digital technologies, neuroscience, learning and education, human development, AI as a tool, knowledge expansion.*

Киришүү. Бүгүнкү күндө жасалма интеллект (ЖИ) адамдын күнүмдүк жашоосунун бөлүгү болуп калды. Ал маалыматты тез табууга жана тапшырмаларды чечүүгө жардам берет, бирок анын ой жүгүртүүгө жана өз алдынча анализ жасоо жөндөмүнө тийгизген таасири актуалдуу маселе бойдон калууда.

Изилдөөнүн максаты: Жасалма интеллекстин адамдын ой жүгүртүүсүнө жана когнитивдик жөндөмдүүлүгүнө тийгизген таасирин изилдөө.

Материалдар жана изилдөө ыкмалары: Иште илимий макалалар, тарыхый мисалдар жана заманбап изилдөөлөр колдонулган. Маалыматтарды талдоо, салыштыруу жана жалпылоо ыкмалары колдонулган.

Изилдөөнүн жыйынтыктары жана талкуусу: Жасалма интеллект маалымат алууну кыйла жеңилдетет жана убакытты үнөмдөйт, бирок ашыкча колдонулганда өз алдынча ой жүгүртүүнү, анализди жана маалыматты эс тутууну азайтат. Ошондой эле ИИ татаал маселелерде дайыма так жооп бере бербейт, бул адамдын сынчыл мамилесин талап кылат.

Жыйынтык: Жасалма интеллект пайдалуу курал болуп саналат, бирок өз алдынча ой жүгүртүүнү алмаштырбашы керек. Анын эффективдүү колдонулушу адамдын билим алуу жана маалыматтарды талдоо процессиндеги активдүү ролун сактоодо гана мүмкүн.

Введение. Сегодня искусственный интеллект стал частью повседневной жизни человека. Он помогает быстро находить информацию и решать задачи, однако его влияние на мышление и способность к самостоятельному анализу остаётся актуальным вопросом

Цель исследования. Изучить влияние искусственного интеллекта на мышление и когнитивные способности человека.

Материал и методы исследования. В работе использованы научные статьи, исторические примеры и современные исследования. Применялись методы анализа, сравнения и обобщения информации

Результаты исследования и их обсуждение. Искусственный интеллект значительно упрощает получение информации и экономит время, однако при чрезмерном использовании может снижать уровень самостоятельного мышления, анализа и запоминания. Также выявлено, что ИИ не всегда даёт точные ответы в сложных вопросах, что требует критического отношения со стороны человека.

Сегодня мы живём в мире, где искусственный интеллект (ИИ) стал частью повседневной жизни. Мы пользуемся им, чтобы искать информацию, решать задачи и даже принимать решения. Это удобно и быстро, но всё чаще замечаешь, что начинаешь меньше думать самостоятельно. Раньше, чтобы что-то понять, человеку нужно было искать, читать, сравнивать и делать выводы. Сейчас достаточно задать вопрос — и ответ уже готов. С одной стороны, это экономит время, с другой — меняет сам процесс мышления. Возникает вопрос: помогает ли ИИ нам развиваться или постепенно ослабляет способность к самостоятельному мышлению и анализу?

Учёные Московского государственного университета отмечают, что цифровые технологии делают жизнь удобнее, но лишают нас приватности и контроля над личной информацией. При этом такие ограничения помогают людям лучше ценить свободу . Также исследователи указывают, что биотехнологии, нейроинтерфейсы и ИИ могут менять мышление и поведение человека. Но человек всегда развивался вместе с технологиями, и это естественный процесс. Хотя ИИ умеет создавать тексты, музыку и искусство, человек остаётся уникальным благодаря эмоциям и креативности.

Если взглянуть на историю, можно увидеть, что страхи по поводу новых технологий всегда повторяются. Сократ, с появлением письменности, говорил, что память у людей ослабнет, ведь мозг будет меньше тренироваться . Иоганн Гутенберг, создав печатный станок, столкнулся с опасением, что переизбыток информации приведёт к поверхностному знанию. Дэни Дидро, один из авторов Энциклопедии, боялся, что люди будут знать понемногу обо всём, но глубоко ни в чём не разбираться . Даже во время индустриализации машины воспринимали как угрозу человеческой роли в обществе. Но в итоге письменность освободила память, а книги ускорили распространение знаний.

Отличие ИИ от письменности и печатного станка в том, что прошлые технологии расширяли физические возможности человека, а ИИ расширяет познавательные способности и влияет на сам процесс мышления. Физические инструменты формируют человека, например фермера, а цифровые — формируют наше мышление. Если мы слишком полагаемся на ИИ, это может ослабить критическое мышление, умение анализировать и запоминать информацию.

Для исследования я использовал метод анализа литературы, исторических примеров и современных исследований о влиянии ИИ на когнитивные функции человека. Такой подход позволяет увидеть закономерности и сделать выводы о современных тенденциях.

Результаты показывают, что ИИ — мощный инструмент, экономящий время и усилия. Он упрощает жизнь, но может ослабить умение самостоятельно думать и глубоко анализировать информацию. Искусственный интеллект не идеален: в простых вещах он точен, но в сложных культурных или исторических вопросах может ошибаться. Например, если спросить про кыргызские тамги, ИИ сначала может дать неверный ответ, а потом согласиться с подсказкой и продолжить объяснение не совсем правильно. Полная зависимость от ИИ может привести к неверным решениям. Знания приходят через опыт, а поверхностное изучение не даёт настоящего понимания и не закрепляется. По словам профессора Татьяны Черниговской, если вытянуть все нейроны с отростками из человеческого мозга и выстроить их в одну линию, длина составит 2,8 миллиона километров — это семи полётов на Луну . Излишнее доверие ИИ может ослабить работу миллионов километров нейронных связей и негативно сказаться на умении думать.

Важно помнить, что инструмент должен оставаться инструментом. У человека самое бесценное — это время. Любой инструмент облегчает жизнь, но нельзя полностью доверять ИИ все свои решения. Мы должны сами направлять технологии и оставаться активными участниками процесса. Книга не заменит учителя, так и ИИ не заменит человека. Смысл всегда создаёт человек. Как сказал Маршалл Маклюэн: "Мы создаём инструменты, а затем инструменты формируют нас" . Человек, работавший на ферме, начинал с инструментов, которые облегчали жизнь. Сегодня мы так привыкли к ИИ, что иногда рассказываем ему свои проблемы, ожидая совет.

Но важно помнить: ИИ нужно использовать не для упрощения в обучении, а для расширения знаний. Тогда его применение будет действительно полезным. Сюда подходят слова Аристотеля: "Орудие становится полезным или вредным в зависимости от цели его использования"

Страхи, что ИИ разрушит человека, сильно преувеличены. Человек адаптивен, а технологии всегда помогали нам развиваться. Главное — использовать ИИ как инструмент, который расширяет наши возможности, а не заменяет нас. Аристотель говорил, что высшее знание — это созерцание истины, приближающее человека к божественному разуму. Жусуп Баласагын писал: «Знание подобно мускусу — чем больше его скрываешь, тем сильнее распространяется его аромат».Таким образом, ИИ — мощный инструмент, экономящий время и силы, но он не заменяет личное размышление, опыт и критическое мышление. Человек остаётся главным, а ИИ — помощником. Используя его правильно, мы усиливаем свой разум, а если полагаться на него слишком сильно — рискуем ослабить умение думать и теряем навык глубокого анализа и самостоятельного размышления.

Выводы или заключение. Искусственный интеллект является полезным инструментом, но не должен заменять самостоятельное мышление. Его эффективное использование возможно только при сохранении активной роли человека в процессе обучения и анализа информации.

Список литературы

1.Аристотель. Никомахова этика. Москва: Издательство «АСТ», 2009.

2.Баласагын, Ж. (XI–XII вв.). Кутадгу билиг (перевод на русский язык). Бишкек: Издательство «Кыргызстан», 2005.

3.Черниговская, Т. А. (2022). Нейронаука и когнитивные функции человека. Москва: Наука.

4.Дидро, Д. (1751). Энциклопедия, или словарь наук, искусств и ремёсел. Париж: Бриассон.

5.Маклюэн, М. (1964). Понимание медиа: расширения человека. Нью-Йорк: McGraw-Hill.

6.Платон. Федр. Москва: Издательство «Оксфорд», 2008.

7.Московский государственный университет (МГУ). (2023). Влияние цифровых технологий на человеческое сознание. Москва: МГУ.

8.Гутенберг, И. (1440). Изобретение печатного станка. Майнц: Исторические записи.

УДК 004.056.5:519.246

Э.М. Зарлыков, А.Б. Салиев
И. Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

E.M. Zarlykov, A.B. Saliev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
erjan.zarlykov2020@gmail.com saliev.a@kstu.kg

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ARIMA, LSTM И PROPHET ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ KPI SOC

SOC KPI МЕТРИКАЛАРЫН БОЛЖОЛДОО: ARIMA, LSTM ЖАНА PROPHET ЫКМАЛАРЫНЫН САЛЫШТЫРМАЛУУ ТАЛДООСУ

COMPARATIVE ANALYSIS OF ARIMA, LSTM AND PROPHET FOR SOC KPI FORECASTING

Макалада маалыматтык коопсуздук мониторинг борборлорунун (SOC) KPI метрикаларын — MTTD, MTTR, MTTC, FPR, Alert Load Index — болжолдоо үчүн үч ыкманы: ARIMA, LSTM жана Prophet салыштырмалуу талдоо жүргүзүлөт. Илимий жаңылык — аталган ыкмаларды бир эле маалымат базасында (Wazuh SIEM, 12 ай) тажрыйбалык жактан салыштыруу болуп саналат. Сыноо маалыматтарында ARIMA эң жакшы натыйжаны көрсөттү: орточо MAPE 9.44 %, Prophet — 9.68 %, LSTM — 12.10 %.

Ачкыч сөздөр: *SOC, KPI, ARIMA, LSTM, Prophet, убакыт катарлары, салыштырма талдоо.*

В статье проводится сравнительный анализ трёх методов прогнозирования временных рядов — ARIMA, LSTM и Prophet — применительно к операционным метрикам центров мониторинга информационной безопасности (SOC). Научная новизна состоит в первом систематическом экспериментальном сравнении указанных методов на реальных данных SIEM-платформы Wazuh по метрикам MTTD, MTTR, MTTC, FPR и Alert Load Index. Установлено, что ARIMA обеспечивает наименьшее среднее MAPE (9.44 %) при минимальных требованиях к объёму данных, тогда как Prophet превосходит конкурентов для метрик с выраженной недельной сезонностью.

Ключевые слова: *SOC, ARIMA, LSTM, Prophet, временные ряды, сравнительный анализ, MAPE.*

This paper presents a comparative analysis of three time series forecasting methods — ARIMA, LSTM, and Prophet — applied to Security Operations Center (SOC) operational metrics. The scientific novelty lies in the first systematic experimental comparison of these methods on real Wazuh SIEM data covering five KPIs: MTTD, MTTR, MTTC, FPR, and Alert Load Index over a 12-month period. Results show that ARIMA achieves the lowest average MAPE (9.44 %) with minimal data requirements, while Prophet outperforms competitors for metrics with pronounced weekly seasonality.

Key words: *SOC, ARIMA, LSTM, Prophet, time series, comparative analysis, MAPE.*

Введение. В предыдущей работе авторов [1] была разработана и апробирована система интеллектуального прогнозирования ключевых показателей эффективности (KPI) центра мониторинга информационной безопасности — Security Operations Center (SOC) — на основе модели ARIMA, интегрированной с платформой Wazuh SIEM. Практическая точность MAPE < 12 % по всем пяти метрикам подтвердила применимость статистических методов к задаче прогнозирования операционных показателей SOC.

Вместе с тем в выводах указанной работы было обозначено ограничение: ARIMA является классическим статистическим методом и не использует сложных нелинейных зависимостей между переменными. В последние годы для прогнозирования временных рядов активно применяются нейросетевые архитектуры — в частности, рекуррентные сети с долгой краткосрочной памятью (LSTM), а также пакет Prophet, разработанный компанией Meta [2, 3]. Вопрос о том, какой из методов обеспечивает наилучшую точность именно для операционных KPI SOC, остаётся открытым.

Цель данной работы — провести систематическое сравнение методов ARIMA, LSTM и Prophet для прогнозирования метрик MTTD, MTTR, MTTC, FPR и Alert Load Index на одних и тех же реальных данных Wazuh SIEM за 12 месяцев.

Обзор литературы. Методология ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average), разработанная Боксом и Дженкинсом [4], является стандартом анализа одномерных временных рядов с более чем 50-летней историей применения. Хайндман и Афанасопулос [5] систематически исследовали применение ARIMA в задачах прогнозирования нагрузки IT-систем, указав на высокую эффективность метода при объёме выборки от 50 наблюдений.

LSTM (Long Short-Term Memory) — архитектура рекуррентных нейронных сетей, предложенная Хохрайтером и Шмидхубером [6]. В отличие от ARIMA, LSTM способна улавливать долгосрочные нелинейные зависимости в данных, что делает её перспективной для прогнозирования сложных временных рядов. Применение LSTM в задачах прогнозирования аномалий в сетевом трафике рассматривается в документации Wazuh [9]. Основным ограничением является потребность в значительном объёме обучающих данных — не менее 180 суточных наблюдений для надёжной модели.

Prophet — инструмент прогнозирования, разработанный командой Meta в 2018 году [3]. Метод использует аддитивную модель: ряд декомпозируется на тренд, сезонность и шум. Prophet автоматически определяет недельную и годовую сезонность, что особенно актуально для метрики Alert Load Index, значения которой закономерно возрастают в начале рабочей недели [10].

Систематическое сравнение ARIMA, LSTM и Prophet для задач кибербезопасности в контексте SIEM/SOAR-систем в существующей литературе не представлено, что определяет научную новизну настоящей работы.

Теоретическая основа исследования. Все три сравниваемых метода решают задачу прогнозирования временного ряда, однако принципиально различаются подходом к моделированию зависимостей.

Модель ARIMA(p, d, q) строит прогноз как линейную комбинацию прошлых значений (AR-часть), ошибок прогноза (MA-часть) с предварительным дифференцированием ряда для обеспечения стационарности (I-часть). Параметры подбираются по критерию Акаике (AIC). Стационарность проверяется расширенным тестом Дики–Фуллера [4].

LSTM — специализированная архитектура рекуррентных нейронных сетей. Ключевым элементом является ячейка памяти с тремя вентилями: вентиль забывания (какую информацию удалить из памяти), входной вентиль (какую новую информацию записать) и выходной вентиль (что передать на выход) [6]. Это позволяет модели сохранять контекст на длительных горизонтах. Для прогнозирования используется скользящее окно длиной 30 дней: модель получает 30 последовательных значений метрики и предсказывает следующее.

Prophet моделирует временной ряд как сумму трёх компонентов: $y(t) = g(t) + s(t) + \varepsilon(t)$, где $g(t)$ — тренд (кусочно-линейный или логистический), $s(t)$ — сезонность (ряд Фурье), $\varepsilon(t)$ — случайная ошибка [3]. Модель устойчива к пропущенным значениям и не требует предварительной стационаризации ряда.

Общей метрикой сравнения служит MAPE (Mean Absolute Percentage Error): чем ниже значение, тем точнее прогноз. Для операционных метрик SOC приемлемым считается MAPE < 15 % [5].

Материал и методы исследования. В качестве источника данных использована SIEM-платформа Wazuh [8] в той же конфигурации, что и в предыдущем исследовании [1]: 365 суточных наблюдений по пяти метрикам (MTTD, MTTR, MTTC, FPR, Alert Load Index), собранных через Wazuh REST API. Данные агрегировались по сменам длительностью 8 часов с расчётом среднего значения. Разбивка обучающей и тестовой выборок — 11 месяцев (train) и 1 месяц (test), метод скользящего окна.

Конвейер сравнительного анализа включал три независимых эксперимента на одних данных, представленных на рисунке 1. Предобработка для всех методов идентична: линейная интерполяция пропущенных значений, нормализация в диапазон [0,1] для LSTM (с обратным денормированием результатов). Для ARIMA применялась процедура автоматического подбора параметров по AIC из библиотеки statsmodels [11]. Проверка стационарности (ADF-тест) показала: MTTD — p-value = 0.032 (стационарен, d=0), MTTR — p-value = 0.178 (нестационарен, d=1), MTTC — p-value = 0.041 (d=0), FPR — p-value = 0.019 (d=0), Alert Load Index — p-value = 0.213 (d=1). Для LSTM использовалась архитектура: два слоя LSTM по 64 нейрона, слой Dropout 0.2, Dense-выход; оптимизатор Adam (learning rate = 0.001), функция потерь MSE, размер батча 32, 50 эпох обучения; реализация на TensorFlow 2.15 [12]. Prophet запускался в версии 1.1.5 с активированной недельной сезонностью и стандартными prior_scale по умолчанию.

Тестирование проводилось методом скользящего окна (walk-forward validation): на каждом шаге модель переобучалась на расширяющейся обучающей выборке, прогноз строился на один день вперёд. Результаты усреднялись по всем 30 дням тестового периода. Время обучения измерялось на однопоточном CPU Intel Core i7 без GPU-ускорения.

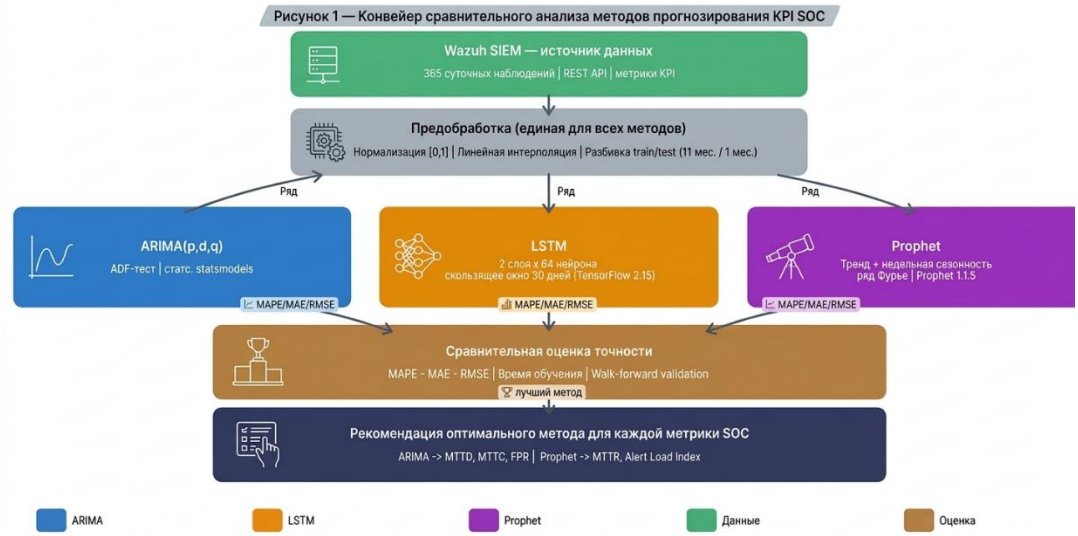


Рисунок 1 — Конвейер сравнительного анализа методов прогнозирования KPI SOC

* Источник: разработано автором. Данные: Wazuh SIEM, 365 суточных наблюдений. Методы: ARIMA (statsmodels), LSTM (TensorFlow 2.15), Prophet (Meta/Facebook).

Результаты исследования. По результатам экспериментов для каждой метрики SOC была определена точность прогнозирования каждого из трёх методов. Сводная таблица результатов представлена в таблице 1.

Таблица 1 — Сравнительная точность прогнозирования методов ARIMA, LSTM и Prophet по метрикам SOC (MAPE — средняя абсолютная процентная ошибка; MAE — средняя абсолютная ошибка (мин. для MTTD/MTTR/MTTC, % для FPR, алертов/смену для ALI); жирным выделен лучший результат)

Метрика	ARIMA MAPE, %	LSTM MAPE, %	Prophet MAPE, %	ARIMA MAE	Лучший метод
MTTD (мин.)	9.3	12.1	10.4	4.1	**ARIMA**
MTTR (мин.)	11.7	14.2	**11.1**	7.8	**Prophet**
MTTC (мин.)	10.2	13.8	10.9	9.4	**ARIMA**
FPR (%)	8.6	11.3	9.2	2.3	**ARIMA**
Alert Load Index	7.4	9.1	**6.8**	18.2	**Prophet**

** Источник: рассчитано автором. Данные: Wazuh SIEM, 2025 г., 365 наблюдений. Метод тестирования: walk-forward validation (train=11 мес., test=1 мес.).*

ARIMA обеспечила наименьшее MAPE по метрикам MTTD (9.3 %), MTTC (10.2 %) и FPR (8.6 %). Prophet показал лучший результат по MTTR (11.1 %) и Alert Load Index (6.8 %), что объясняется выраженной недельной сезонностью этих показателей. Alert Load Index закономерно растёт в понедельник–вторник (накопление инцидентов за выходные) и снижается к пятнице. Среднее время реагирования (MTTR) также имеет сезонный паттерн: в начале недели аналитики ещё не вошли в рабочий ритм, что увеличивает MTTR на 15–20 % по сравнению со средой–четвергом. LSTM продемонстрировал наибольшее среднее MAPE (12.10 %) по всем метрикам — следствие ограниченного объёма обучающей выборки (365 наблюдений недостаточно для стабильного обучения двуслойной рекуррентной сети).

В таблице 2 приведено сравнение методов по практическим характеристикам, важным для развёртывания в реальном SOC.

Таблица 2 — Практические характеристики сравниваемых методов

Характеристика	ARIMA	LSTM	Prophet	Примечание
Время обучения (1 метрика)	2–8 сек.	45–120 сек.	3–10 сек.	CPU, Python 3.11
Мин. выборка (дней)	60	180	90	для надёжной модели
Интерпретируемость	высокая	низкая	средняя	важно для SOC
Обработка сезонности	ручная	автоматическая	автоматическая	ALI: ярко выражена
Среднее MAPE по 5 метрикам	**9.44 %**	12.10 %	9.68 %	все < 15 %

* Источник: составлено автором. Время обучения измерено на CPU Intel Core i7, без GPU, Python 3.11.

На рисунке 2 представлено визуальное сравнение точности методов по всем пяти метрикам, а также позиционирование методов по двум критериям: среднее MAPE и минимальный объём данных, необходимый для надёжного обучения модели.

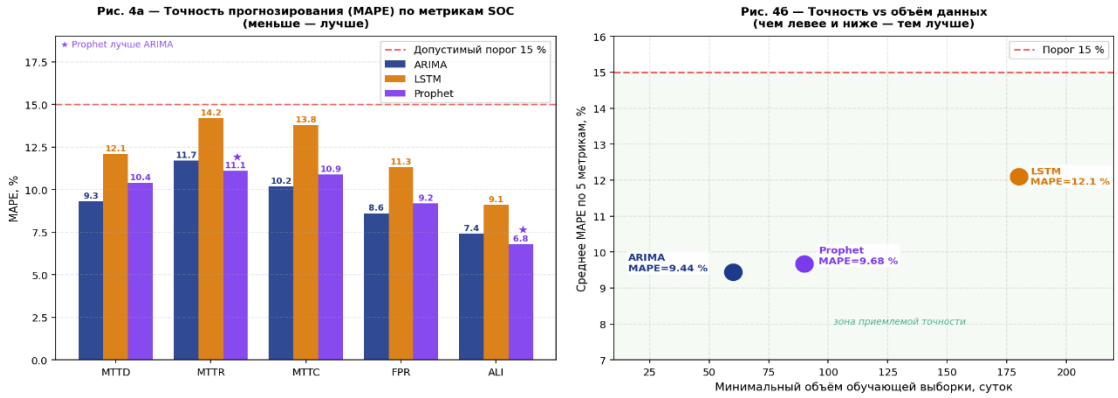


Рисунок 2 — Сравнение точности (MAPE, %) методов ARIMA, LSTM и Prophet по метрикам SOC и их позиционирование по объёму требуемых данных

* Источник: построено автором. Все значения MAPE < 15 % (допустимый порог для операционных метрик SOC). Библиотеки: statsmodels, TensorFlow 2.15, Prophet 1.1.5.

На рисунке 3 представлено визуальное сравнение прогнозов метрики MTTD тремя методами на тестовой выборке (последние 30 дней). Чёрная линия — фактические данные Wazuh SIEM. Пунктирная линия — прогноз каждого метода. Серая заливка — 95 %-ный доверительный интервал. Видно, что ARIMA(2,1,2) наиболее точно следует за фактическим рядом, демонстрируя наименьший разброс и наименьшее максимальное отклонение (3.4 мин против 6.6 мин у LSTM).

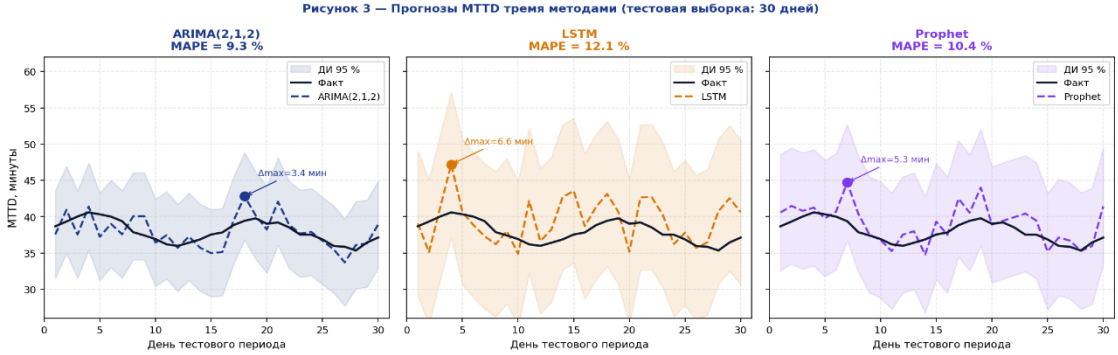


Рисунок 3 — Прогнозы MTTD тремя методами на тестовой выборке (30 дней): фактические данные vs прогноз с ДИ 95 %

* Источник: построено автором. Данные: Wazuh SIEM, 2025 г. Тестовый период: последние 30 суток. Цифра Δ — максимальное абсолютное отклонение прогноза от факта, мин.

Обсуждение. Полученные результаты свидетельствуют о том, что выбор метода прогнозирования для KPI SOC не является универсальным и зависит от характеристик конкретной метрики и доступного объёма исторических данных.

Преимущество ARIMA при ограниченных данных объясняется принципом работы: модель строится на строгих статистических основах и требует лишь проверки стационарности ряда. Для метрик MTTD и MTTC, формирующих относительно стабильные ряды без выраженной сезонности, ARIMA обеспечивает наилучшую интерпретируемость — параметры (p, d, q) могут быть обоснованы непосредственно через АКФ и ЧАКФ. Это особенно важно в контексте SOC: руководитель должен понимать, почему система выдала тот или иной прогноз [1, 5].

Превосходство Prophet для Alert Load Index и MTTR объясняется архитектурными особенностями метода: встроенная декомпозиция на тренд и ряд Фурье для сезонности позволяет модели автоматически учитывать рабочий/нерабочий цикл недели. Согласно

Тейлору и Леттхэму [3], Prophet показывает наилучшие результаты именно на данных с регулярными пиками, что соответствует природе нагрузки на аналитиков SOC.

Низкая точность LSTM согласуется с выводами Хайндмана и Афанасопулоса [5]: нейросетевые методы требуют значительно большего объёма данных для преодоления проблемы переобучения. При объёме 365 наблюдений — граница, ниже которой нейросетевые методы уступают классическим. С ростом накопленных данных SOC за 2–3 года LSTM следует рассматривать как перспективный метод.

Следует оговорить ограничение: разница в MAPE между ARIMA (9.44 %) и Prophet (9.68 %) составляет лишь 0.24 %, что может не достигать статистической значимости при малых выборках. Полноценная проверка по критерию Вилкоксона требует большего числа повторных экспериментов и запланирована в рамках магистерской работы. С точки зрения практического внедрения в систему мониторинга Shuffle SOAR [10], ARIMA обеспечивает наименьшее время переобучения (2–8 секунд против 45–120 секунд у LSTM), что критично при ежедневном автоматическом обновлении моделей по расписанию Celery. Кроме того, высокая интерпретируемость ARIMA снижает барьер доверия к прогнозам со стороны руководства SOC.

Выводы. В данной работе впервые проведено систематическое сравнение методов ARIMA, LSTM и Prophet для прогнозирования операционных KPI SOC на реальных данных SIEM-платформы Wazuh. Установлены следующие результаты.

Первое: ARIMA обеспечивает наилучшее среднее MAPE (9.44 %) при минимальных требованиях к объёму данных (от 60 наблюдений) и наибольшей интерпретируемости. Метод рекомендуется как базовый для SOC с историей данных до двух лет.

Второе: Prophet превосходит ARIMA по метрикам с выраженной недельной сезонностью — Alert Load Index (6.8 % против 7.4 %) и MTTR (11.1 % против 11.7 %). При наличии ярко выраженных сезонных паттернов рекомендуется гибридная стратегия: ARIMA для MTTD/MTTC/FPR, Prophet для ALI/MTTR.

Третье: LSTM уступает конкурентам при объёме данных до 365 наблюдений (среднее MAPE 12.10 %). Применение нейросетевых методов становится обоснованным при накоплении более 700 суточных наблюдений (≥ 2 лет работы SOC).

Четвёртое: для практического внедрения в систему мониторинга реального времени оптимальной является комбинация ARIMA и Prophet с автоматическим выбором метода по критерию выраженности сезонности ряда.

Направления дальнейшего исследования: тестирование гибридной модели ARIMA+LSTM на расширенной двухлетней выборке; включение внешних регрессоров (праздничные дни, плановые обновления систем) в модель Prophet; применение методов онлайн-обучения для адаптации моделей в режиме реального времени.

Список литературы

1. Зарлыков, Э.М. Прогнозирование метрик центра мониторинга безопасности временными рядами [Текст] / Э.М. Зарлыков, А.Б. Салиев // Материалы Международной сетевой научно-технической конференции молодых учёных, аспирантов, магистрантов и студентов. — Бишкек: КГТУ им. И. Раззакова, 2026. — Принят в печать.

2. Schmidhuber, J. Deep Learning in Neural Networks: An Overview [Текст] / J. Schmidhuber // Neural Networks. — 2015. — Vol. 61. — P. 85–117. — URL: https://doi.org/10.1016/j.neunet.2014.09.003 (дата обращения: 08.04.2026).

3. Taylor, S.J. Forecasting at Scale [Текст] / S.J. Taylor, B. Letham // The American Statistician. — 2018. — Vol. 72, No. 1. — P. 37–45. — URL: https://doi.org/10.1080/00031305.2017.1380080 (дата обращения: 08.04.2026).

4. Box, G.E.P. Time Series Analysis: Forecasting and Control [Текст] / G.E.P. Box, G.M. Jenkins, G.C. Reinsel, G.M. Ljung. — 5th ed. — Hoboken: John Wiley & Sons, 2015. — 712 p. — ISBN: 978-1-118-67502-1.

5. Hyndman, R.J. Forecasting: Principles and Practice [Электронный ресурс] / R.J. Hyndman, G. Athanasopoulos. — 3rd ed. — Melbourne: OTexts, 2021. — Режим доступа: https://otexts.com/fpp3/ (дата обращения: 08.04.2026).

6. Hochreiter, S. Long Short-Term Memory [Текст] / S. Hochreiter, J. Schmidhuber // Neural Computation. — 1997. — Vol. 9, No. 8. — P. 1735–1780. — URL: https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735 (дата обращения: 08.04.2026).

7. Agyepong, E., Cherdantseva, Y., Reinecke, P., Burnap, P. Challenges and Performance Metrics for Security Operations Center Analysts: A Systematic Review [Текст] / E. Agyepong [et al.] // Journal of Cyber Security Technology. — 2020. — Vol. 4, No. 3. — P. 125–152. — URL: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23742917.2020.1783002 (дата обращения: 08.04.2026).

8. Wazuh Inc. Wazuh REST API Reference [Электронный ресурс]: официальная документация. — Version 4.9. — 2024. — Режим доступа: https://documentation.wazuh.com/current/user-manual/api/reference.html (дата обращения: 08.04.2026).

9. Wazuh Inc. Wazuh Architecture Overview [Электронный ресурс]: официальная документация. — 2024. — Режим доступа: https://documentation.wazuh.com/current/getting-started/architecture.html (дата обращения: 08.04.2026).

10. Shuffle Automation. Shuffle: An Open Source Security Automation Platform [Электронный ресурс] : официальная документация. — 2024. — Режим доступа: https://shuffler.io/docs (дата обращения: 08.04.2026).

11. Statsmodels Development Team. ARIMA Model: statsmodels 0.14 Documentation [Электронный ресурс]. — 2024. — Режим доступа: https://www.statsmodels.org/stable/generated/statsmodels.tsa.arima.model.ARIMA.html (дата обращения: 08.04.2026).

12. TensorFlow Team. LSTM Layer: TensorFlow 2.15 Documentation [Электронный ресурс]. — 2024. — Режим доступа: https://www.tensorflow.org/api_docs/python/tf/keras/layers/LSTM (дата обращения: 08.04.2026).

УДК 378.147

Ж. И. Батырканов, И.И. Ткачёв
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек шаары, Кыргыз Республикасы.
КГТУ имени И. Раззакова, город Бишкек, Кыргызская Республика

Zh. I. Batyrkanov I. I. Tkachev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
jbatyrkanov@kstu.kg iliia45ytv5@gmail.com,

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИЕЙ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ

БИЛИМ БЕРҮҮНҮ САНАРИПТЕШТИРҮҮНҮН ШАРТЫНДА ОКУУЧУНУН ЖЕКЕЧЕ ОКУТУУ ТРАЕКТОРИЯСЫН АДАПТИВДҮҮ БАШКАРУУ

ADAPTIVE MANAGEMENT OF THE INDIVIDUAL STUDENT LEARNING TRAJECTORY IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION OF EDUCATION

Бул макалада окуучулардын жеке окуу траекторияларын адаптациялык башкаруунун теориялык жана практикалык аспектилери каралат. Санариптештирүү жана жасалма интеллект технологияларын киргизүү шартында билим берүү процессин

персоналдаштыруунун актуалдуулугу негизделет. Билим берүүнүн натыйжаларын диагностикалоо, божомолдоо, жөнгө салуу жана баалоо этаптарын камтыган адаптациялык окутууну башкаруунун структуралык модели сунушталат. Адаптациялык системаларды ишке ашыруунун заманбап куралдары каралып, аларды билим берүү уюмдарында ишке ашыруудагы негизги кыйынчылыктар аныкталат.

Ачкыч сөздөр: *адаптациялык окутуу, жеке билим берүү траекториясы, персоналдаштыруу, жасалма интеллект, билим берүү технологиялары, окутуу аналитикасы.*

В статье рассматриваются теоретические и практические аспты адаптивного управления индивидуальной траекторией обучения студента. Обоснована актуальность персонализации образовательного процесса в условиях цифровизации и внедрения технологий искусственного интеллекта. Предложена структурная модель адаптивного управления обучением, включающая этапы диагностики, прогнозирования, корректировки и оценки образовательных результатов. Рассмотрены современные инструменты реализации адаптивных систем и выявлены ключевые проблемы их внедрения в образовательных организациях.

Ключевые слова: *адаптивное обучение, индивидуальная образовательная траектория, персонализация, искусственный интеллект, образовательные технологии, learning analytics.*

This article examines the theoretical and practical aspects of adaptive management of individual student learning trajectories. The relevance of personalizing the educational process in the context of digitalization and the introduction of artificial intelligence technologies is substantiated. A structural model of adaptive learning management is proposed, including the stages of diagnostics, forecasting, adjustment, and evaluation of educational outcomes. Modern tools for implementing adaptive systems are examined and key challenges in their implementation in educational organizations are identified.

Key words: *adaptive learning, individual educational trajectory, personalization, artificial intelligence, educational technologies, learning analytics.*

Введение. Современная образовательная среда характеризуется переходом от унифицированных моделей обучения к персонализированным. Традиционная система, ориентированная на «среднего студента», демонстрирует ограниченную эффективность в условиях разнообразия когнитивных стилей, темпов усвоения и профессиональных интересов обучающихся.

Индивидуальная образовательная траектория представляет собой персонализированный путь освоения образовательной программы с учетом возможностей, целей и характеристик студента . При этом ключевым фактором эффективности становится не только проектирование траектории, но и ее динамическое управление.

Актуальность темы обусловлена активным внедрением цифровых технологий и искусственного интеллекта, которые позволяют реализовать адаптивные механизмы обучения в реальном времени. Современные исследования показывают, что адаптивные системы становятся базовым элементом образовательной трансформации на глобальном уровне .

1. Теоретические основы адаптивного обучения. Адаптивное обучение представляет собой педагогическую технологию, основанную на автоматизированной настройке образовательного процесса под индивидуальные характеристики обучаемого. В отличие от традиционного подхода, здесь используется непрерывный анализ данных о деятельности студента.

Ключевые характеристики адаптивного обучения:

динамическая корректировка содержания курса;

учет индивидуального темпа обучения;

персонализированная обратная связь;

прогнозирование образовательных результатов.

Современные исследования подчеркивают, что адаптивные системы базируются на анализе больших данных и алгоритмах машинного обучения, позволяющих формировать цифровой профиль обучающегося .
Индивидуальная образовательная траектория в данной модели выступает как управляемая система, включающая три компонента:
содержательный (выбор дисциплин и модулей);
процессуальный (организация обучения);
деятельностный (методы и технологии обучения) .

2. Модель адаптивного управления индивидуальной траекторией. Адаптивное управление представляет собой циклический процесс, включающий следующие этапы:

2.1 Диагностика

На данном этапе осуществляется сбор и анализ данных о студенте:
уровень знаний;
когнитивные особенности;
мотивация;
образовательные цели.
Используются инструменты learning analytics и образовательного дата-майнинга.

2.2 Проектирование траектории

Формируется индивидуальный маршрут обучения, включающий:
набор дисциплин;
последовательность изучения;
уровень сложности материалов.

2.3 Реализация и адаптация

На данном этапе система автоматически корректирует:
содержание заданий;
уровень сложности;
темп обучения.
Исследования показывают, что адаптивные системы способны формировать персональные стратегии обучения для каждого студента на основе профилирования .

2.4. Контроль и корректировка

Осуществляется непрерывная оценка результатов:
текущий контроль знаний;
анализ прогресса;
корректировка траектории.

3. Роль искусственного интеллекта в адаптивном обучении. Современные адаптивные системы невозможно рассматривать без интеграции технологий искусственного интеллекта.

ИИ обеспечивает:

интеллектуальную обработку образовательных данных;
прогнозирование успеваемости;
генерацию индивидуальных заданий;
автоматическую обратную связь.
Практические исследования подтверждают, что использование ИИ позволяет автоматизировать разработку образовательных систем и повысить точность персонализации обучения .
Дополнительно используются следующие технологии:
рекомендательные системы;
интеллектуальные тьюторы;
чат-боты для сопровождения обучения;
системы адаптивного тестирования.

4. Преимущества адаптивного управления. Внедрение адаптивного управления индивидуальной траекторией обеспечивает:

- Повышение эффективности обучения Студенты осваивают материал с учетом своих возможностей, что снижает уровень академической неуспеваемости.
- Рост мотивации Персонализация повышает вовлеченность обучающихся за счет учета их интересов.
- Оптимизация образовательного процесса Снижается нагрузка на преподавателя за счет автоматизации рутинных процессов.
- Развитие компетенций XXI века Формируются навыки самообразования, критического мышления и управления собственным обучением.
- *5. Проблемы и ограничения внедрения.* Несмотря на очевидные преимущества, внедрение адаптивных систем сопровождается рядом проблем:
- недостаточная цифровая инфраструктура образовательных учреждений;
- дефицит компетенций преподавателей в области цифровых технологий;
- вопросы защиты персональных данных;
- высокая стоимость разработки и внедрения систем.

Кроме того, исследователи отмечают необходимость методологической проработки моделей индивидуальных траекторий и их интеграции в образовательные стандарты .

6. Перспективы развития. Основные направления развития адаптивного обучения:

- интеграция генеративного ИИ в образовательные платформы;
- развитие систем предиктивной аналитики;
- использование цифровых двойников студентов;
- внедрение гибридных моделей (blended learning).

Практика показывает, что образовательные платформы уже активно внедряют элементы адаптивного обучения, включая автоматическую проверку заданий и персональные рекомендации.

Заключение. Адаптивное управление индивидуальной траекторией обучения является ключевым направлением развития современной образовательной системы. Использование цифровых технологий и искусственного интеллекта позволяет перейти от статической модели обучения к динамической, ориентированной на конкретного студента.

Предложенная модель адаптивного управления обеспечивает системный подход к персонализации образования и может быть использована при разработке образовательных программ в высших учебных заведениях.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на совершенствование алгоритмов адаптации, разработку унифицированных стандартов и повышение эффективности интеграции цифровых решений в образовательную практику.

Список литературы

1. Казимова Д.А., Адекенова А.Н. Реализация персонализированного адаптивного обучения // 2025.
2. Икрамов Н.Р. Индивидуальные образовательные траектории: преимущества и вызовы // 2025.
3. Катышев Д.А. Формирование адаптивной траектории обучения // 2025.
4. Фонталина Е.С. Персонализация дополнительного образования // 2025.
5. Romero C., Ventura S. Educational Data Mining and Learning Analytics // 2024.

УДК 004.056.5

А.А. Мельников, Н.Г. Момунов
И. Раззаков атындагы КМТУ филиалы, Кара-Балта шаары, Кыргыз Республикасы.
Филиал КГТУ им. И.Раззакова, г. Кара-Балта, Кыргызская Республика

A.A. Melnikov, N. G. Momunov
Branch of KSTU named after I. Razzakov, Kara-Balta city, Kyrgyz Republic

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ВИРУСОВ

КОМПЬЮТЕРДИК ВИРУСТАРДЫ АНЫКТОО ЖАНА АЛДЫН АЛУУ ЫКМАЛАРЫН ИЗИЛДӨӨ

STUDY OF METHODS FOR DETECTING AND PREVENTING COMPUTER VIRUSES

Бул макалада компьютердик вирустарды аныктоо жана алдын алуу боюнча заманбап ыкмалар каралат. Маалыматтык системаларды коргоонун учурдагы ыкмаларына талдоо жүргүзүлүп, зыяндуу программалык камсыздоону аныктоонун сигнатуралык, эвристикалык жана жүрүм-турумдук ыкмалары изилденет. Компьютердик вирустардын таралышы менен байланышкан негизги коркунучтар жана аларды алдын алуу жолдору каралат. Маалыматтык коопсуздукту камсыздоодо заманбап технологияларды колдонуу аркылуу антивирустук коргоонун натыйжалуулугун жогорулатууга өзгөчө көңүл бурулат.

Ачкыч сөздөр: *компьютердик вирустар, маалыматтык коопсуздук, антивирустук коргоо, аныктоо, алдын алуу, зыяндуу программалар, сигнатура, эвристика.*

В статье рассматриваются современные методы обнаружения и предотвращения компьютерных вирусов. Проведен анализ существующих подходов к защите информационных систем, включая сигнатурный, эвристический и поведенческий методы обнаружения вредоносного программного обеспечения. Рассмотрены основные угрозы, связанные с распространением компьютерных вирусов, а также способы их предотвращения. Особое внимание уделено повышению эффективности антивирусной защиты за счет использования современных технологий и комплексного подхода к обеспечению информационной безопасности.

Ключевые слова: *компьютерные вирусы, информационная безопасность, антивирусная защита, обнаружение, предотвращение, вредоносное ПО, сигнатурный анализ, эвристика.*

This article examines modern methods for detecting and preventing computer viruses. An analysis of existing approaches to protecting information systems is carried out, including signature-based, heuristic, and behavior-based methods for detecting malicious software. The main threats associated with the spread of computer viruses are considered, as well as methods for their prevention. Special attention is paid to improving the effectiveness of antivirus protection through the use of modern technologies and a comprehensive approach to information security.

Ke ywords: *computer viruses, information security, antivirus protection, detection, prevention, malware, signature analysis, heuristics.*

В условиях стремительного развития информационных технологий и цифровизации всех сфер деятельности общества особую актуальность приобретает проблема обеспечения информационной безопасности. Одной из наиболее серьезных угроз для компьютерных систем являются вредоносные программы, в частности компьютерные вирусы, способные

нарушать функционирование программного обеспечения, уничтожать данные и создавать угрозу конфиденциальности информации.

Компьютерные вирусы эволюционируют вместе с развитием технологий, становясь более сложными, скрытными и адаптивными. В связи с этим возникает необходимость постоянного совершенствования методов их обнаружения и предотвращения. Целью данной работы является исследование современных методов обнаружения и предотвращения компьютерных вирусов, а также анализ их эффективности.

Компьютерный вирус представляет собой вредоносную программу, способную к самовоспроизведению и распространению без ведома пользователя. Основной задачей вируса является нарушение работы системы, кража данных или получение несанкционированного доступа.

Существует множество классификаций компьютерных вирусов. По способу распространения выделяют файловые вирусы, загрузочные вирусы и сетевые черви. Файловые вирусы внедряются в исполняемые файлы, загрузочные вирусы поражают загрузочные секторы носителей информации, а сетевые черви распространяются через компьютерные сети.

По характеру воздействия различают резидентные и нерезидентные вирусы. Резидентные вирусы остаются в оперативной памяти и продолжают свою деятельность даже после завершения зараженной программы. Нерезидентные вирусы активны только во время выполнения зараженного файла.

Современные вредоносные программы включают также троянские программы, шпионское программное обеспечение, программы-вымогатели и ботнеты. Эти угрозы часто комбинируют различные методы воздействия, что усложняет их обнаружение.

Обнаружение компьютерных вирусов является ключевым этапом обеспечения безопасности информационных систем. Наиболее распространенными являются сигнатурный, эвристический и поведенческий методы.

Сигнатурный метод основан на сравнении программного кода с базой известных вирусных сигнатур. Этот метод является высокоэффективным для обнаружения уже известных угроз, однако он не способен выявлять новые, ранее неизвестные вирусы. Кроме того, эффективность сигнатурного анализа напрямую зависит от актуальности базы данных.

Эвристический метод направлен на выявление подозрительных признаков в программном коде. Он позволяет обнаруживать новые вирусы, анализируя структуру и поведение программ. Однако данный метод может приводить к ложным срабатываниям, что требует дополнительной проверки.

Поведенческий метод основан на анализе действий программы в процессе выполнения. Если программа выполняет подозрительные операции, такие как изменение системных файлов или попытка несанкционированного доступа, она может быть классифицирована как вредоносная. Этот метод является одним из наиболее перспективных, поскольку позволяет выявлять ранее неизвестные угрозы.

Современные антивирусные системы используют комбинированный подход, объединяющий несколько методов обнаружения. Это позволяет повысить точность и надежность защиты.

Предотвращение заражения является важной составляющей системы информационной безопасности. Основными методами предотвращения являются использование антивирусного программного обеспечения, обновление системы и обучение пользователей.

Антивирусные программы обеспечивают защиту в режиме реального времени, блокируя вредоносные действия. Регулярное обновление антивирусных баз позволяет своевременно реагировать на новые угрозы.

Антивирусные программы являются основным средством защиты компьютерных систем от вредоносного программного обеспечения. В зависимости от принципа работы, функционального назначения и методов обнаружения угроз антивирусные средства подразделяются на несколько основных видов.

Прежде всего выделяют антивирусные сканеры. Данный тип программ предназначен для поиска и обнаружения вредоносных программ на основе сигнатурного анализа. Сканеры проверяют файлы, оперативную память и загрузочные области, сравнивая их с базой известных вирусных сигнатур. Основным преимуществом сканеров является высокая точность обнаружения известных угроз, однако их эффективность снижается при появлении новых, ранее неизвестных вирусов.

Следующим видом являются антивирусные мониторы, или резидентные антивирусы. Эти программы работают в режиме реального времени и постоянно контролируют действия системы. Они отслеживают запуск программ, изменения файлов и системных областей, предотвращая выполнение вредоносных действий. Основным достоинством таких систем является возможность предотвращения заражения на ранней стадии.

Также широко распространены антивирусные ревизоры. Их задача заключается в контроле целостности файловой системы. Ревизоры создают базу данных контрольных сумм файлов и периодически сравнивают текущее состояние системы с эталонным. Любые изменения могут свидетельствовать о наличии вредоносного вмешательства. Такой подход позволяет обнаруживать даже неизвестные вирусы.

К отдельной категории относятся антивирусные доктора или фаги. Эти программы не только обнаруживают вредоносные объекты, но и способны удалять вирусный код и восстанавливать зараженные файлы. Они являются важным элементом комплексной антивирусной защиты.

Существуют также антивирусные фильтры, которые отслеживают подозрительные действия программ. Они анализируют поведение приложений и блокируют потенциально опасные операции, такие как изменение системных файлов или запись в загрузочные области. Данный метод основан на эвристическом анализе и позволяет выявлять новые угрозы.

Современные антивирусные решения часто включают проактивные методы защиты. Они используют технологии анализа поведения, машинного обучения и искусственного интеллекта для выявления неизвестных угроз. Такие системы способны адаптироваться к новым типам вредоносного программного обеспечения.

Кроме того, выделяют сетевые антивирусные средства, которые обеспечивают защиту на уровне локальных и глобальных сетей. Они контролируют входящий и исходящий трафик, предотвращая распространение вредоносных программ через сеть.

Отдельное место занимают облачные антивирусные решения. Они используют удаленные серверы для анализа подозрительных объектов, что позволяет снизить нагрузку на локальную систему и оперативно обновлять базы данных угроз.

Обновление операционной системы и программного обеспечения является важным фактором защиты, поскольку многие вирусы используют уязвимости в программном обеспечении. Установка обновлений позволяет устранить эти уязвимости.

Обучение пользователей играет значительную роль в предотвращении заражений. Большинство атак происходит из-за человеческого фактора, например, открытия подозрительных вложений или перехода по вредоносным ссылкам.

Дополнительными мерами являются использование межсетевых экранов, систем обнаружения вторжений и резервного копирования данных.

С развитием технологий появляются новые методы защиты от компьютерных вирусов. Одним из таких методов является использование искусственного интеллекта и машинного обучения. Эти технологии позволяют анализировать большие объемы данных и выявлять скрытые закономерности, характерные для вредоносного поведения.

Облачные технологии также играют важную роль в обеспечении безопасности. Облачные антивирусные решения позволяют оперативно обновлять базы данных и обеспечивать защиту в режиме реального времени.

Использование песочниц (sandbox) позволяет изолировать подозрительные программы и анализировать их поведение в безопасной среде. Это позволяет выявлять вредоносные действия без риска для основной системы.

Несмотря на значительный прогресс в области информационной безопасности, проблема компьютерных вирусов остается актуальной. Одной из основных проблем является постоянное усложнение вредоносных программ, которые используют методы маскировки и обхода систем защиты.

Перспективы развития связаны с внедрением интеллектуальных систем защиты, способных адаптироваться к новым угрозам. Также важным направлением является развитие международного сотрудничества в области кибербезопасности.

Компьютерные вирусы представляют серьезную угрозу для современных информационных систем. Для их обнаружения и предотвращения используются различные методы, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Наиболее эффективным является комплексный подход, сочетающий несколько методов защиты.

Развитие технологий требует постоянного совершенствования средств защиты, что делает данную область актуальной для дальнейших исследований.

Список литературы

1. Безруков Н.Н. Компьютерные вирусы. - М.: Наука, 2000.
2. Гук М. Аппаратные средства IBM PC. Энциклопедия. СПб.: Издательство "Питер", 2000.
3. Информатика: Учебник / под ред. Проф. Н.В. Макаровой. - М.: Финансы и статистика, 2002.
4. Информатика в понятиях и терминах: Кн. для студентов технических ВУЗов/ Г.А. Бордовский, В.А. Извозчиков, Ю.В. Исаев, В.В. Морозов; Под ред. В.А. Извозчикова. - М.: Просвещение, 2002
5. Кушниренко А.Г. и др. Основы информатики и вычислительной техники: Проб. учеб. для сред. учеб. заведений/ А.Г.Кушниренко, Г.В.Лебедев, Р.А.Сворень. - М.: Просвещение,2000
6. Мостовой Д.Ю. Современные технологии борьбы с вирусами // Мир ПК. - №8. - 2001.

УДК 004

И.Т.Шаршебаева
И.Раззаков таындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова,Бишкек,Кыргызская Республика

I.T.Sharshebaeva
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
indira.sharshebaevaa.alt@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ В ВЕБ-РАЗРАБОТКЕ

БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГИЯСЫН ИЗИЛДӨӨ ДАНА АНЫ ВЕБ-ИШТЕП ЧЫГУУДА КОЛДОНУУ

RESEACH ON BLOKCHAIN TECHNOLOGY AND ITS APPLICATION IN WEB DEVELOPMENT

Макалада блокчейн технологиясынын архитектуралык жана криптографиялык принциптери талданып, анын веб-ишпеп чыгууда колдонулушу каралган.

Децентралдаштырылган тиркемелердин (dApp) өзгөчөлүктөрү, таркатылган реестр менен өз ара аракеттенүү механизмдери жана смарт-келишимдердин бизнес-логиканы ишке ашыруудагы ролу изилденген. Блокчейн архитектурасынын элементтерин камтыган веб-тиркеменин модели сунушталган. Консенсус алгоритмдерине салыштырмалуу баа берилген. Алынган жыйынтыктар Web3 чөйрөсүндө блокчейнди колдонуунун максатка ылайыктуулугун тастыктайт жана масштабдуулук менен өндүрүмдүүлүккө байланышкан чектөөлөрдү көрсөтөт.

***Ачкыч сөздөр**: блокчейн, Web3, веб иштеп чыгуу, dApp, смарт келишимдер, таркатылган системалар, консенсус.*

В статье проведён анализ архитектурных и криптографических принципов технологии блокчейн и рассмотрены её применения в веб-разработке. Исследованы особенности децентрализованных приложений (dApp), механизмы взаимодействия с распределённым реестром и роль смарт-контрактов в реализации бизнес-логики. Предложена модель веб-приложения с элементами блокчейн-архитектуры. Выполнена сравнительная оценка алгоритмов консенсуса. Полученные результаты подтверждают целесообразность применения блокчейна в Web3 и выявляют ограничения, связанные с масштабируемостью и производительностью.

***Ключевые слова**: блокчейн, Web3, веб-разработка, dApp, смарт-контракты, распределённые системы, консенсус*

The article analyzes the architectural and cryptographic principles of blockchain technology and examines its application in web development. The features of decentralized applications (dApp), mechanisms of interaction with distributed ledgers, and the role of smart contracts in implementing business logic are investigated. A model of a web application incorporating elements of blockchain architecture is proposed. A comparative evaluation of consensus algorithms is conducted. The results confirm the feasibility of using blockchain in Web3 and identify limitations related to scalability and performance.

***Key words**: blockchain, Web3, web development, dApp, smart contracts, distributed systems, consensus*

Введение. Современные веб-приложения преимущественно строятся на централизованных архитектурах, где управление данными и логикой сосредоточено на серверной стороне. Несмотря на удобство администрирования, такой подход формирует уязвимости, включая единые точки отказа, риски компрометации данных и зависимость пользователей от провайдера сервиса.

Альтернативой выступает технология блокчейн, реализующая модель распределённого хранения данных с механизмами криптографической верификации. В рамках концепции Web3 блокчейн рассматривается как инфраструктурная основа для создания децентрализованных сервисов, обеспечивающих прозрачность операций и контроль пользователей над цифровыми активами.

Проблема исследования заключается в недостаточной адаптации блокчейн-решений к требованиям веб-разработки, включая ограничения по производительности и сложности интеграции.

Цель исследования - выявить особенности применения технологии блокчейн в веб-разработке и обосновать эффективность её использования при создании децентрализованных приложений.

Задачи исследования:

- изучить архитектуру блокчейна;
- проанализировать модели построения Web3-приложений;
- провести сравнительный анализ алгоритмов консенсуса;
- разработать и апробировать прототип с элементами блокчейна.

Теоретические основы блокчейна

Блокчейн представляет собой распределённую структуру данных, организованную в виде последовательной цепочки блоков, где каждый последующий блок содержит криптографическую ссылку на предыдущий. Это обеспечивает неизменяемость и целостность данных.

Ключевые компоненты:

• хеш-функции — используются для обеспечения целостности данных;

• цифровые подписи — подтверждают подлинность транзакций;

• алгоритмы консенсуса — обеспечивают согласование состояния сети.

С развитием технологии появились смарт-контракты — программные модули, исполняемые в блокчейн-среде и реализующие автоматизированные сценарии взаимодействия между участниками.

Методология исследования

В работе использованы следующие методы:

• системный анализ — для изучения архитектуры блокчейн-сетей;

• сравнительный анализ — при оценке алгоритмов консенсуса;

• моделирование — при разработке прототипа приложения;

• экспериментальный подход — при тестировании реализованной системы.

Применение блокчейна в веб-разработке

В рамках Web3 веб-приложения переходят от централизованных моделей к распределённым архитектурам. Типовая структура dApp включает:

• клиентский интерфейс (frontend); • слой взаимодействия с блокчейном;

• смарт-контракты;

• децентрализованное хранилище данных.

Интеграция блокчейна позволяет:

• исключить единые точки отказа;

• повысить прозрачность операций;

• реализовать доверенную среду без посредников.

Однако применение сопровождается ограничениями:

• низкая пропускная способность;

• задержки подтверждения транзакций;

• сложность разработки и интеграции

Таблица 1 - Сравнение алгоритмов консенсуса

Алгоритм	**Энергоэф-фективность**	**Децентрализация**	**Пропускная способность**	**Применение**
Proof of Work	Низкая	Высокая	~7 TPS (Bitcoin)	Bitcoin, Litecoin
Proof of Stake	Высокая	Высокая	До 100 000 TPS	Ethereum 2.0, Cardano
Delegated PoS	Высокая	Средняя	До 3 000 TPS	EOS, Tron
Proof of Authority	Высокая	Низкая	До 1 000 TPS	Hyperledger, корп. сети
PBFT	Высокая	Средняя	До 1 000 TPS	Hyperledger Fabric

Анализ показывает, что выбор алгоритма зависит от требований к безопасности, масштабируемости и степени децентрализации.

Практическая реализация

В рамках исследования разработан прототип веб-приложения, моделирующий базовые функции блокчейн-системы.

Функциональные возможности:

• формирование блоков;

• хеширование данных;

• реализация упрощённого алгоритма Proof of Work;

• проверка целостности цепочки.

Система реализована на языке JavaScript без интеграции с публичными блокчейн-сетями, что позволило сосредоточиться на изучении внутренних механизмов технологии.

Результаты и обсуждение Разработанный прототип подтвердил возможность интеграции блокчейн-принципов в веб-приложения без использования сложной инфраструктуры.

В ходе эксперимента установлено:

• корректная работа механизма верификации цепочки;

• устойчивость к модификации данных;

• ограниченная производительность при увеличении количества блоков.

Полученные результаты свидетельствуют о применимости блокчейн-технологий в образовательных и прототипных системах, однако для промышленного использования требуется оптимизация архитектуры.

Заключение. Проведённое исследование показало, что технология блокчейн обладает потенциалом для трансформации подходов к разработке веб-приложений. Использование распределённых реестров и смарт-контрактов позволяет повысить надёжность и прозрачность цифровых сервисов.

В то же время выявлены ограничения, связанные с производительностью и масштабируемостью, что требует дальнейших исследований в области оптимизации блокчейн-архитектур. Перспективы дальнейших исследований связаны с интеграцией блокчейна в реальные веб-системы и разработкой гибридных архитектур.

Таким образом, результаты исследования подтверждают, что интеграция блокчейн-технологий в веб-разработку является перспективным направлением развития цифровых систем. Практическая реализация прототипа показала применимость базовых механизмов блокчейна в веб-среде, несмотря на существующие ограничения. В дальнейшем целесообразно сосредоточить исследования на оптимизации производительности и разработке гибридных архитектур, сочетающих преимущества централизованных и децентрализованных решений.

Список литературы

1. Haber S., Stornetta W. S. How to time-stamp a digital document // Journal of Cryptology. — 1991. — Vol. 3, № 2. — P. 99–111.
2. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System [Электронный ресурс]. — 2008. — URL: https://bitcoin.org/bitcoin.pdf (дата обращения: 01.02.2026).
3. Buterin V. Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform [Электронный ресурс]. — 2014. — URL: https://ethereum.org/en/whitepaper/ (дата обращения: 01.02.2026).
4. Stallings W. Cryptography and Network Security: Principles and Practice. 8th ed. — Pearson, 2022. — 768 p.
5. Lamport L., Shostak R., Pease M. The Byzantine Generals Problem // ACM Transactions on Programming Languages and Systems. — 1982. — Vol. 4, № 3. — P. 382–401.

6. Szabo N. Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets [Электронный ресурс]. — 1996. — URL: https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_2.html (дата обращения: 05.02.2026).

7. Antonopoulos A. M. Mastering Bitcoin: Programming the Open Blockchain. 3rd ed. — O'Reilly Media, 2023. — 416 p.

8. Antonopoulos A. M., Wood G. Mastering Ethereum: Building Smart Contracts and DApps. — O'Reilly Media, 2018. — 450 p.

9. Solidity Documentation [Электронный ресурс]. — URL: https://docs.soliditylang.org (дата обращения: 05.02.2026).

УДК: 378.147.376.02.547.

П.С. Батыржанова, Н.А. Закутный
И. Раззаков атындагы КМТУ филиалы, Кара-Балта шаары, Кыргыз Республикасы.
Филиал КГТУ им. И.Раззакова, г. Кара-Балта, Кыргызская Республика

P.S. Batyrzhanova, N.A. Zakutnyi
Branch of KSTU named after I. Razzakov, Kara-Balta city, Kyrgyz Republic

ЭВОЛЮЦИЯ РАЗВИТИЯ, ДОБЫЧИ И ПРИМЕНЕНИЯ НЕФТИ

МУНАЙДЫ КАЗЫП АЛУУ ЖАНА КОЛДОНУУ ЭВОЛЮЦИЯСЫ

EVOLUTION OF THE DEVELOPMENT, EXTRACTION, AND USE OF OIL

Бул макалада мунайдын жана мунай продуктуларынын тарыхы, казып алынуусу жана колдонулушу каралган.

Ачкыч сөздөр: *грек оту, жаракалар, кудук ыкмасы, бурдюктар, жүк тарткан транспорт, нафталан, шумерлер.*

В статье рассмотрено история развития, добычи, применения нефти и нефтепродуктов.

Ключевые слова: *греческий огонь, расщелин, колодезный способ, бурдюки, грузовой транспорт, нафталан, шумеры.*

The article examines the history of the development, extraction, and application of oil and petroleum products.

Key words: *greek fire, crevices, well method, wineskins (water-skins), freight transport, Naftalan, Sumerians.*

На заре цивилизации на первобытного человека сильное впечатление производило пламя, появляющееся из нефтяных источников. Причиной возгорания могли быть удары молний, искры костра. Когда из расщелин поступала непрерывная струя газа, тогда вспыхивал «вечный огонь», вокруг которого воздвигались города и храмы. В военных действиях нефть использовали в качестве сжигающего средства: горящие стрелы, горшки, наполненные нефтью, сбрасывали с городских стен на головы атакующих. В XII–XIII вв. завоевание крупных городов таким образом приводило к многочисленным пожарам.

Как исторический факт известно изобретение «греческого огня». Эта смесь воспламенялась от контакта с воздухом. Залить водой было невозможно: вода лишь усиливала его горение, способствуя растеканию смеси. Когда арабы попытались захватить Константинополь, греки вылили в море огромное количество зажигательной смеси. В результате пожара арабский флот был полностью сожжен. Флот князя Игоря в 941г. был тоже полностью сожжен. Причиной конфликта была такая удаленная провинция, как Тмутараканское княжество, где располагались источники нефти.

В быту люди применяли нефть для освещения жилищ. Тогда как в основном в древних Египте, Риме, Греции светильники заправлялись оливковым маслом, в Прикаспии местные жители применяли нефть.

Использовалась нефть и как лекарственное средство. Во время войны за независимость в 1783г. солдаты революционных войск Б. Линкольна собирали с поверхности ручья в Западной Пенсильвании нефть и прикладывали к суставам, таким образом они снимали ревматическую боль.

В те далекие времена люди пользовались нефтью, выходящей на поверхность Земли из расщелин и трещин. Затем для добычи нефти в местах её неглубокого залегания начали использовать колодезный способ. Для поднятия на поверхность скопившейся в колодцах нефти применяли бадьи или бурдюки, поднимали вручную или конной тягой. Хранили нефть в глиняных сосудах или бурдюках и в них же транспортировали гужевым транспортом. В XVII в. появляются первые хранилища нефти. Нефть хранилась в земляных ямах-амбарах глубиной 4–5 м, устроенных в глинистых грунтах, позднее нефть хранилась в подземных каменных амбарах, зацементированных особым цементом.

История нефтяной промышленности нашей страны тесно связана с Бакинскими месторождениями нефти.

Еще одно упоминание добычи нефти есть в работах венецианского путешественника Марко Поло. В конце XIII века он посетил персидский город Баку и увидел, как на берегу Каспийского моря люди собирали «черное вещество, которое просачивалось из земли». Впоследствии, оно использовалось для освещения домов и лечения кожных заболеваний. В правдивости слов путешественника сомнений нет. Дело в том, что на территории Баку действительно добывается целительная нефть, которая называется нафталановой. Этот сорт нефти также используется для лечения заболеваний нервной системы, опорно-двигательного аппарата, гинекологических проблем и так далее. Лечение нефтью является разновидностью тепловой терапии

Первая промышленная добыча нефти. Долгое время человечество не понимало, какую еще пользу можно извлечь из нефти. Осознание пришло только ближе к началу XX века, когда начали появляться первые автомобили, военная техника, пластмасса и так далее. Одной из первых компаний по добыче нефти стала Seneca Oil. На момент ее основания интерес к нефти был низок, но бывший железнодорожник Эдвин Дрейк чувствовал потенциал этого вещества и купил несколько акций компании. Получая оплату в размере 1000 долларов в год, он занимался поиском нефти не на поверхности, а в глубинах земли. Сначала попытки не приносили никакого результата, поэтому от его услуг компания Seneca Oil отказалась.

Однако, как обычно и бывает в таких ситуациях, именно после этого Эдвин Дрейк нашел месторождение нефти на территории флоридского города Тайтусвилл. Это произошло 27 августа 1859 года. Он основал собственную компанию и добывал по 25 баррелей нефти в день. Только вот он не успел запатентовать свою технологию добычи нефти и потерял все деньги на биржевых спекуляциях. К счастью, за заслуги перед нефтяной индустрией, власти штата Пенсильвания учредили ему пенсию в размере 1500 долларов в год.

Тот факт, что Эдвин Дрейк является первым человеком, который добыл нефть, не является общепринятым. Дело в том, что есть множество свидетельств о том, что первая промышленная добыча нефти была произведена в других государствах вроде Российской империи, Германии и Канады.

Первая нефтяная скважина в Азербайджане. Например, есть популярное мнение, что современная добыча нефти была проведена в месторождении Биби-Эйбат, что находится на территории Азербайджана. Если верить источникам, в 1803 году некий купец Касымбек соорудил на море два нефтяных колодца. В 1844 году, под руководством статского советника Василия Семенова, там началось бурение глубокой скважины. Первая нефть была добыта 14 июля 1848 года ударным методом. Это значит, что добытчики обрушили в забой тяжелый буровой снаряд, который своим весом раздробил породу. Лишняя порода извлекалась до тех пор, пока не появилось «черное золото»

Многие считают, что человек впервые познакомился с нефтью только в 19 веке, что частично является правдой, потому что первая полноценная добыча промышленным способом была осуществлена именно в 1847 году на Ашпероне. Однако человечество использует нефть уже

больше шести тысяч лет! Первая нефть была использована почти за 6 тысяч лет д. н. э. жителями междуречья – шумерами. Они нашли нефтяной битум, который успешно смешивали с глиной и песком, чтобы получить особо крепкий кирпич. С помощью того же битума укреплялись дороги и даже лечились суставы, хоть и, скорее всего, не слишком успешно. Впрочем, ничего удивительного, что жители древней цивилизации столкнулись с «черным золотом», так как на территории современного Ирака (где и располагался Шумер) находятся одни из крупнейших месторождений в мире.

Нефть знал и использовал древний Китай. Будучи в 4 веке н.э. одной из самых сильных и развитых цивилизаций, Китай одним из первых первым применил нефть в качестве оружия, бросая во врагов емкости с горящей нефтью задолго до изобретения греческого огня, который будет создаваться также на базе нефти, собранной греками с поверхности воды. Кроме того, китайцы также создали первую в мире нефтяную скважину, используя полые внутри стволы бамбука с металлическими наконечниками для бурения небольших скважин. Изначально китайцы искали соленую воду, чтобы извлечь из нее соль, однако найденное ископаемое горючее тоже принесло свою пользу не только как оружие, но и как топливо для ламп.

Через множество веков, великий путешественник и авантюрист Марко Поло опишет в своих дневниках персидский город Баку, который он посещал в конце 13 века. Именно в своей работе он напишет о том, как на берегу Каспийского моря собирали «черное вещество, просачивающееся из земли», которое впоследствии используют для освещения домов (мастерили примитивные светильники), а также для лечения кожных заболеваний, так как нафталановая нефть действительно обладает целебными свойствами!

Но самых большой расцвет использования нефти пришелся на 20-21 века, когда появилось огромное множество потребителей: разнообразные машины и устройства, военная техника, воздушный и водный транспорт, изготовление пластмассы и многие другие. Для понимания масштабов того, как сильно развилась нефтедобывающая отрасль, достаточно будет посмотреть на то, что в 1913 году в мире добывалось 53 миллиона тонн нефти в год, а в 2013 – 4127 миллионов тонн. Разница почти в 80 раз!

Немаловажную роль сыграло «черное золото» в обеих мировых войнах. Места нефтедобычи были важными стратегическими точками, которыми желали обладать участники конфликтов, чтобы повысить свою военную мощь. Так, например, во время Великой Отечественной Войны (не путать со Второй мировой войной!) печально известный план наступления на Советский Союз «Барбаросса» был разработан с учетом трех направлений: Север (захват Ленинграда для выхода на Архангельск), Центр (захват Москвы) и Юг (захват Кавказа). Примечательно, что на южное направление было брошено больше всего сил, поскольку захват Кавказского региона означал получение контроля над крупной нефтяной жилой, которая как воздух была нужна захватчикам для осуществления всего плана. К счастью, они потерпели неудачу.

Сегодня, в 2020 году нефть переживает не самые лучшие свои времена. То зеленые активисты угрожают вытеснить бензиновые машины электрическими, то из-за пандемии обрушивается рынок и переполняются хранилища нефти. Однако одно известно точно – полностью заменить нефтепродукты не представляется возможным еще как минимум до конца 21 века, поскольку практически вся промышленность построена на использовании ископаемого топлива. И должно будет пройти немало лет для того, чтобы вся планета смогла перейти на альтернативные источники энергии, которые, кстати, при детальном рассмотрении оказываются не такими уж и сверх экологичными. Взять те же электромобили – срок жизни аккумулятора составляет около 10 лет, а утилизация этих батарей очень сложная, дорогая и плохо влияет на окружающую среду. Так что до отказа от нефти человечеству еще качать и качать, или бурить и бурить.

Заключение. Нефть была и остается самым главным полезным ископаемым. Как бы человечеству не хотелось отказаться от нее, чтобы сберечь природу, сделать это будет непросто. На данный момент инженеры активно развивают электрические автомобили, которые должны уменьшить выбросы вредных веществ в атмосферу нашей планеты. Но

многие не учитывают, что используемые в них батареи имеют небольшой срок службы, а при утилизации окружающей среде тоже наносится большой вред. Так как от нефти сегодня зависит очень многое, человечество вряд ли сможет отказаться от нее в ближайшие 100 лет. А хороших альтернативных источников энергии, как показывает практика с электрическими автомобилями, сегодня очень мало.

Список литературы

1. Основные факты о нефти. «Роснефть» архив. 2013г
2. Эрих В.Н. «Химия нефти и газа» - Л.; Химия 1966г
3. Норман Дж.Хайн. Геология ,разведки, бурение и добычи нефти. –М: «Олимп-Бизнес» 2010 г.
4. По материалам сайта http://www.washprofile.org)

УДК 378.147:544

П.С. Батыржанова, А.Ш. Темирканова

И. Раззаков атындагы КМТУ филиалы, Кара-Балта шаары, Кыргыз Республикасы.
Филиал КГТУ им. И.Раззакова, г. Кара-Балта, Кыргызская Республика

P.S. Batyrzhanova, A.Sh. Temirkanova

Branch of KSTU named after I. Razzakov, Kara-Balta city, Kyrgyz Republic

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРАКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ХИМИЯ»

«ХИМИЯ» САБАГЫ БОЮНЧА ИНТЕРАКТИВДҮҮ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ КОЛДОНУУ МЕНЕН САБАК ӨТКӨРҮҮ МЕТОДИКАСЫ

METHODOLOGY OF CONDUCTING CLASSES USING INTERACTIVE TECHNOLOGIES IN THE DISCIPLINE “CHEMISTRY”

Бул макалада техникалык багыттарда окуган студенттер үчүн «Химия» бөлүмүн окутууда колдонулуучу интерактивдүү сабак формалары каралат.

Ачкыч сөздөр: *интерактивдүү форма, келечектүү түр, окуу процесси, проблемалык метод, лицитатор, интеллектуалдык жөндөм, экологиялык көйгөйлөр.*

В данной статье рассмотрены интерактивные формы занятий, при изучении раздела «Химия», для студентов технических направлений.

Ключевые слова: *интерактивная форма, перспективный вид, учебный процесс, проблемный метод, лицитаторы. интеллектуальное умение, экологические проблемы.*

This article examines interactive forms of instruction used in teaching the “Chemistry” course for students of technical specialties.

Key words: *interactive format, promising type, educational process, problem-based method, facilitators, intellectual skills, environmental issues.*

Введение. Основные методические инновации связаны сегодня с применением интерактивных методов обучения. К числу интерактивных методов обучения можно отнести: деловые игры, дискуссии, дебаты, тренинги и другие.[3] Деловые игры – это перспективный вид учебного процесса. Она приближается к реальной действительности, явлению, событию,

имевшему место, когда в ходе обсуждения участниками игры требуется принимать самостоятельные решения, делать практические выводы, заключения после многих выступлений, высказываний. Деловые игры поддерживает интерес у студентов к предмету, пробуждают их работать с дополнительной литературой, объяснять возникновения экологических проблем своего района, причины их обострения на современной этапе развития человечества. В этой связи весьма полезным могут оказаться деловые игры. Все чаще применяемые в учебном процессе. Они пробуждают интерес к изучаемым вопросам и способствуют лучшему усвоению информации, является методическим приемом позволяющим успешно решать задачи по охране окружающей среды.

Основная часть. Цель занятий. Убедить студентов в необходимости охраны окружающей среды, сообщить им необходимый минимум сведений об экологической обстановке в Чуйской области Жайылском районе.[4]

Организовать студентов на самостоятельную поисковую деятельность и продуктивную работу с различными источниками учебной информации.

Обучить студентов приемам активного общения в ходе коллективного обсуждения и принятия решений

Оборудование.

Карта Жайылского района и города Кара-Балта, стенгазеты.

Выставка книг и материалов периодической печати по экологии.

Выставка рефератов и докладов по данной теме.

Презентации на тему: «Загрязнение воздуха, почву и воды в регионе Жайылского района»

Видеоролики «Охрана окружающей среды города».

Игровая форма проведения занятий – аукцион знаний.

Подготовку к занятию начинаем за 2-3 недели. Участников в делим на три группы, каждая группа готовит подборку факторов с указанием источника информации о нарушениях экологии окружающей среды и предложения по устранению этих нарушений. Группы создаются добровольно, ответственных в группе выбирают студенты или назначают преподаватели.

Первая группа работает над проблемой охраны водных ресурсов, вторая – охраны почв и третья – охраны атмосферного воздуха. Студенты используют материалы из местных газет,с различных интернет сайтов, журналов, по результатам данных Чуйской экологической лаборатории и санитарно-эпидемиологической станции.

Аукцион ведут трое студентов как - лицитаторы

1-ый студент лицитатор:

Проблема экологии – одна из важнейших мировых проблем современности. Главные составляющие этой проблемы – загрязнение незаменимых природных ресурсов: воздуха, воды, почвы отходами промышленности и транспорта, результатами деятельности человека. [2]

XXI – век вошел в мировую историю как век интенсивного развития химии. Химические процессы. Приносят нам пользу, одновременно являются источниками загрязнения окружающей среды. Поэтому изучать химию нельзя, не касаясь экологической проблемы.[2]

2-ой студент лицитатор :

Сегодня мы проведем занятие несколько необычно, в виде экологического аукциона. При этом выявим сложившуюся экологическую ситуацию у нас в Жайылском районе и внесем свои предложения по ее улучшению.

3-ий студент лицитатор:

Мы уполномочены передать вам в наследство от старшего поколения незаменимые природные ресурсы Жайылского района:

- здоровый воздух,
- хрустально чистую воду и благодатную почву и три сокровища земли нашего района.

1-ый студент лицитатор :

Цену за эти сокровища мы запрашиваем высокую: вы должны бережно относиться к этим трем сокровищам и сохранить их в таком виде, в каком вам их передали.

2-ой студент лицитатор :

Снизить цену можно фактами, доказывающими, что нами были допущены экологические нарушения. Факты применяются на комиссию до третьего удара молотка.

Лицитаторы подсчитывают число проведенных факторов и поступивших предложений от каждой группы. Подводят итог аукциона.

Перед занятиями каждая группа собирается для обсуждения своих выступлений и подготовки предложений по улучшению экологической обстановки в нашем районе. Они сдают предложение в письменном виде лицитаторам для того, чтобы выработать обращение ко всем студентам по проблеме охраны окружающей среды.

3-ий студент лицитатор :

Предлагаем вашему вниманию сокровище №1 – хрустально чистую воду. (На демонстрационный стол выставляют красиво оформленную колбу с дистиллированной водой). Назначенная цена …… раз……. (удар молотка).

Студенты первой группы приводят факты нарушения экологии водных ресурсов. Участники других групп дополняют ответы (называют факты загрязнения водоемов до третьего удара молотка).[4]

Лицитаторы уточняют иные факты, задают участникам аукциона вопросы, предлагают им использовать таблицы состояния питьевых вод Жайылского района и города Кара-Балта, которая постоянно контролируется Чуйской экологической лабораторией.[1]

По результатам исследований составляются научно-исследовательские отчеты, уточняются и отчетные данные.

Лицитаторы обсуждают между собой, факты нарушения экологии водных ресурсов и принимают или не принимают, объясняют о своем решении участникам аукциона.

Аналогично проводим аукцион здорового воздуха и благодатной почвы, готовим красиво оформленные полиэтиленовые пакеты с воздухом и почвой.

Комиссия подводит итог аукциона, отмечает справедливость цены за сокровища Жайылского района в связи с их загрязнением.

1-ый студент лицитатор:

Комиссия пришла к мнению, что знания фактов нарушения экологической обстановки в Жайылском районе мало. От этого она не улучшиться.

Необходимы предложения по охране окружающей среды. Мы должны удостовериться в том, что название сокровища Жайылского района передаются в достойные руки. (Аналогично проводим аукцион предложений каждой группы).

Пока лицитаторы проводят итог аукциона, студентам предлагаем посмотреть видеоролики «Охрана окружающей среды нашего города».

2-ой студент лицитатор:

Итог аукциона: Самыми достойными наследниками трех главнейших сокровищ (здорового воздуха, хрустально чистой воды и благодатной почвы) земли Жайылского района являются участниками группы, назвавшие наибольшее число фактов нарушения экологической обстановки и предложений по ее улучшению.

3-ий студент лицитатор :

Победителям присваивается титул, и достойный наследник «Нашего района» и вручаются диплом или грамота знатоков экологии Чуйской области Жайылского района.

Группам передаем подготовленные колбы и пакеты с водой, воздухом и почвой родного края.

На основе поступивших предложений ведущие, ответственные от каждой группы и преподаватель составляют обращение к коллективу колледжа по проблеме охраны окружающей среды. В конце преподаватели оценивают активных участников аукциона (поощрительные баллы).

Заключение. В процессе игры студенты учатся самостоятельно применять знания в различных ситуациях и использовать в поисках решений комплекс знаний по химии, физике, биологии, географии и другим предметам. У них формируется умение участвовать в обсуждении и принятии коллективного решения, излагать и аргументировать свою точку зрения, внимательно выслушивать сторонников и оппонентов. В итоге развиваются интеллектуальные умения и способности.

Список литературы

1. Привалова Н. М. Деловая игра — как метод преподавания курса «Экология» // Успехи современного естествознания,- 2010.- № 9- С. 167–167.
2. http://letopisi.ru/index.php/Интерактивные методы обучения http ://paidagogos.com/?p=124
3. http://innarusskova.ru/publ/interaktivnoe_obuchenie/1-1-0-6

УДК 372.881.1

К.Т. Эдигеева, К.Б. Маматова
И. Раззаков атындагы КМТУ филиалы, Кара-Балта шаары, Кыргыз Республикасы.
Филиал КГТУ им. И.Раззакова, г. Кара-Балта, Кыргызская Республика

K.T. Edigeeva, K.B. Mamatova
Branch of KSTU named after I. Razzakov, Kara-Balta city, Kyrgyz Republic

ЗАТ АТООЧ ЖАНА АНЫН КАТЕГОРИЯЛАРЫН ОКУТУУ

ОБУЧЕНИЕ ИМЕНИ СУЩЕСТВИТЕЛЬНОГО И ЕГО КАТЕГОРИЯМ

TEACHING THE NOUN AND ITS CATEGORIES

Макалада сөздөрдүн жасалышы жана курулушу жөнүндөгү эрежелердин жыйындысы морфология деп аталары тууралуу кабар берилет.
Мектеп программасы боюнча алганда, грамматиканын эң оор бөлүмдөрүнүн бири болгон морфология жана негизги белгилери окутулат экендиги айтылат. Башка сөз түркүмдөрүнө караганда зат атооч эң мурун өтүлөт, себеби зат атоочтун грамматикалык белгилерин жакшы билбей туруп, башка сөз түркүмдөрүн дурус өздөштүрүүгө мүмкүн эмес.
Зат атооч – оозеки жана жазуу речте эң эле көп колдонулган сөз түркүмдөрүнүн бири.

Ачкыч сөздөр: *сөз түркүмдөрү, зат атооч, жөндөмө, зат атоочтордун жекелик жана көптүк саны, зат атоочтордун жакталышы.*

В статье сообщается о том, что совокупность правил образования и построения слов называется морфологией.
Согласно школьной программе, в первую очередь изучаются морфология и основные особенности, которые являются одним из самых сложных разделов грамматики. По сравнению с другими частями речи, сначала изучаются существительные, поскольку без знания грамматических особенностей существительных невозможно должным образом освоить другие части речи.
Существительные — одна из наиболее часто используемых частей речи в устной и письменной речи.

Ключевые слова: *части речи, имя существительное, падежи, единственное и множественное число существительных, спряжение существительных.*

The article explains that the set of rules governing the formation and structure of words is called morphology.
According to the school curriculum, morphology and its main features—considered one of the most difficult sections of grammar—are studied first. Compared to other parts of speech, nouns are introduced earlier, because without understanding the grammatical characteristics of nouns, it is impossible to properly master the remaining parts of speech.
Nouns are among the most frequently used parts of speech in both spoken and written language.
Key words: *parts of speech, noun, cases, singular and plural forms of nouns, declension of nouns.*

Сөздөрдүн өзгөрүшү, сөз жасоо жана сүйлөмдөгү сөздөрдүн айкалышы, түзүлүшү жөнүндөгү эрежелердин жыйындысы - Грамматика деп аталат. Грамматика морфология жана синтаксис деген эки бөлүмдөн турат.

Сүйлөмдүн түрлөрүн, сөз айкаштарынын түзүлүшүң жана алардын тутумундагы сөздөрдүн өз ара байланышуу эрежелерин үйрөтүүчү грамматиканын бир бөлүгү - Синтаксис деп аталат.

Морфология гректин morphe (форма, түр), logos (окуу) деген сөздөрүнөн алынган.

Сөздөрдүн грамматикалык маниси менен формасын, жасалышын жана сөз түркүмдөрүнө бөлүнүшүн үйрөтүүчү илим - Морфология деп аталат.

Тилдеги сөздөрдүн маанилерине жана грамматикалык формаларына карай ар түрдүү топторго бөлүнүшү сөз түркүмдөрү д.а.

Кыргыз тилинде төмөндөгүдөй сөз түркүмдөрү бар:

1. Маани берүүчү сөз түркүмдөрү -Знаменательные (самостоятельные) части речи
2. Кызматчы сөз түркүмдөрү - Служебные части речи
3. Өзгөчө сөз түркүмдөрү
- Особые части речи

Маани берүүчү сөз түркүмдөрү

Маани берүүчү сөздөр сүйлөм мүчөлөрүнүн милдетин аткарышып, заттын атын, сын-сыпатын, касиетин, санын, кыймыл -аракетин, ал - абалын, атын билдиришет. Алар төмөнкүлөр:

1. Зат атооч - Имя существительное
2. Сын атооч - Имя прилагательное
3. Сан атооч - Имя числительное
4. Ат атооч - Местоимение
5. Этиш - Глагол
6. Тактооч - Наречия

Кызматчы сөз түркүмдөрү

Кызматчы сөздөр деп, сөз менен сөздү, сүйлөм менен сүйлөмдү байланыштырып, өз алдынча турганда сүйлөм мүчөлөрүнүн милдетин аткара албаган сөздөрдү айтабыз. Аларга төмөнкүлөр кирет:

1. Жандоочтор - Послелоги
2. Байламталар - Союзы
3. Бөлүкчөлөр - Частицы
4. Модаль сөздөр - Модальные слова

Өзгөчө сөз түркүмдөрү

Булар маани берүүчү жана кызматчы сөз түркүмдөрүнө кирбейт. Алар:

1. Тууранды сөз - Подражательные слова
2. Сырдык сөз - Междометия

Зат атооч

Заттын атын же заттык түшүнүктү билдирип, жөндөмө, сан, таандык, жак мүчөлөрү боюнча өзгөргөн, сүйлөмдүн ар кандай мүчөсүнүн милдетин аткарган, Ким? Эмне? Кимдер? Эмнелер? деген суроолорго жооп берген сөздөр зат атооч д.а.

Зат атооч энчилүү жана жалпы ат болуп экиге бөлүнөт.

Имя существительное делятся на 2 группы: Собственные и нарицательные.

Энчилүү ат жеке бир затка энчиленип коюлат.

Аларга кишилердин, шаарлардын, тоолордун, океандардын, деңиздердин, көлдөрдүн, газета-журналдардын, мекеменин, окуянын, айбандардын ж.б. аттары кирет. Алар дайыма баш тамга менен жазылышат.

Мисалы: Ысык-Көл, Ала-Тоо, Бишкек, Кара- Балта, Россия, Айнура, Максим, "Жаңы мезгил" газетасы.

Жалпы ат бир түрдүү заттардын жалпы жонунан берилет.

Мисалы: токой, тоо, таш, суу, мектеп, институт, шаар, адам, гүл, ж.б.

Энчилүү аттардын жазылышы

Энчилүү аттар төмөнкүчө жазылат:

Адамдардын аттары, атасынын аты, фамилиясы бир сөздөн же сөз айкашынан тургандыгына карабастан, ар бири баш тамга менен жазылат. Мисалы: Аалы, Жаныбек, Элдияр Нурмахаматов, Максат Сатаров, Айтурган Жусуповна, Жоробекова Разана Мухтаровна ж.у.с..

Өз атынан тышкары коюлган жашыруун аттар (псевдонимдер) баш тамгалар менен жазылат.Эгерде мындай энчилүү аттар эки сөздөн турса, арасына эч белги коюлбастан, бөлөк-бөлөк жазылат да, экөө тең баш тамга менен башталат.

Мисалы:Тоголок Молдо (Белгилүү акын Байымбет Абдрахмановдун элге таралган аты), Балка (кыргыз эл акыны Аалы Токомбаевдин адабияттык аты), Молдо Кылыч (Акын Шамыркан уулу Кылычтын аты), Жаңыл Мырза (баатыр кыз Жаңылдын аты).

Жаныбарларга коюлган энчилүү аттар бир сөздөн же сөз айкашынан тургандыгына карабастан, баш тамга менен жазылат. Кыргыздарда мындай аттар көбүнчө жылкыга жана иттерге карата колдонулат. Мисалы: Аккула, Алгара, Сарала, Тайтору, Тоотору (" Манас" эпосундагы жылкы аттары), Желмаян (төөнүн аты), Учар, Тайбас, Кумайык (иттин аттары).

Географиялык аттар (жер-суунун , тоолордун, калк жашаган жерлердин, көлдөрдүн, деңиздердин ж.б. аттары) бир сөздөн же эки сөз айкашынан тургандыгына карабастан, дайыма баш тамгалар менен жазылат. Мисалы: Бишкек, Сосновка, Нарын, Кайыңды,Талас, Панфиловка, Кара - Балта, Ысык-Көл, Чатыр - Көл, Сары - Челек, , Ийри - Суу, Кичи – Кемин.

Адабий чыгармалар анын каармандарынын аттарынан аталып, кош сөз катары айтылса, алар тырмакчага алынып, ортолоруна дефис коюлат да, баш тамгалар менен жазылат. Мисалы: " Саринжи- Бөкөй", " Ак-Мөөр", " Жаныш-Байыш" ж.б.

Астрономиялык энчилүү аттар баш тамга менен жазылат. Мисалы: Ай, Күн, Марс, Чолпон, Жетиген, Юпитер ж.б..

Жер-суунун, коомдун атынан коюлган энчилүү аттар тырмакчага алынып, баш тамга менен жазылат. Мисалы: " Акун "фирмасы, " Кыргыз тил "коому, " Нур-Аалам" фонду ж.б.

Мекеменин, мектептин ж.б. аттары адамдын атына коюлса, Тырмакчага алынбай жазылат. Мисалы: Исхак Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети, Жайыл баатыр атындагы орто билим берүүчү мектеп, А.П. Макаренко атындагы лицей, Манас аэропорту ж.б..

Китептердин, гезит-журналдардын, кино театрлардын ж.б. аттары тырмакчага алынып, баш тамга менен, эгер эки сөзү тең энчилүү ат болсо, эки сөзү тең баш тамга менен жазылат. Мисалы: " Кылым карытар бир күн" романы, " Кыргыз Туусу" гезити, " Весть"гезити, "Жаштык" кинотеатры, " Сочи" кафеси ж.б. .

КМШдагы, чет элдик партиялык, өкмөттүк, профсоюздук жогорку мекемелер менен уюмдардын наамдарынын аттары (партия, кыймылы деген сөздөн башкасы) баш тамга менен жазылат. Мисалы: Кыргыз Республикасы, Кыргыз Республикасынын Президенти, Жогорку Кеңеш, Кыргыз Республикасынын Жогорку Соту, Кытай Эл Республикасы, Казак Эл Республикасы, Бириккен Улуттар Уюму ж.б.

Энчиленип коюлган тарыхый окуялардын аттары баш тамга менен жазылат. Мисалы: Улуу Октябрь Революциясы, Апрель Революциясы, Улуу Ата Мекендик Согуш.

Белгилүү даталардын, революциялык майрамдардын аттарынын биринчи сөзү баш тамга менен жазылат. Мисалы: Аялдардын эл аралык майрамы, Жеңиш күнү, Жаңы жыл, Мугалимдер күнү, Мамлекеттик тил күнү, Конституция күнү ж.б..

Эгерде татаал энчилүү аттардын биринчи сөзү иреттик сан атоочтордон болуп, цифра менен жазылса, экинчи сөзү баш тамга менен жазылат.

Мисалы: 31- Август, 8-Март, 9-Май, 23-Февраль ж.б..

Эгерде араб цифрасы сөз менен берилсе, биринчи сөзү баш тамга, экинчи сөзү кичине тамга менен жазылат. Мисалы: Отуз биринчи август, Сегизинчи март, Тогузунчу май, Жыйырма үчүнчү февраль ж.б.

Министрликтердин, коомдук уюмдардын, ар түрдүү мекемелердин, окуу жайларынын биринчи сөзү жана анын курамындагы кошо айтылган энчилүү аттар баш тамга менен жазылат. Мисалы: Кыргыз Республикасынын Улшуттук илимдер академиясы, И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети, Жайыл баатыр атындагы №12 орто билим берүүчү мектеби ж.б.

Зат атоочтордун жекелик жана көптүк саны

Зат атоочтор жекелик жана көптүк санда айтылат.

Көптүк маанини -лар мүчөсүнүн 12 варианты жасайт.

Акыркы тамга	Мүчө	Мисалдар
Үндүү, –й, -р	-лар, -лер, -лор, -лөр	алмалар, үйлөр, дептерлер
Жумшак үнсүз	-дар, -дер, -дор, -дөр	кыздар, келиндер, жолдор, көлдөр
Каткалаң үнсүз	-тар, -тер, -тор, -төр	сааттар, китептер, достор, , сүрөттөр

Зат атоочтордун жакталышы

Зат атоочтун үч жактын бирин билдирип, жак боюнча өзгөрүшүн зат атоочтун жакталышы дейбиз.

Жак уландылар жакты билдирүү менен бирге көптүк, жекелик санды да билдирет.

	Жекелик санда		
Жагы	Жагы	Түрү	Мүчөлөрү
I жак	мен	жөнөкөй	-мын, -мин, -мун, -мүн
II жак	сен	жөнөкөй	-сың, -сиң, -суң, -сүң
II жак	сиз	сылык	-сыз, -сиз, -суз, -сүз
III жак	ал		
	Көптүк санда		
I жак	биз	жөнөкөй	-быз,- биз, -буз, -бүз; -пыз, -пиз, -пуз, -пүз
II жак	силер	жөнөкөй	-сыңар, -сиңер, -суңар, -сүңөр
II жак	сиздер	сылык	-сыздар, -сиздер, -суздар, -сүздөр
III жак	алар		

Мисалы: Жекелик санда

Мен кызматчымын, студентмин, үйдөмүн

Сен кызматчысың, студентсиң, үйдөсүң

Ал кызматчы, студент, үйдө

Көптүк санда

Биз кызматчыбыз, студентпиз, үйдөбүз

Силер кызматчысыңар, студентсиңер, үйдөсүңөр

Алар кызматчылар, студенттер, үйдө

Сылык форма

Сиз кызматчысыз, студентсиз, үйдөсүз

Сиздер кызматчысыздар, студентсиздер, үйдөсүздөр
Алар кызматчылар, студенттер, үйдө
Заттардын таандык болуп айтылышы
Зат атооч сөздөргө уланган кээ бир мүчөлөр таандыкты билдирет. Мындай таандык мүчолөр эки топко бөлүнөт.
Жак таандык мүчө -ым, -ың, -ы (-сы), -ыбыз, -ыңыз, -ыңар.
Жалпы таандык -ныкы. Үндүүлөрдөн кийин -ныкы, -ники, -нуку, -нүкү, жумшак үнсүздөрдөн кийин -дыкы, -дики, -дуку, -дүкү, каткалаң үнсүздөрдөн кийин -тыкы, -тики, -туку, - түкү; кыскарып, -ыкы, -кы болуп да айтыла берет.

Зат тоочтордун жасалышы
Зат атоочтор морфологиялык жана синтаксистик жол менен жасалат.

Зат тоочтордун морфологиялык жол менен жасалышы
Зат атоочтор морфологиялык жол менен, башкача айтканда, сөз жасоочу мүчөлөрдүн жардамы менен жасалат:
Атооч сөздөрдөн зат атоочту жасоочу мүчөлөр: -
чы - малчы, ырчы, жардамчы, кызылчачы
лык - достук, жолдоштук, бирдик, ондук
кор - жемкор, чайкор, малкор
кер - ишкер, жоокер, кызматкер, айыпкер
кеч - арабакеч, кирекеч
стан - Кыргызстан, Казакстан, Өзбекстан
кана - ашкана, китепкана, ишкана, чайкана
поз - илимпоз, өнөрпоз, ашпоз
чылык - дыйканчылык, эгинчилик, токчулук, кымбатчылык
лаш - аталаш, айылдаш, жолдош, жердеш
ча - кутуча, китепче, көрпөчө, дөбөчө
чык - капчык, оюнчук, көлчүк
Этиш сөздөрдөн зат атоочту жасоочу мүчөлөр:
ын - жаан, эгин, агын
ым - басым, чечим, билим,
ынды - бөлүндү, куранды, асыранды, кесинди
ма - сызма, катырма, башкарма, тизме
ыш - согуш,уруш, конуш, чыгыш
ак - күрөк, жүрөк, калак, таяяк
оо - буроо, шайлоо, ойлоо, бүлөө, көсөө
гыч - сызгыч, сузгуч, өчүргүч, отургуч
мак - куймак, үймөк, иймек, түймөк
ыч - өтүнүч, сүйүнүч, кубаныч
мал - таанымал, оромол, ачымал
мыш - турмуш, уламыш, кылмыш

Зат атоочтун синтаксистик жол менен жасалышы
Эки же андан көп сөздөрдүн айкалышынан түзүлгөн зат атоочтор сөз жасоонун синтаксистик жолу деп аталат. Мисалы: темир жол, боз үй, сары май, ата-эне, ага-ини, эже-сиңди, Ала-Тоо, Соң-Көл. Ысык-Көл ж.б.
Жөндөмөлөр жөнүндө түшүнүк
Сүйлөм ичинде сөздөрдүн байланышын, жөнүн, катышын көрсөтүп турган -нын, -га, -ны, -да, -дан мүчөлөрү жөндөмө мүчөлөр деп аталат.
Ушул мүчөлөрдүн грамматикалык маанисин белгилөө үчүн алынган сөз жөндөмө д.а.
Кыргыз тилиндеги жөндөмөлөр төмөнкүлөр:

1. Атооч -ким? эмне? Именительный
2. Илик -кимдин? эмненин? Родительный
3. Барыш -кимге? эмнеге? Дательный
4. Табыш -кимди? эмнени? Винительный
5. Жатыш -кимде? эмнеде? Местный
6.Чыгыш -кимден? эмнеден? Исходный

А. бала	китеп	досум
И. баланын	китептин	досумдун
Б. балага	китепке	досума
Т. баланы	китепти	досумду
Ж. балада	китепте	досумда
Ч. баладан	китептен	досумдан

Зат атоочтун жөндөлүш типтери
Зат атоочтордун жөндөлүшү 3 топко бөлүнөт.
Таандык мүчө уланбаган сөздөрдүн жөндөлүшү.
Аягы - ск, -нк, -фть, -кт, -нг, -нд, -мн менен бүткөн сөздөрдүн жөндөлүшү.
Таандык мүчө уланып турган сөздөрдүн жөндөлүшү.
Таандык мүчө уланбаган сөздөрдүн жөндөлүшү
Таандык мүчө уланбаган сөздөрдүн жөндөлүшү өз ара үч топко бөлүнөт.
Аягы үндүү тыбыштар менен бүткөн зат атоочтор төмөнкүчө жөндөлөт.

А. эне	бөлмө
И. эненин	бөлмөнүн
Б. энеге	бөлмөгө
Т. энени	бөлмөнү
Ж энеде	бөлмөдө
Ч. энеден	бөлмөдөн

2) Аягы жумшак үнсүздөр менен бүткөн зат атоочтор төмөндөгүө жөндөлөт.

А.	стол	үй
И.	столдун	үйдүн
Б.	столго	үйгө
Т.	столду	үйдү
Ж.	столдо	үйдө
Ч.	столдон	үйдөн

3) Аягы каткалаң үнсүздөр менен бүткөн зат атоочтор төмөндөгүө жөндөлөт.

А.	топ	эшик
И.	топтун	эшиктин
Б.	топко	эшикке
Т.	топту	эшикти
Ж.	топто	эшикте
Ч.	топтон	эшиктен

Аягы - ск, -нк, -фть,-кт, -нг, -нд, -мн менен бүткөн сөздөрдүн жөндөлүшү
Аягы - ск, -нк, -фть, -кт, -нг, -нд, -мн менен бүткөн сөздөргө жөндөмө мүчөлөр уланганда ал сөздөр менен жөндөмө мүчөлөрдүн ортосунда ы, и, а, у тамгалары кошулат да, андан кийин аягы үндүү тыбыштар менен бүткөн сөздөрдүн жөндөлүшү сыяктуу жөндөлө берет. Мисалы:

А.	Минск	танк	нефть
И.	Минскинин	танканын	нефтинин
Б.	Минскиге	танкага	нефтиге
Т.	Минскини	танканы	нефтини
Ж.	Минскиде	танкада	нефтиде
Ч.	Минскиден	танкадан	нефтиден

Таандык мүчө уланып турган сөздөрдүн жөндөлүшү

Таандык мүчө уланып турган зат атоочтор илик, барыш, табыш, чыгыш жөндөмөлөрүндө бир кыйла айырмаланып турат. Мисалы:

А.	саатым	саатың	сааты
И.	саатым(д)ын	саатың(д)ын	саатын+ын
Б.	саатым-а	саатың-а	саатын+а
Т.	саатым(д)ы	саатың(д)ы	саатын
Ж.	саатым-да	сатың-да	саатын+да
Ч.	саатым(д)ан	саатың(д)ан	саатын+ан

УДК 35.2428.351.711

А. Темирбекова, А. Акунов
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A.Temirbekova, A.Akunov
I. Razzakov, Kyrgyz State Technical University
Bishkek, Kyrgyz Republic
aakunov@gmail asel_temirbekova92@mail.ru

МАМЛЕКЕТТИ БАШКАРУУ ТАЖРЫЙБАСЫ ЖАНА ТАРЫХЫЙ ЭС ТУТУМ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ОПЫТ УПРАВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВОМ И ИСТОРИЧЕСКАЯ ПАМЯТЬ

NATIONAL EXPERIENCE OF STATE ADMINISTRATION AND HISTORICAL MEMORY

Макалада бири бирине мазмуну жагынан тыгыз байланыштуу эки маселе каралган. Биринчиси - Кыргыз мамлекеттүүлүгүнүн башаты биздин заманга чейинки 10-кылымда түзүлгөн кыргыз мамлекетинен башталып бүгүнкү күндөргө чейинки мезгилдерде топтогон мамлекетти башкаруу боюнча бай тажрыйбасы болсо, экинчиси – бийлик жүргүзүүнүн ошол мол тажрыйбасынын ар кайсы дооорлордо жаралган ар кандай жагымсыз жагдайлардан улам кыргыз элинин эс тутумунда сакталбай калган же бурмалоолорго дуушар болгон жактарын кароо болуп эсептелет.

Ачкыч сөздөр: *бийлик, мамлекет, улуттук аң-сезим, манкуртизм, көз карандысыздык, этностор, жарандар.*

В статье рассматривается тесно связанные по содержанию два вопроса. Первый – это собранный кыргызским народом богатый опыт управления государством за очень длинный исторический период развития начиная с кыргызской государственности 10 его века до н.э. до сегодняшних дней, второй – в силу различных объективных причин, возникших на разных этапах развития не сохранившиеся стороны этого богатого опыта организации власти в национальной памяти кыргызского народа.

Ключевые слова: *власть, государство, национальное сознание, манкуртизм, независимость, этносы, граждане.*

The article discusses two closely related issues. The first is the rich experience of state management collected by the Kyrgyz people for a very long historical period of development from

the Kyrgyz statehood of the 10th century BC to the present day, the second is due to various objective reasons that have arisen at different stages of development, the aspects of this rich experience of organizing power in the national memory of the Kyrgyz people have not survived.

Key words: *national consciousness, loss of identity, independence, symbols of national independence, ethnic groups, citizens.*

Киришүү. "Улуттук дем - дүйнөлүк бийиктик" уңгу жолу жөнүндө Кыргыз Республикасынын Президенти С.Н.Жапаровдун 2024-жылдын 18-декабры ПЖ № 369 Жарлыгында каралган маанилүү маселелер тарыхчылар менен саясат таануучулардын алдына илимий изилдөөлөр үчүн бир катар талаптарды койду. Тарыхтын белгилүү бир учурларында мамлекеттүүлүгүнөн, жазма маданиятынан ажырап калса да, кыргыз эли өзүнүн ички биримдигин, башка элдер менен болгон ырашкерлигин өксүткөн эмес, дүйнөтааным тажрыйбаларын байытып отуруп, жалпы адамзаттык маанидеги оозеки көркөм мурастардын эң бай казынасын жараткан. "Манас" үчилтиги - улуттук гана эмес, дүйнөлүк маанидеги эпикалык мухит. Ал дайыма кыргыз элинин демине дем кошуп, анын улут болуп калыптануу жолунда рухий азык, тарыхый жана философиялык таяныч болуп келген, мындан ары да кыргыз жарандарынын дем, кубат алуучу булагы бойдон кала берет. Кыргыз Республикасынын элинин эң башкы байлыгы жана сыймыгы - анын эгемен мамлекети[1]. Эгемен Кыргыз мамлекетин башкарууда улуттук тажырыйбаны эске алуу жана пайдалануу маанеге ээ. Кыргыз элинин эс-тутумунда сакталып калган башкаруу тажырыйбасын илимий изилдөө учурдун талабы болууда.

Изилдөөнүн максаты. Кыргыз Республикасынын Президенти С.Н.Жапаровдун "Улуттук дем - дүйнөлүк бийиктик" уңгужолу жөнүндөгү Жарлыгында: “Мамлекет куруу жана бийлик жүргүзүү жагынан жыйналган коомдук-саясий тажрыйбаларын Кыргыз эли өзүнүн тарыхый эс тутумунда сактап келген” – баса белгиленген. Мына ушул тарыхий эс тутумду илимий изилдөөгө алуу аракети бул макаланын максаты болуп эсептелет.

Материал жана изилдөө ыкмалары. Кыргыз элинин байыртадан бери топтоп жана эс тутумунда сактап келген бийлик жүргүзүүнүн бай тажырыйбасын изилдөө, албетте, биринчи кезекте тарыхий методдорду колдонууну талап кылат. Бул историзм (лат. Historia - тарых) – жашоодогу кубулуштарды, заттарды жана түшүнүктөрдү алардын пайда болушу, өнүгүшү жана конкреттүү тарыхий шарттар менен байланышта караган илимий метод. Окуя өтөт ой калат, нерселер убакыт жана мейкиндик өлчөмдөрүндө даайыма кыймылда жана тынымсыз өзөрүүлөр абалында боло тургандыгын негизи шарт катары караган диалектикалык методду колдондук. Изилдөө обектисин ар тараптан анализге алуу методу да колдонулду. Илимий макаланы жазууда пайдаланылган негизги илимий методдорго гана тотолдук, түз же кыйыр колдонулган илимий методдордун бардыгын тизмелеп жазуу бул чакан макалада көп орун ээлеп каларын эске алуу менен мамиле кылдык.

Ал эми колдонулган материалдар жөнүндө сөз кылсак, анда анын географиясы абдан кеңири. Сөз кыргыздардын жана Кыргызстандын байыркы мезгилден бүгүнкү күнгө чейинки тарыхы жөнүндө болмокчу. “Бүгүнкү мамлекетибиз байыркы мезгилден бери кыргыз жерин көздүн карегиндей сактап жана коргоп келген улуу ата-бабаларыбыздын акылмандыгынын жана баатырдыгынын жемиши болгон. Өзүнүн узак тарыхый жолунда Кыргыз мамлекети бирде күч алып, бирде чачылып, ошону менен бирге Борбордук Азияда өзүнүн татыктуу ордун жоготкон эмес.”[2] – деп Кыргыз Республикасынын Президентинин 2023-жылдын 24-октябрындагы № 270 “Кара-Кыргыз автономиялуу облусунун түзүлгөндүгүнүн 100 жылдыгын белгилөө жөнүндө” Жарлыгында [3] белгиленген.

“Кыргыз мамлекеттүүлүгүнүн башаты биздин заманга чейинки 10-кылымда түзүлгөн кыргыз мамлекетинен башталып, андан кийинки кылымдардагы Барсбек бабабыз түптөгөн Кыргыз каганаты, 9-10-кылымдардагы Кыргыз дөөлөтү, андан кийинки кадимки Адыгине, Тагай бийлер, Ормон кан, Алымбек датка сындуу журт уютуп, эл баккан чыгаан журт башчыларынын өз алдынча мамлекет түзүүгө аракети, кийинки 19-кылымдын аягы 20-

кылымдын башындагы агартуу, илим-билим аркылуу жаңылануунга багыт алган кыргыз интеллигенциясынын аракеттери” [4] изилдөө материалдары катары каралды.

Чынгызхан жана анын мураскерлери күчтөрдүн тең эмес шарттарында кыргын салган, кыргыздардын бир далайын Манчжурияга жер которуп көчүрүп жиберген. Ушундай эле жер котортуп көчүрүп жиберүү ыкмасын кийин Жунгар мамлекети да корлдонгон кыргыздарга каршы. Моголистан менен Маверенахр (Чагатай) каршылашкан доордо Темирландын кандуу жүрүштөрүнөн далай кыргыздар кырылып, жеринен сүрүлгөн. Жалпысынан үч жүз жылга жакын созулган калмактар менен кокондуктарга каршы өз элин, өз жерин коргоо үчүн болгон теңсиз кармаштарда азап тартып, аёсуз кырылган кыргыз. Бул доор, бул алаамат эң аянычтуу, эң трагедиялуу окуялар катары кыргыз элинин, кыргыз улутунун эс-тутумунда түбөлүккө кетпес кара так катары калган [2]. Илимий изилдөөлөр процессинде жогоруда келтирилген окуялар материал катары кызмат кылды.

"Советтер Союзунда 73 жылга чукул өкүм сүргөн жападан жалгыз тоталитардык саясий партия – КПСС коомдук уюм боло туруп, өлкөдөгү мамлекеттик бийликти толугу менен узурпациялап (басып алып), эч ылгабастан, сотсуз, тергөөсүз жана акыйкаттыкты аныктабастан, миллиондогон бейкүнөө адамдарды жок кылып, сүргүнгө айдаган. Өлкөдөгү башка көптөгөн улуттар менен катар кыргыздар да өздөрүнүн аң-сезимин, каада-салттарын жана дүйнө таанымын марксисттик-лениндик-коммунисттик чыпкадан өткөрүшүп, маңкурттарга жана партиянын жетегиндегилерге айланышкан... Бүгүнкү күндө биз КПССтин жана анын күжүрмөн отряды – Кыргызстан коммунисттик партиясынын адилетсиз жана үрөй учурган ишмердүүлүгү жөнүндө чындыкты жазууга жана туура аңдап-түшүнүүгө коомдук аң-сезимибиздин тиешелүү деңгээлине жеттик деп ойлойм” [[5]. Колдонулган жана колдоно турган материалдар жөнүндө өтө кеңири маалыматтар авторлордун буга чейин жарык көргөн көлөмдүү эмгектеринде берилген [6] .

Изилдөөнүн жыйынтыктары жана талкуулоо. Кыргыз Республикасы тарыхтын акыркы он жылдыктарында кылымдап тутунуп келген уңгужолдон саамга четтей түштү. Ушундан улам өлкөдө береке качып, ырыскы бөксөрдү, адамдардын ой-санаасына бүлүк түштү, бийликке, мамлекетке, келечекке болгон ишеним азайды. Мамлекеттик жогорку бийлик үч жолу күч колдонуу менен алмашылды, адамдардын каны төгулду. Кыргыздардын жана Кыргызстандын тарыхы бир нече миң жылдар менен эсептелет. Жогорку бийликти тынчтык жол менен өткөрүп берүү салты бар болчу, ал кылымдар бою сакталып келген. Калмак жапырык жана Кокон хандыгынан жабыр тарткан кыргыздардын улуттук эс тутумуна да доо кеткен экен. Калмактар менен кокондуктардын эки-үч жылда бир кыргын-сүрөөн, баш аламандык, опур-топур менен алмашып турган хандык бийлиги кийинки мезгилдерде алардан запкы чеккен кыргыздардын эс тутумунда көбүрөөк сакталып калган сыяктуу. Соңку жаңы тарыхта орун алган саясий төңкөрүштөр буга мисал болот десек туура болот. Бийликти ушинтип эле, митингдерди уюштуруп, Акүйдү басып алып, бийликтеги адамдарды сабап, кубалап, алардын ордуна өз адамдарын отургузуу жолу менбен бийликти алмаштырса болот деген көз караш, алишенимдик, натуура аракеттер чыныгы тарыхты билбегендиктен, кыргыз элинин бийлик жүргүзүү салтын, наркын сактабагандыктан улам орун алып келатат.

Миң жылдан ашык мезгилден кийин кайрадан жаралган эгемен Кыргыз мамлекетин башкаруунун жаңы системасын курууда улуттук тарыхтын сабактарын жана улуттук башкаруунун бай тажрыйбасын пайдалануунга толук мүмкүн эмес болгон, анткени, ал мезгилге карата социалистик реализмден тышкары, жаңыча жана объективдүү чындыктын негизинде жазылган кыргыз тарыхынын өзү жок эле. Болбосо, этностун жана кыргыз мамлекеттүүлүгүнүн калыптанышы жөнүндөгү бир кыйла көбүрөөк, эң зарыл тарыхый материалдарды IX-X кылымдарда түзүлгөн, территориясы Байкөлдөн Жетисууга чейин, Томск менен Кызыл-Жардан (Красноярск) улуу Кытай сепилдери менен Чыгыш Туркестанга чейин созулган эбегейсиз чоң империясынын – Улуу Кыргыз каганатынын - бай тарыхынан алсак болот эле да [7].

Бул империя кулагандан кийин кыргыздар күчтүү душмандар тарабынан кырып-жоюга алынып, тукум курут коркунучунан улам жер которуп, далай азап-тозокторду башынан

кечиришкен. Ошого карабастан, алар дайыма баскынчыларга каршы, күчтөр тең болбосо да, көтөрүлүшкө чыгып турушкан жана улуттук биримдик үчүн талбастан күрөшүшкөн. Алар өздөрүнүн эне тилин жана этно-маданий өзгөчөлүктөрүн көздүн карегиндей сактап калышкан, улуттук чыгармачылыгын өнүктүрүшкөн. Бул процессте негизги ролду баатырдык "Манас" эпосу ойногон. Анын өзөгүн бирдиктүү, улуттук жана эгемен мамлекетти куруу идеясы түзүп, манасчылар бул идеяны муундан-муунга эч көөнөртпөстөн өткөрүп келген.

Бирок бул салт, улуттук эс тутум коммунисттик бийлик орногондон кийин кыл менен буугандай токтоп калган, салтты карманып, өткөндү эстегендердин бардыгы "коммунисттик идеяга" карша элементтер катары, "эл душмандары" катары же өлтүрүлүп, же алыскы, кайра келбес жайларга сүргүнгө айдалган. "Эл душмандарын" издеп табуу жана жазалоо КПСС жоюлганга чейин уланган.

Кыргызстан Компартиясын жоюу 19-21-августагы ГКЧП ойрон болгондон кийин, 23-августа Бишкектин борбордук аянтына митингке чогулгандардын талабы болгон. 27-августа Ата-Бейитке чогулган эл репрессиянын курмандыктарына багыштап куран окутуп, ушундай акылга сыйбас, мыкаачылык-ыплас иштерди жасаган, тарыхы канга боелгон Кыргызстан Компартиясын жоюну талап кылышкан. Кезексиз сессияга чогулуу чечими да ушундай талаптардан кийин кабыл алынган. 1991-жылы 31-августа Кыргызстан Республикасынын Жогорку Совети кезексиз сессияга чогулуп өзүнүн токтому менен Кыргызстан Компартиясын жойгон, анын мүлкүн улутташтырган. Ошентип, репрессивдүү компартиянын башкаруусунан кутулган Кыргызстан өзүнүн мамлекеттик көз карандысыздыгын бүт дүйнөгө жар салган. Бул күн – 31-август – кыргызстандыктардын эң башкы улуттук майрам күнү болуп каган. Ал эми көз карандысыз мамлекетти куруу процесси, коомдун саясий системасын өзгөртүү, мамлекетти башкаруунун жаңы моделин киргизүү идеялары, долбоорлору жана демилгелери Кыргызстанда мурдатан эле, 1985-жылы башталган кайра куруу мезгилинин акыркы жылдарында эле башталган болчу.

1985-жылдын апрелинен, М.С.Горбачевдун КПССтин жетекчилигине келишинен, башталган кайра куруу жана айкындуулук саясаты Москвага толугу менен, кыңк этпей баш ийип келген он беш союздук республикалардагы демократиялык процесстерди жандандырып, эгемендик жана адилеттүүлүк тууралуу ойлорду ачык айтып чыгууга ыңгайлуу шарттарды түзүп берген. Союздан бөлүнүү маселесин биринчилерден болуп Латвия, Литва жана Эстония республикалары көтөрүп чыгышкан. Орто Азия республикаларында да кыйчалыш карчылдаштар толкуну күч алган. 1986-жылы 16-декабрдагы Алматыдагы КПССтин жетекчилигине каршы жаштардын жана студенттердин кандуу Желтоксан окуялары бул демократиялык толкундун, КПССтин жоюлушунун жана СССРдин кулашынын бороон жарчысы, башаты болгон десек туура болот.

Жыйынтык. Кыргыз улутунун мамлекетти башкаруу боюнча бай тарыхий тажрыйбасы болгон деген жыйынтык чыгарсак болот. Кытайдын Геродоту аталган Сыма Цзяндын маалыматы боюнча б.з.ч. 201-жылы эле Кыргыз мамлекети болгон. 840-924-жылдары өкүмдүгүн кылган Түштүк Сибирдеги Улуу Кыргыз Дөөлөтү кыргыз тарыхынын жылдыздуу доору болгон деп 20-кылымдын Геродоту болгон В.В.Бартольд тарыхий маалымат-булактар менен далилдеп жазган. Кийинки дооpлордогу Мухамед Кыргыздын менен Ормон хандын башкаруу тажрыйбалары да буга далил. Байыркы кыргыздардын мамлекетти башкаруу тажрыйбасы болгондугунун дагы бир айныгыс далили катары мындан 1000 жыл илгери жарык көргөн Жусуп Баласагандын "Кут алчу билим" аталыштагы бийликтин теориялык маселелерин чечмелеген тарыхий эмгегин айтсак болот. Бийлик жүргүзүүнү уюштуруу боюнча ушундай илимий эмгекти миң жыл мурда эле жараткан улуттун мамлекетти башкаруу жагынан тажрыйбсы мол болууга тийиш. Маселе бул бай тажрыйбаны терең изилдөөлөрдү колго алуу, уюштуруу жана практикада пайдалануу турат.

Кыргыз жараны - баалуулук, ишеним, таяным жана идеалдар тутумунун жандуу алып жүрүүчүсү; үлгүлүү жүрүм-турум ченемдерин күндөлүк жашоо тартибине айландырган адам: - кыргыз жаранынын эң башкы баалуулуктары анын мекени, эли жана мамлекети - Кыргыз Республикасы[1].

Адибяттар тизмеси

1. "Улуттук дем - дүйнөлүк бийиктик" уңгужолу жөнүндө Кыргыз Республикасынын Президенти С.Н.Жапаровдун 2024-жылдын 18-декабры ПЖ № 369 Жарлыгы [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://cbd.minjust.gov.kg/18-11/edition/23328/kg
2. Акунов, А. “1000 жылдан кийин кайра жаралган Кыргыз мамалекетине 100-жыл”. [Текст] /А.Акунов, А.Темирбекова. - Известия КГТУ им. И. Раззакова, Выпуск №2, 2025. С.399-407.
3. Кыргыз Республикасынын Президентинин 2023-жылдын 24-октябрындагы № 270 “Кара-Кыргыз автономиялуу облусунун түзүлгөндүгүнүн 100 жылдыгын белгилөө жөнүндө” Жарлыгы.
4. Кыргыз Республикасынын Президенти С.Жапаровдун 2024-жылы 31-августта, Кыргыз Республикасынын Көз карандысыздыгынын 33 жылдыгын жана Кара-Кыргыз автономдуу облусунун 100 жылдыгын майрамдоодо салтанатында сүйлөгөн сөзүнөн [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://president.kg/news/all/25680
5. Акунов, А. Национальный опыт государственного управления и крушения тоталитарной системы власти в Кыргызстане [Текст] /А.Акунов, А.Темирбекова. - Известия КГТУ им. И. Раззакова, Выпуск №2, 2025. С.393.
6. Акунов, А. Кыргызстан в эпоху независимости (1991–2022): Книга I: Формирование новой политической системы: синдром авторитаризма. [Текст] /А.Акунов, А.Темирбекова. - Бишкек: ИД “Калем”, 2023. – 534 стр, табл., фотографии, карты. Книга 3: Как трудно быть независимой страной. Тернистый путь свободы, – Бишкек: ИД “Калем”, 2023. – 342 стр, табл., фотографии, карты.
7. Акунов, А. Кыргызстан эгемендик доорунда (1991-2021), [Текст] /А.Акунов. - “Калем” басма үйү, - Бишкек, 2021.- 1040 б.

УДК 32. 328.321.01

А.Темирбекова
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A.Temirbekova
I. Razzakov Kyrgyz State Technical University, Bishkek, Kyrgyz Republic
asel_temirbekova92@mail.ru

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН КӨЗ КАРАНДЫСЫЗДЫК ЖӨНҮНДӨГҮ ДЕКЛАРАЦИЯСЫНА 35 ЖЫЛ

35-ЛЕТИЕ ПРОВОЗГЛАШЕНИЯ НЕЗАВИСИМОСТИ РЕСПУБЛИКИ КЫРГЫЗСТАН

35TH ANNIVERSARY OF THE DECLARATION OF INDEPENDENCE OF THE REPUBLIC OF KYRGYZSTAN

2026-жылы “Кыргызстан Республикасынын мамлекеттик көз карандысыздык жөнүндөгү декларациясына” 35-жыл толот. 1991-жылы 31-августта Кыргызстан Коммунисттик партиясы биротоло жоюлуп, мүлкү улутташтырылган. Ушундан кийин гана “Кыргызстан Республикасынын мамлекеттик көз карандысыздык жөнүндөгү декларациясы” кабыл алынып, 31-август майрам күнү деп жарыяланган. Кыргызстан 1991-

жылы 31-августа кимден көз каранды эместиги жөнүндө дүйнөгө жар салды деген суроо каралат.

Ачкыч сөздөр: *улуттук аң-сезим, манкуртизм, көз карандысыздык, улуттук көз карандысыздыктын символдору, этностор, жарандар.*

В 2026 году отмечается 35-летие «Декларации государственной независимости Республики Кыргызстан». 31 августа 1991 года Коммунистическая партия Кыргызстана была окончательно ликвидирована, а её имущество национализировано. Только тогда стала возможной принятие «Декларациии о государственной независимости Республики Кыргызстан», в которой 31 августа был объявлен праздничным днём. Рассматривается вопрос от кого Кыргызстан провозгласил свою независимость миру 31 августа 1991 года.

Ключевые слова: *национальное сознание, манкуртизм, независимость, символы национальной независимости, этносы, граждане.*

In 2026, the 35th anniversary of the "Declaration of State Independence of the Republic of Kyrgyzstan" is celebrated. On August 31, 1991, the Communist Party of Kyrgyzstan was finally liquidated, and its property was nationalized. Only then did it become possible to adopt the "Declaration of State Independence of the Republic of Kyrgyzstan", in which August 31 was declared a holiday. The question from whom Kyrgyzstan proclaimed its independence to the world on August 31, 1991 is being considered.

Key words: *national consciousness, loss of identity, independence, symbols of national independence, ethnic groups, citizens.*

Киришүү. 1991-жылы 31-августта Кыргызстан Коммунисттик партиясынын маселеси Жогорку Советтин сессиясында каралып, парламенттин токтому менен Кыргызстан Коммунисттик партиясы биротоло жоюлуп, мүлкү улутташтырылган. Ушундан кийин гана “Кыргызстан Республикасынын мамлекеттик көз карандысыздык жөнүндөгү декларациясы” кабыл алынып, 31-август майрам күнү деп жарыяланган. Ошентип быйыл, 2026-жылы “Кыргызстан Республикасынын мамлекеттик көз карандысыздык жөнүндөгү декларациясына” 35-жыл толот.

Изилдөөнүн максаты. Бул чакан макалада 1991-жылы 31-августта кабыл алынган “Кыргызстан Республикасынын мамлекеттик көз карандысыздык жөнүндөгү декларациясынын” тарыхий маанисин ачып берүүгө аракет кылынды. 1991- жылы 31-августа Кыргызстан коммунисттик партиясынын жоюлушу жана анын мүлкүнун улуттуштыруусунан кийин гана Кыргызстандын көз карандысыздыгы жөнүндөгу декларацияны кабыл алуу мүмкүнчүлүгү пайда болгондугун изилдөөгө алуу да бул макаланын максаттарынан болуп эсептелет.

Материал жана изилдөө ыкмалары. Макаланы даярдоодо мамлекеттик расмий документтер менен катар эле окумуштуулардын монографиялык эмгектери, жаш илимий изденүүчүлөрдүн макалалары, электрондук булактар, архивдик документтер жана көп кырдуу массалык маалымат каражаттарынын материалдары пайдаланылды. Автордун ушул темага байланышы бар мурда жарыяланган макала [3] жана башка изилдөөлөрү [4], [5] да пайдаланылды. Системалык анализ, биховиоризм, историзм принциптери сыяктуу бир катар заманбап изилдөө ыкмалары колдонулду.

73 жылга жакын жашаган тоталитардык мамлекет болгон Советтер Союзундагы жападан-жалгыз саясий партия, өзү коомдук уюм болуп туруп мамлекеттик бийликти толугу менен менчиктеп алган, билип-билбей, тактап-тактабай, чын-төгүнүнө жетпей туруп эле миллиондогон бейкүнөө адамдарды кырып-жоюп, куугунтукка алган, өлкөдөгү көптөгөн башка улуттар сыяктуу эле, кыргыздардын да эс-тутумун, салт-санаасын, ой-мүдөөсүн маркстик-лениндик-коммунистик фильтрден, электен өткөрүп, жумурай журтту маңкуртка айландырып, анан аларды малдай кылып өйдө-төмөн айдаган КПСС менен анын күжүрмөн отряды Кыргызстан Коммунисттик партиясынын жан кейиткен, көкүрөк түтөткөн, канга

боелгон ишмердиктери жөнүндөгү чындыкты жазганга жана туура түшүнгөнгө бүгүнкү күндөгү биздин коомдук аң-сезимибиздин деңгээли жетиштүү деп ойлойм.

1990-жылы 10-15-апрелде Кыргыз ССРнин XII шайланган Жогорку Советинин биринчи сессиясында депутаттар (А.Эркебаев, Ө.Текебаев, К.Акматовдор) мамлекеттик бийлик менен партиялык бийликти ажыратуу талаптарын айтып чыгышкан. КПССтин жетектөөчү жана башкаруучу ролун кепилдикке алган Конституциядагы 6-берененин алынып салынганына карабай, компартия мамлекеттин башкаруу иштерине дагы деле кийлигишкиси келген. 1991-жылдын 10-апрелинде Кыргызстан КП БКнын 1-катчылыгына Ж. Аманбаев шайланган. Жетекчилик алмашканы менен коммунистер дагы эле “борбор шаар Москва” жакты карап, эгемендикке каршы партиялык расмий саясатты уланта беришкен. Алар 1916-жылкы үркүндүн 75 жылдык мааракесин өткөрүүгө да каршы турушкан. 1991-жылы 19-23-августа болгон Москвадагы коммунисттик козголоңду (ГКЧП) конституцияга каршы, мыйзамсыз деп Кыргызстан Республикасынын Парламенти, КДК сыяктуу демократиялык кыймылдар менен уюмдар бул саясий путчка ачыктан-ачык каршы чыгышса да Кыргызстан КП БКнын жетекчилиги аны колдоп турушкан. Коммунисттик төңкөрүш максатына жетпей, кулагандан кийин көп узабай, 1991-жылы 31-августта Кыргызстан Коммунисттик партиясынын маселеси Жогорку Советтин сессиясында каралып, парламенттин токтому менен Кыргызстан Коммунисттик партиясы биротоло жоюлуп, мүлкү улутташтырылган. Ушундан кийин гана “Кыргызстан Республикасынын мамлекеттик көз карандысыздык жөнүндөгү декларациясы” кабыл алынып, 31-август майрам күнү деп жарыяланган.

Окурмандын көңүлүн буруш үчүн ушул жерден айта кетчү бир жагдай бар. КПСС менен СССР терминдери бири-бирине үндөшүп, көп учурларда бирдей мааниде айтылып, синонимдер сыяктуу көрүнгөнү менен алардын ортосунда олуттуу айырмачылыктар бар. 1917-жылы 25-октябрда пролетардык революция жеңгенде Россиядагы мамлекеттик бийлик жумушчулардын, дыйкандардын жана солдаттардын Советине өткөн. Ушундан улам Совет бийлиги деп аталып калган. Коммунисттик-большевиктер партиясы Россиядагы меньшевиктер, эсерлер, “Алаш” ж.б. сыяктуу көптөгөн саясий партиялардын бири гана болгон. 1922-жылы 30-декабрда СССР түзүлгөндө да мамлекеттик жогорку бийлик органы КПСС эмес, Эл комиссарлар (министрлер) Совети болгон. В.И.Ленин Эл комиссарлар Советинин төрагасы деген эң жогорку мамлекеттик кызматты аркалап, Совет өлкөсүн башкарып баштаган. РКП(б)нын башкы катчысы И.Сталин акырындык менен өлкөдөгү көп партиялуу системаны жоюп, өлкөдө жалгыз Коммунисттик (большевиктер) партиясы калган. В.И.Ленин өлгөндөн (21.01.1924) кийин СССРдеги мамлекеттик бийлик И.Сталин жетектеген ВКП(б)нын, кийин КПССтин колуна толугу менен өткөн. 1990-жылы 27-октябрда Кыргызстанда Президенттик бийлик институтун кийирүү учурунда кыргыз коомчулугу Коммунисттик партияга каршы митингдерге чыгышып, ачкачылык акцияларын уюштурганы белгилүү. 1991-жылы 17-мартта СССРди сактап калуу боюнча Бүткүл Союздук референдумга Кыргызстан Республикасынын шайлоо тизмесине киргендердин 92,8% катышып, добуш бергендердин 94,6% “Ооба” деп, СССРди сактап калуу үчүн добуш беришкен.1 Кыргызстандын калкы КПССи жок СССРди сактап калууга добуш беришкен. Кол коюсу 1991-жылдын август айына мерчемделген, КПССи жок жаңыланган СССРди сактап калууга багытталган Союздук Келишимдин долбоорун Кыргызстан Республикасы толук колдогон, 17-марттагы референдумдагы добуш берүүнүн жыйынтыктары буга укуктук негиз катары каралган. 1991-жылы 31-августагы Кыргызстан Республикасынын Жогорку Советинин кезексиз чакырылган 6-сессиясы мамлекеттин көз карандысыздыгы жөнүндөгү декларацияны кабыл алуудан мурда “Кыргызстан компартиясын жоюу жана анын мүлкүн улутташтыруу жөнүндөгү” токтомду кабыл алуудан баштагандыгы да бекеринен эмес.

Изилдөөнүн жыйынтыктары жана талкуулоо. Кыргызстан кимден көз карандысыздыгын жарыялаган? Суроого жооп бererден мурда ушул жерден окурмандын көңүлүн буруш үчүн айта кетчү бир жагдай бар. КПСС менен СССР терминдери бири-бирине үндөшүп, көп учурларда бирдей мааниде айтылып, синонимдер сыяктуу көрүнгөнү менен алардын ортосунда олуттуу айырмачылыктар бар. 1917-жылы 25-октябрда пролетардык

революция жеңгенде Россиядагы мамлекеттик бийлик жумушчулардын, дыйкандардын жана солдаттардын Советине өттү деп жарыяланган. Ушундан улам Совет бийлиги деп аталып калган. Ал учурда Коммунисттик-большевиктер партиясы Россиядагы меньшевиктер, эсерлер, “Алаш” ж.б. ушулар сыяктуу көптөгөн саясий партиялардын бири гана болгон. 1922-жылы 30-декабрда СССР түзүлгөндө да мамлекеттик жогорку бийлик органы КПСС эмес, Эл комиссарлар (министрлер) Совети деп аныкталган. В.И.Ленин Эл комиссарлар Советинин төрагасы деген эң жогорку мамлекеттик кызматты аркалап, Совет өлкөсүн башкарып баштаган. РКП(б)нын башкы катчысы И.Сталин акырындык менен өлкөдөгү көп партиялуу системаны жоюп, өлкөдө жалгыз Коммунисттик (большевиктер) партиясы калган абалга жеткиргенге үлгүргөн. В.И.Ленин өлгөндөн (21.01.1924) кийин СССРдеги мамлекеттик бийлик И.Сталин жетектеген ВКП(б)нын, кийин КПССтин колуна толугу менен өткөн.

1990-жылы 27-октябрда Кыргызстанда Президенттик бийлик институтун кийирүү учурунда кыргыз коомчулугу Коммунисттик партияга каршы митингдерге чыгышып, ачкачылык акцияларын уюштурганы белгилүү. 1991-жылы 17-мартта СССРди сактап калуу боюнча Бүткүл Союздук референдумга Кыргызстан Республикасынын шайлоо тизмесине киргендердин 92,8% катышып, добуш бергендердин 94,6% “Ооба” деп, СССРди сактап калуу үчүн добуш беришкен.[1] Кыргызстандын калкы КПССи жок жаңыланган СССРди сактап калууга добуш беришкен.

Кол коюсу 1991-жылдын август айына мерчемделген, КПССи жок жаңыланган СССРди сактап калууга багытталган Союздук Келишимдин долбоорун Кыргызстан Республикасы толук колдогон, 1991-жылы 17-марттагы референдумдагы добуш берүүнүн жыйынтыктары буга укуктук негиз катары каралган. 1991-жылы 31-августагы Кыргызстан Республикасынын Жогорку Советинин кезексиз чакырылган 6-сессиясы мамлекеттин көз карандысыздыгы жөнүндөгү декларацияны кабыл алуудан мурда “Кыргызстан компартиясын жоюу жана анын мүлкүн улутташтыруу жөнүндөгү” токтомду кабыл алуудан баштагандыгы да бекеринен эмес.

Демек, Кыргызстан 1991-жылы 31-августа кимден көз каранды эместиги жөнүндө дүйнөгө жар салды деген сыроого: КПССтен, анын күжүрмөн отряды болгон Кыргызстан Коммунисттик партиясынан деп жооп берсек туура болот. Коммунисттик партиянын репрессиялар жана трагедиялар менен коштолгон башкаруусунан оңой-олтоң эмес, тескерисинче азап-тозокторду баштан кечирип, араңдан-зорго кутулганын кыргыз эли эч унутпайт, улуттук эс-тутумда чоң кара так, узун кара тилке катары кала берери ачык айкын.

Союздук республикалар	Союздук республикалардын Компартияларынын таркатылган күнү	Союздук республикалардын СССРдин курамынан чыгуу жөнүндөгү чечимдеринин кабыл алынган күнү
Эстония	22-август 1991-жыл	20 -август 1991-жыл
Литва	23-август 1991-жыл	11 -март 1991 -жыл
Молдавия	24- август 1991-жыл	27-август 1991-жыл
Белоруссия	25-август 1991-жыл	25- август 1991-жыл
Грузия	26- август 1991-жыл	9-апрель 1991-жыл
Түркмөнстан	28-август 1991-жыл (КПССтин курамынан чыккан)	27-октябрь 1991-жыл
Украина	30- август 1991-жыл	24- август 1991-жыл
Кыргызстан	31 -август 1991 -жыл	31 -август 1991-жыл

Армения	7-сентябрь 1991-жыл	21- сентябрь 1991-жыл
Казакстан	7-сентябрь 1991-жыл	16- декабрь 1991-жыл
Латвия	10-сентябрь 1991-жыл	4- май 1990 -жыл
Азербайжан	14-сентябрь 1991-жыл	30- август 1991-жыл
Өзбекстан	14-сентябрь 1991-жыл	1-сентябрь 1991-жыл
Тажикстан	2- октябрь 1991-жыл	9 -сентябрь 1991-жыл
Россия	6-ноябрь 1991-жыл	12-декабрь 1991-жыл

1991-жыл – жогорку таблицадан көрүнүп тургандай Союздук республикалардын эгемендикке чыккан жылы, “Эгемендик парады” катары тарыхта калган. [6]

КПССтин таркатылышы жана Союздук республикалардын СССРдин курамынан чыгуу жөнүндөгү чечимдеринин кабыл алынышы маанилүү тарыхий документтерден болгон. 1977-жылы кабыл алынган СССРдин Конституциясынын КПССти Совет коомунун жетектөөчү жана багыттоочу күчү катары аныктаган 6-беренесинин 1990-жылдын 14-мартында СССР эл депутаттарынын III съездинде жокко чыгарылышы жана СССРдин Президенти деген мамлекеттик жогорку бийлик институтунун киргизилиши менен КПССтин тоталдык башкаруусуна чекит коюлган. Союздук республикалардын СССРдин курамынан чыгуу тартибин жана жол-жоболорун аныктаган 1990-жылдын 3-апрелиндеги № 1409-I СССР мыйзамынын кабыл алынышын буга чейинки кыска убакытта болуп өткөн терең өзгөрүүлөрдүн алгачкы жыйынтыгы жана логикалык уландысы катары кароого болот. Союздук деңгээлдеги түп тамырынан берки өзгөрүүлөрдүн шарданында Кыргыз ССРинде да мамлекеттик бийлик системасы жаңылана баштаган. 1990-жылы 27-октябрда Президенттик башкаруу институту киргизилген. Кыргыз мамлекети мурдагыдай Кыргыз ССРи эмес, эми Кыргызстан Республикасы деп жаңыча аталышка ээ болгон. 1990-жылы 15-декабрда Кыргыз мамлекетинин эгемендиги жөнүндөгү декларация кабыл алынган. Бул СССРдин курамынан чыкпай туруп бир катар олуттуу өз алдынчалыктарга жетишүү, көбүрөөк автономияны камсыз кылуу жөнүндөгү акт болгон. 1991-жылы август айында кол коюусу болжолдонуп жаткан Союздук келишимди Кыргызстан толук колдогон жана ага кол койгонго укуктук негиздер камсыз болгон. Бирок КПССтин айрым лидерлери Августагы путч, ГКЧПны уюштурушуп, Союздук келишимге кол коюуну атайын үзгүлтүккө учуратышкан. Мына ушундай олуттуу тарыхий окуялардан кийин 1991- жылы 31-августа Кыргызстан коммунисттик партиясынын жоюлушу жана “Кыргыз Республикасынын Мамлекеттик көз карандысыздык жөнүндөгү декларацияларынын” кабыл алынышы күтүлгөн жана мыйзам ченемдүү тагдыр чечүүчү чечимдерден болгон.

1991-жыл - Союздук республикалардын СССРден эгемендүүлүккө чыккан жылы катары тарыхта калган. Москвада 1991-жылы 19-23- августтагы эскичил коммунисттердин козголоңу (ГКЧП) жеңилгенден кийин бир катар союздук республикаларда КПССтин жергиликтүү уюмдарын жоюу же чектөө жүрүмү чагылгандай тездик менен орун алган. 1991-жылы 23-августта - Литвада, Молдавияда - 24-августта, Белоруссияда - 25- августта, Грузияда - 26-августта, Украинада - 30-августта компартиянын республикалык уюмдары толугу менен биротоло жоюлган. Айрымдары аталышын жымсалдап өзгөртүшкөн. Маселен, Түркмөнстан Компартиясы 1991-жылы 16-декабрда атын өзгөртүп, Түркмөнстан Демократиялык партиясы (Turkmenistanyn Demokratik partiyasy) болуп аталып калган. Ошентип, бир жуманын ичинде айрым союздук республикаларда компартиялар жоюлуп, бир катарында мамлекеттик көз карандысыздык декларациялары 1991-жылдын башынан бери эле (коммунисттик козголоң аракетине чейин эле) кабыл алынган.

1990-1991-жылдар тарыхий окуяларга бай жана бул жылдары тагдыр чечүүчү чечимдер кабыл алынган: 1977-жылы кабыл алынган СССРдин Конституциясынын КПССти Совет коомунун жетектөөчү жана багыттоочу күчү катары аныктаган 6-беренесинин 1990-жылдын

14-мартында СССР эл депутаттарынын III съездинде жокко чыгарылышы жана СССРдин Президенти деген мамлекеттик жогорку бийлик институтунун киргизилиши. Союздук республикалардын СССРдин курамынан чыгуу тартибин жана жол-жоболорун аныктаган 1990-жылдын 3-апрелиндеги № 1409-I СССР мыйзамынын кабыл алынышы. [2] Кыргыз ССРинде мамлекеттик бийлик системасынын жаңыланышы. Президенттик башкаруу институтунун киргизилиши. Кыргыз мамлекетинин жаңыча аталышы. 1990-жылы 15-декабрда "Кыргызстан Республикасынын мамлекеттик эгемендик жөнүндөгү декларациясынын" кабыл алынышы. Союздук келишим. Августагы путч, ГКЧП. 1991- жылы 31-августа Кыргызстан коммунисттик партиясынын жоюлушу жана "Кыргызстан Республикасынын мамлекеттик көз карандысыздык жөнүндөгү декларацияларынын" кабыл алынышы.

Жыйынтык. Демек, Кыргызстан 1991-жылы 31-августа кимден көз каранды эместиги жөнүндө дүйнөгө жар салды деген сурооо: Тарыхы канга боёлгон репрессивдүү КПССтен, анын күжүрмөн отряды болгон Кыргызстан Коммунисттик партиясынан деп жооп берсек туура болот. Коммунисттик партиянын репрессиялар жана трагедиялар менен коштолгон башкаруусунан оңой-олтоң эмес, тескерисинче азап-тозокторду баштан кечирип, улуттун асылдарынан айрылып, араңдан-зорго кутулганын кыргыз эли эч унутпайт, улуттук эс-тутумда чоң кара так, узун кара тилке катары кала берери ачык айкын.

Адабияттар тизмеси

1. Постановление Президиума Верховного Совета Республики Кыргызстан от 25 марта 1991 года № 397-XII "Об итогах проведения референдума СССР и опроса общественного мнения граждан в Республике Кыргызстан 17 марта 1991 года" [Электронный ресурс] – Режим доступа: ttps://continent-online.com/Document/?doc_id=30221609#pos=0;343.20001220703125

2. Аманалиев, У. О. Кыргыз Реппубликасынын конституциялык укугу [Текст]: Окуу китеп. У.О. / Аманалиев. - Б.: «ДЭМИ» басма үйү, 2023. – 430 б.

Душина, И. В. Народы мира [Текст]: кн. для чтения по географии / И. В. Душина, Т. Л. Смоктунович. - М.: Баллас, 2004. - 271 с.

3. Акунов, А. "1000 жылдан кийин кайра жаралган Кыргыз мамалекетине 100-жыл". [Текст] /А.Акунов, А.Темирбекова. - Известия КГТУ им. И. Раззакова, Выпуск №2, 2025. С.399-407.

4. Акунов, А. Национальный опыт государственного управления и крушения тоталитарной системы власти в Кыргызстане. [Текст] /А.Акунов, А.Темирбекова. - Известия КГТУ им. И. Раззакова, Выпуск №2, 2025. С.393.

5. Акунов, А. Кыргызстан в эпоху независимости (1991–2022): Книга I: Формирование новой политической системы: синдром авторитаризма. [Текст] /А.Акунов, А.Темирбекова. - Бишкек: ИД "Калем", 2023. – 534 стр, табл., фотографии, карты. Книга 3: Как трудно быть независимой страной. Тернистый путь свободы, – Бишкек: ИД "Калем", 2023. – 342 стр, табл., фотографии, карты.

6. Акунов, А. Кыргызстан эгемендик доорунда (1991-2021), [Текст] /А.Акунов. - "Калем" басма үйү, - Бишкек, 2021.- 1040 б. 104-б.

УДК 641.5:637.512.4 (575.2)

Э.А. Сырымбекова, Р.Ш. Элеманова, К.К.Кожобекова
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

E.A.Syrymbekova, R.Sh. Elemanova, K.K.Kojobekova
Razzakov Kyrgyz State Technical Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic
lsyrymbekova@kstu.kg, elemanova@kstu.kg, kkojobekova@kstu.kg

К ВОПРОСУ ВОЗРОЖДЕНИЯ РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ КЫРГЫЗСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОДУКТА «ГҮЛАЗЫК»

КЫРГЫЗ УЛУТТУК «ГҮЛАЗЫК» ПРОДУКЦИЯСЫНЫН РЕЦЕБИН ЖАНА ТЕХНОЛОГИЯСЫН КАЙРА ЖАНДАНДЫРУУ МАСЕЛЕСИ

ON THE REVIVAL OF THE RECIPE AND PRODUCTION TECHNOLOGY OF THE KYRGYZ NATIONAL PRODUCT “GULAZYK”

Макалада кыргыздын салттуу азыгы “гүлазыкты” кайра пайдаланып баштоо маселеси талкууланат. Бул теманын актуалдуулугу анык рецепттерди сактоо менен жергиликтүү чийки заттан улуттук функционалдуу тамак-аш азыктарынын ассортиментин кеңейтүү зарылчылыгы менен аныкталат. Негизги сырье катары Ысык-Көл облусунан өндүрүлгөн жылкы эти пайдаланылган. Этти алдын ала кайра иштетүүнүн жана кургатуунун ар кандай ыкмалары (кайнатуу, кууруу жана бышыруу, инфракызыл кургатуу, табигый кургатуу) изилденген. Органолептикалык баалоонун жыйынтыгы боюнча жагымдуу сенсордук мүнөздөмөлөрдү жана технологиялык эффективдүүлүктү камсыз кылуучу оптималдуу иштетүү ыкмасы тандалып алынган. Туризм жана рационалдуу тамактануу үчүн келечектүү, сактоо мөөнөтү узун функционалдык продуктуну түзүү мүмкүнчүлүгү көрсөтүлдү.

***Ачкыч сөздөр**: эт, азыктык баалуулугу, органолептикалык көрсөткүчтөр, тамак-аш концентраттар, сиңирүү, функционалдык тамак-аш азыктары.*

В статье рассмотрены вопросы возрождения традиционного кыргызского продукта «Гулазык». Актуальность темы обусловлена необходимостью расширения ассортимента национальных функциональных продуктов питания из местного сырья при сохранении аутентичных рецептур. В качестве базового сырья использована конина из Иссык-Кульской области. Изучены различные способы предварительной обработки и сушки мяса (варка, обжаривание с тушением, инфракрасная сушка, естественная сушка). По результатам органолептической оценки выбран оптимальный метод обработки, обеспечивающий привлекательные сенсорные характеристики и технологическую эффективность. Показана возможность создания функционального продукта длительного хранения, перспективного для туризма и рационального питания.

***Ключевые слова:** мясо, пищевая ценность, органолептические показатели, пищконцентраты, усвояемость, функциональные продукты питания.*

*This article examines the issues surrounding the revival of **"Gulazyk,"** a traditional Kyrgyz food product. The relevance of this research is driven by the necessity to diversify the range of*

*national **functional food products** derived from local raw materials while maintaining authentic formulations. Horse meat sourced from the Issyk-Kul region was utilized as the primary raw material.*

*The study investigates various methods of pre-treatment and dehydration, specifically: boiling; braising (frying followed by stewing); infrared (ir) drying; natural air drying. Based on the results of an **organoleptic assessment**, the optimal processing method was identified, ensuring superior sensory characteristics and technological efficiency. The findings demonstrate the feasibility of developing a shelf-stable functional product with high potential for the tourism sector and balanced dietary applications.*

***Key words:** meat, nutritional value, organoleptic indicators, food concentrates, digestibility, functional food products.*

Введение.Переход к рыночным отношениям привел к существенным сдвигам в развитии пищевой индустрии Кыргызстана. Потребители все чаще сталкиваются с продуктами, содержащими искусственные добавки (ароматизаторы, стабилизаторы, красители). Широкое распространение и потребление искусственных заменителей негативно сказываются на здоровье человека, провоцируя развитие патологий, ускоренное старение и сокращение продолжительности жизни. Положение осложняется социальным положением людей в стране и отсутствием опыта ведения здорового образа жизни. В нынешний быстрый ритм жизни кыргызстанцы отдаляются от домашней еды, и все стараются использовать фаст-фуд, прибегая к употреблению уличной еды или в точках питания. В стране наблюдается значительная проблема дефицита полноценного питания, в частности, недостаточного потребления белка, затрагивающая как взрослую, так и детскую группы населения. Применение пищевых белков напрямую связано с методами их получения, доступностью сырья и уровнем развития науки в сфере пищевых технологий. Все это вызывает опасение по здоровью и благосостоянию будущего поколения.

Одновременно растет интерес к национальным экологически чистым продуктам, что связано с развитием туризма – гастрономический, приключенческий, горнолыжный, культурный и экологический [1]. Страна славится горными массивами, живописными озерами и богатой историей, привлекая туристов со всего мира. Известно, особенность национальной кухни, показывающая культуру местного народа – это важный показатель в туризме.

Традиционные кыргызские напитки (кумыс, максым, бозо) уже нашли своё место на рынке [2]. Современный рынок национальных напитков демонстрирует существенное расширение ассортимента. Это достигается за счет увеличения количества торговых марок и производителей, которые фокусируются на использовании исключительно местных ресурсов, однако национальные продукты повышенной ценности в форме пищевых концентратов практически не производятся [3].

Гүлазык – один из древнейших продуктов кыргызских кочевников, представляющий собой сухой концентрат на основе мяса и злаков, предназначенный для быстрого приготовления питательного супа. Гүлазык в переводе означает «цветы продуктов», таким названием кыргызы выделяли важность и значимость такого продукта в их жизни. В эпическом сказании «Манас», особенно в моменты описания грандиозного «Великого похода» (Чоң казат), гүлазык предстает как жизненно важный стратегический ресурс. Этот питательный, высушенный продукт, представлял собой комбинацию измельченного курута, обжаренных злаков и вяленого мяса, служил незаменимым источником энергии для воинов, преодолевающих суровые горные перевалы и бескрайние пустыни [6].

В монографии С.М. Абрамзона «Киргизы и их этногенетические и историко-культурные связи» (1971/1990) понятие «Гүлазык» рассматривается в контексте традиционной кыргызской кухни и быта. В своем исследовании Абрамзон относит гүлазык к элементам материальной культуры, акцентируя внимание на присущей кыргызскому народу бережливости и практичности в процессе организации длительных путешествий [7].

Благодаря высокой калорийности, значительному содержанию белка и длительному сроку хранения без специальных условий, он идеально подходил для длительных переходов в

условиях кочевого образа жизни. Продукт отличался высокой степенью готовности: для употребления достаточно было проварить его 10-15 минут или просто залить кипятком.

Гүлазык демонстрирует сходство с современными концентрированными смесями – премиксами, представляющие собой композиции из одного или нескольких натуральных компонентов. Природное происхождение премиксов гарантирует их безопасность, отсутствие физиологически опасных и токсичных соединений, а также благоприятные сенсорные свойства. Эти факторы являются предпосылкой для их широкого применения в производстве продуктов, адаптированных к возрастным, физиологическим и экологическим аспектам потребления. Выбор и обоснование состава и технологических параметров производства премиксов базируются на комплексном анализе их целевого физиологического воздействия и потребительских свойств [3].

Анализ мирового рынка супов быстрого приготовления демонстрирует их широкую популярность. Статья Kolo SI «Концептуальный обзор развития нигерийского сапа как продукта быстрого приготовления» особо выделяет важность пищевых концентратов для жителей Нигерии, а также раскрывает потенциал глобального рынка. Нигерийские традиционные супы в быстрорастворимом формате имеют все шансы успешно выйти на этот рынок, отвечая запросам как нигерийской диаспоры, так и любителей экзотических вкусов. Мировой рынок готовых к употреблению продуктов активно развивается, предоставляя отличные возможности для продвижения супов быстрого приготовления. Преимущественно порошковая форма таких супов обеспечивает их легкость, что упрощает логистику и хранение в любое время года. Важнейшим элементом является упаковка, которая должна гарантировать качество, безопасность и удобство использования. Благодаря этим свойствам, супы быстрого приготовления могут быть оперативно приготовлены для нужд работающих семей, гостиничного бизнеса, медицинских учреждений, ресторанов и других организаций. Превращение нигерийских традиционных супов в продукты быстрого приготовления представляет собой многообещающую возможность для гармоничного сочетания культурного наследия и современного удобства. В данном концептуальном обзоре представлены потенциальные преимущества, вызовы и перспективы этой новой тенденции. Используя свою культурную значимость, питательные свойства, современные методы обработки и продуманную упаковку, пищеконцентраты могут занять достойное место в мировой индустрии готовых продуктов, способствуя экономическому развитию и распространению своей культуры [4].

Сектор готовых к употреблению продуктов питания демонстрирует значительный рост и является одним из крупнейших в мировой пищевой индустрии. Сухие суповые смеси, как представители этого сегмента, широко представлены на мировых рынках. Их привлекательность для потребителей обусловлена удобством приготовления, длительным сроком годности и приятным вкусом. В Индии, по оценкам на 2010 год, объем рынка супов составлял от 100 до 125 крор рупий, при этом готовые к приготовлению суповые смеси занимали 25% от общего объема готовых к употреблению продуктов. На индийском рынке доминируют такие бренды, как Knorr, Maggi, Ching’s Secret, Bambino, Sil и Campbell’s. Разнообразие вкусов делает их востребованными как в Индии, так и за рубежом. Помимо удобства, растущая осведомленность о здоровье стимулирует спрос на быстрорастворимые супы, которые также ценятся за свои питательные и лечебные свойства. Основу сухих суповых смесей составляют сухие ингредиенты и экстракты мяса [19].

Таким образом, становится ясно, что национальные продукты кыргызов, с точки зрения их биологической ценности, также должны соответствовать последним научным разработкам в области нутрициологии. Существуют много интерпретаций состава пищеконцентратав зависимости от доступности сырьевых ресурсов, известны рецептуры с использованием курута (молочного белка), талкана (молотые злаковые), пряных растений и др. Гүлазык, пришедший к нам из глубины веков и опробованный многими поколениями, должен возродиться с сохранением аутентичных рецептур и улучшением функциональности. В

современных условия Гүлазык может стать продуктом, востребованным в сфере туризма, спортивного питания и питания военнослужащих.

Поэтому целью данного исследования является подбор ингредиентов для создания пищевого композита с повышенной функциональной направленностью и выбор наиболее оптимальной подготовки мясной основы с использованием разных вариантов сушки.

Материалы и методы. Объектом исследования служила конина, полученная от клинически здоровых лошадей монгольской породы из села Көк-Дөбө Иссык-Кульской области. Животные содержались в традиционных условиях горного пастбищного выпаса. Убой проводился на специализированном убойном пункте после ветеринарного осмотра и предубойной выдержки в соотвествии с требованиями Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции». Мясо было отобрано от задней и спинной частей туши и охлаждено до достижения температуры в толще мышцы не выше +4 °С. Охлаждённое мясо транспортировалось в лабораторию в термоконтейнерах при соблюдении холодовой цепи.

В качестве вспомогательного сырья использовали талкан, курут, а также дикорастущие растения региона: согон (дикий лук, *Allium sativum woril*) и кызыл гул (ярутка полевая, *Thlaspi arvense*).

Подготовка мяса.

Подготовка мяса включала удаление жировой ткани и нарезку. Были подготовлены следующие образцы.

Образец №1: мясо нарезали поперек волокон на полоски толщиной 0,5 см. После этого мясо варили в течение 2 ч до полной готовности. Охлажденное мясо до комнатной температуры измельчали на измельчителе (модель Polaris PMG 2561, Китай). Образец сушили в инфракрасной сушилке (модель GL-IR500, Китай) при температуре 65 °С в течение 4 ч.

Образец №2: мясо нарезали на кусочки размером 3-4 см, затем быстро обжарили на раскаленном растительном масле до появления золотистой корочки с целью сохранения влаги внутри. Далее тушили образец до готовности на медленном огне в течение 1 ч. Готовое карамелизованное мясо остудили до комнатной температуры и измельчили на мясорубке (модель Polaris PMG 2561, Китай). Образец сушили в инфракрасной сушилке (модель GL-IR500, Китай) при температуре 65°С в течение 4 ч.

Образец №3: мясо нарезали поперек волокон на полоски толщиной 0,5 см. Затем варили в течение 2 ч до полной готовности. Вареное мясо сушили в инфракрасной сушилке (GL-IR500, страна, Китай) при 65 °С в течение 6 ч.

Образец №4: мясо нарезали на кусочки размером 3-4 см, обжарили на масле до карамелизации, провели тушение до готовности, охладили. Готовое мясо сушили в инфракрасной сушилке (модель GL-IR500, Китай) при 65 °С в течение 6 ч.

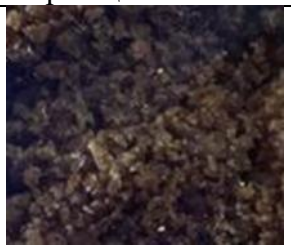
Образец №5: мясо нарезали поперек волокон на ломтики толщиной 0,5 см. Затем мясо варили в течение 2 ч до полной готовности. После охлаждения измельчили в мясорубке (модель Polaris PMG 2561, Китай) и сушили на открытом воздухе в тени при температуре 18-20 °С в течение 48 ч.

Образец №6: мяса нарезанное на кусочки размером 3-4 см обжаривали на раскаленном масле до образования характерной золотистой корочки. Затем тушили на медленном огне до полной готовности и охлаждили. Образцы измельчили (модель Polaris PMG 2561, Китай) и сушили на открытом воздухе в тени при температуре 18-20 °С в течение 48 ч.

Все высушенные образцы повторно измельчили на блендере (модель Bosch MSM66130, Германия) до получения однородной массы.

Результаты и обсуждение. Образцы высушеного мяса в виде мелкодисперсной массы проанализировали по органолептическим показателям. Результаты представлены в табл.1.

Таблица 1 – Органолептические показатели образцов мяса

№	Номер образца	Характеристика				
		Внешний вид	Цвет	Структура	Запах	Вкус
1	Образец № 1	Волокнистый	Светло-коричневый	Сухая, рыхлая	Интенсивный мясной	Мясной вкус
2	Образец №2	Зернистый	Темно-коричневый	Сухая, рассыпчатая	Интенсивный мясной с отенками и жареного мяса	Вкус жареного мяса
3	Образец №3	Волокнистый	Светло-кричневый	Сухая, рыхлая (воздушная)	Специфичный для мяса, интенсивный	Вкус вареного мяса
4	Образец № 4	Неоднородный с мелкими рваными кусочками, с легкой маслянистой поверхностью	Темно-насыщенный коричневый	Сухая	Специфичный для мяса	Вкус жареного мяса
5	Образец № 5	Рыхлый, частицы равномерной структуры	Равномерно кофейно-коричневый	Сухая, мелкофракционная	Специфичный для мяса	Вкус вареного мяса
6	 Образец № 6	Кусочки крупноватые неоднородные	Темно-коричневый	Сухая	Специфичный для мяса	Вкус жареного мяса

Чтобы определить наиболее подходящий метод обработки и сушки мяса для создания рецептуры Гүлазык, была организована экспертная комиссия из пяти человек для оценки органолептических характеристик. Участники сенсорного анализа дегустировали и оценивали

образцы высушенного мяса, прошедшие различные методы сушки. Выявленные различия во внешнем виде, консистенции, вкусе и запахе образцов, по всей видимости, связаны с применявшимися методами сушки, поскольку методы обработки мяса, температурные режимы и время сушки оказывают значительное влияние на качество.

По результатам сравнительного исследования, образец № 1 был идентифицирован как наиболее перспективный для дальнейшей разработки продукта "Гүлазык". Данный образец продемонстрировал полное соответствие всем органолептическим показателям, включая внешний вид, цвет, вкус и структуру высушенного мяса, что делает его идеальным для последующего формирования суповой смеси. Применение инфракрасной сушки для образца № 1 обеспечило значительное сокращение времени процесса по сравнению с естественной сушкой. Образцы № 2, 4 и 6, подвергшиеся термической обработке методом жарки, характеризовались привлекательным внешним видом, однако в дальнейшем было отмечено прогоркание. Выбор метода сушки осуществляется с учетом обеспечения безопасности и высокого качества продукции, а также минимизации ресурсных затрат, что является наиболее целесообразным с физической, технологической и финансовой точек зрения.

Гүлазык изготавливается из конины – ценного источника полноценного белка с оптимальным аминокислотным составом. Этот вид мяса богат железом, омега-3 и омега-6 жирными кислотами, а также витаминами группы В (особенно В12), А, Е, РР. Оно также содержит важные минералы, такие как молибден, кальций, калий и магний. Все эти компоненты способствуют укреплению сердечно-сосудистой системы, помогают в борьбе с анемией, повышают уровень гемоглобина, укрепляют иммунитет и улучшают метаболизм. Конина является гипоаллергенным и диетическим продуктом, усваивающимся в 8 раз быстрее говядины, с низким содержанием жира и практически полным отсутствием холестерина [15,16].

Учитывая, что Кыргызстан богат уникальными дикорастущими культурами, в качестве дополнительных ингредиентов рассмотрена возможность использования пряных трав, произрастающих в горных регионах. Для повышения питательных свойств наши предки использовали также талкан и курут. Ниже приведены характеристики этих ингредиентов.

Курут (курт) – это кисломолочный продукт, созданный кочевыми народами. Его изготавливают из процеженного айрана (называемого сузмо) с добавлением соли. Этот продукт легко усваивается организмом и богат белками, ферментами, витаминами, а также кальцием и фосфором. Курут помогает восстановить силы при истощении, а также способствует поддержанию здоровой микрофлоры кишечника [11].

Согон (дикий лук, *Allium sativum woril*) – многолетнее дикорастущее растение, широко распространенное в горных районах Кыргызстана. Ароматное лукоподобное растение, достигающее в высоту 20-30 см, отличается разветвленным стеблем с нежным розоватым оттенком и белоснежной сердцевиной. Сбор урожая возможен с августа. Кыргызы используют его в качестве приправы. С точки зрения лечебных свойств способствует очищению желудочно-кишечного тракта и организма от токсинов, улучшает кровообращение, стимулирует аппетит и обладает антимикробным действием, показано к применению в период лактации для стимуляции галактопоэза (процесса выработки молока) [13].

Кызыл гүл (ярутка полевая, *Thlaspi arvense*) – в пищевой промышленности ценится как ароматная пряность. Свежие листья и семена дают блюдам пикантный горчично-чесночный акцент, прекрасно дополняют салаты, супы и соусы, а также выступают в роли универсальной приправы. Интересно, что это растение также находится под пристальным вниманием учёных как возможный источник ценного масла. Фармакологические свойства обусловлены комплексом биологически активных веществ и проявляются в виде потогонного, диуретического, муколитического, противовоспалительного, антимикробного, ранозаживляющего, тонизирующего и общеукрепляющего действия [14].

Талкан представляет собой грубо смолотую муку, полученную из поджаренных зерен пшеницы. Этот продукт особенно популярен среди тюркских и монгольских народов. Он является отличным источником клетчатки и белка, а также быстро готовится без

необходимости варки. Талкан – это ценный поставщик энергии, пищевых волокон и минералов. Его употребление способствует омоложению организма, очищению кровеносных сосудов, укреплению иммунной системы, налаживанию работы кишечника, а также улучшению состояния кожи и волос. Благодаря своим диетическим свойствам, талкан может быть полезен в процессе снижения веса и контроля уровня холестерина [15].

Уникальные климатические условия и изобилие природного растительного сырья Иссык-Кульской области обеспечивают исключительную пищевую ценность производимой животноводческой и растениеводческой продукции. Исходя из этого, наше исследование направлено на создание рецептур Гүлазык с применением пищевого сырья из Иссык-Кульской области.

Выводы. Возрождение кыргызского продукта «Гүлазык» представляет собой актуальную инициативу, позволяющую расширить ассортимент долгосрочных продуктов питания из местного сырья с повышенной биологической ценностью при соблюдении традиционной кыргызской рецептуры. С ростом интереса к туристическому направлению продукт обретет высокий спрос и востребованность.

Применение инфракрасной сушки продемонстрировало высокую эффективность в получении мясного порошка, пригодного для использования в качестве ключевого ингредиента. Тем не менее, для полного понимания потенциала различных технологий, планируем в дальнейшем провести сравнительное исследование других методов сушки и оборудования.

Возрождение и улучшение рецептуры "Гүлазык" будет достигнуто благодаря применению натуральных ингредиентов, происходящих из экологически чистого региона Кыргызстана – Иссык-Кульской области. В качестве натуральных консервантов выступят местные растения – согон и кызыл гүл, которые не только улучшат вкусовые качества, но и значительно увеличат срок годности продукта. Особо стоит отметить конину из этого региона: ее исключительная пищевая ценность обусловлена уникальным рационом животных, включающим разнообразные травы и редкие горные растения, произрастающие исключительно в Иссык-Кульской области.

Настоящее исследование представляет собой пилотную стадию более масштабной работы. Последующие этапы будут посвящены детальному изучению биологической ценности каждого ингредиента, оптимизации их процентного соотношения, а также разработке методов комбинирования и восстановления. Корректное определение пропорций компонентов окажет решающее влияние на конечные характеристики продукта «Гүлазык».

Список литературы

1. Федотов П.В., Кожомкулов Т.А, Мамытов Б. М. О химическом составе и антибактериальных свойствах кыргызского национального напитка «Максым», Советское здравоохранение Киргизии, 1963, №5, с. 4.
2. Элеманова Р.Ш., Дейдиев А.У. Сравнительный анализ национальных напитков «Бозо шоро ккүчтүү» и «Бозо шоро жумшак»// Материалы международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в пищевой и легкой промышленности», 5-6 июль 2008, Алматы, Казахстан.
3. Азаматов Р.А., Кожобекова К.К., Конкубаева Н.У. Повышение пищевой ценности национальных продуктов// Известия вузов Кыргызстана № 2. – Бишкек: 2019.
4. Kolo SI. Концептуальный обзор развития нигерийского сапа как продукта быстрого приготовления. Журнал исследований в области науки и техники развития (DJOSTER). – 2023. – С. 107.Майкл О. Окпараорхидея. Микробные ферменты и их применение в пищевой промышленности: краткий обзор. Федеральный технологический университет, Акуре, Нигерия.- 2025. – Режим доступа: DOI: 10.4236/aer.2022.101002
5. «Манас (по варианту Сагымбая Орозбакова)», перевод: С. Липкин, М. Тарловский, Москва 1941 г.

6. С. М. Абрамзон — «Киргизы и их этногенетические и историко-культурные связи», Фрунзе (ныне Бишкек), издательство «Кыргызстан», 1990 г.
7. Microbial Enzymes and Their Applications in Food Industry: A Mini-Review. Влияние нестандартного мышления на пищевую промышленность - 2025
DOI: 10.4236/abb.2024.156022
8. Мерве КумруХулья Демир. Исследование приемлемости искусственного мяса среди студентов университетов. - Стамбул, Турция . – 2024. - – Режим доступа: DOI: 10.4236/fns.2024.152009
9. Мохаммад Аль-Касим , Заид Аль-Ассаф , Франсва Карабет. Быстрый и простой метод экстракции летучих N-нитрозаминов из мясных продуктов. – 2013. – Режим доступа: DOI :10.4236 /pp.2013.48087
10. Розария Марино , Марция Альбенцио , Антонелла делла Мальва , Ада Брагьери , Агостино Севи. Nutraceutical Properties of Meat from Grazing Podolian Young Bulls. Университет Фоджи, Фоджа, Италия . – 2014. - – Режим доступа: DOI: 10.4236/fns.2014.57073
11. Kalibekkyzy Z. et al. Valorization of Dairy and Plant By-Products as Functional Ingredients in Kurt (Dried Fermented Milk Product): Effects on Nutritional, Physicochemical, and Sensory Properties //Foods. – 2026. – Т. 15. – №. 2. – С. 369.
12. С. М. Абрамзон. Киргизы и их этногенетические и историко-культурные связи. — Л.: Наука, 1971
13. Кидирниязова М.И. Некоторые названия огородных культур в ногайском языке. Вестник Дагестанского государственного университета. 2009. Вып. 3.
14. Ma J., Wang H., Zhang Y. Research progress on the development of pennycress (Thlaspi arvense L.) as a new seed oil crop: a review //Frontiers in Plant Science. – 2023. – Т. 14. – С. 1268085.
15. Raigar R. K., Prabhakar P. K., Srivastav P. P. Effect of different thermal treatments on grinding characteristics, granular morphology and yield of ready-to-eat wheat grits //Journal of Food Process Engineering. – 2017. – Т. 40. – №. 2. – С. e12363.
16. Belaunzaran X. et al. Horse-meat for human consumption—Current research and future opportunities //Meat Science. – 2015. – Т. 108. – С. 74-81.
17. Stanciu S. Horse meat consumption− between scandal and reality //Procedia Economics and finance. – 2015. – Т. 23. – С. 697-703.
18. Балджи, Й.; Кники, М.; Замарацкая, Г. Перспективы и безопасность потребления конины. Международный журнал пищевой науки и техники. 2020 , 55 , 942–952.
19. Sarkar B. et al. Utilization of spent hen meat for soup: a review //Int J Curr Microbiol Appl Sci. – 2019. – Т. 8. – №. 2. – С. 2702-2709.

УДК 664.641.12:579.674

Н.Н. Нурланова, Т.А. Корчубекова, С.Н. Гуцал
И. Раззаков атындагы КМТУ, Көз карандысыз нан текшерүү, Бишкек, КР
КГТУ им. И. Раззакова, Независимая хлебная инспекция, Бишкек,
Кыргызская Республика

N.N. Nurlanova, T.A. Korchubekova, S.N. Gutsal
I. Razzakov KSTU, Independent Bread Inspection, Bishkek, Kyrgyz Republic
nurizanurlanova866@gmail.com, t.korchubekova@kstu.kg

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ КОНТАМИНАЦИИ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ МУКИ В КОНТЕКСТЕ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

АЗЫК-ТҮЛҮК КООПСУЗДУГУ КОНТЕКСТИНДЕ АР КАНДАЙ УН СОРТТОРУНУН МИКРОБИОЛОГИЯЛЫК БУЛГАНЫШЫ ЖАНА ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫК КАСИЕТТЕРИНИН САЛЫШТЫРМАЛЫ АНАЛИЗИ

COMPARATIVE ANALYSIS OF MICROBIOLOGICAL CONTAMINATION AND PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF VARIOUS FLOUR VARIETIES IN THE CONTEXT OF FOOD SECURITY

Бул макала ар кандай ун түрлөрүндөгү көгөрүшү, булганышы боюнча жүргүзүлгөн изилдөөнүн жыйынтыктарын сунуштайт. Изилдөөнүн натыйжасында жогорку даражада кайра иштетилген үлгүлөрдө булганыш минималдуу экени, ал эми бүтүн дан жана кара буудай ундарында микросаңырауқұлактардын көлөмү жогору экени аныкталды. Бул изилдөө булганыштын алгачкы этаптарында ундун физика-химиялык сапат көрсөткүчтөрү нормалдуу чектерде калаарын көрсөткөн, бул микрофлоранын өнүгүүсүнүн жашыруун мезгили бар экенин жана алдын ала микробиологиялык көзөмөл жүргүзүүнү талап кыларын далилдейт.

Ачкыч сөздөр: *азык-түлүк биотехнологиясы, ундун көгөрүп бузулушу, микро-көгөрүү, азык-түлүк коопсуздугу, бүтүн дан уну.*

В статье представлены результаты исследования плесневой порчи муки различных сортов. Установлено, что образцы с высокой степенью переработки обладают минимальной обсемененностью, в то время как цельнозерновые и ржаные сорта характеризуются повышенным содержанием микромицетов. Показано, что на начальных этапах контаминации физико-химические показатели качества муки остаются в пределах нормы, что свидетельствует о латентном периоде развития микрофлоры и необходимости внедрения опережающего микробиологического контроля.

Ключевые слова: *пищевая биотехнология, плесневая порчи муки, микромицеты, безопасность пищевых продуктов, цельнозерновая мука.*

This article presents the results of a study on mold contamination in flour of various grades. It was found that highly processed samples have the lowest mold contamination, while whole-grain and rye varieties are characterized by higher levels of mold. It is shown that in the early stages of contamination, physicochemical quality indicators remain within normal limits, indicating a latent period of microflora development and the need for proactive microbiological control.

Key words: *food biotechnology, mold spoilage of flour, microfungi, food safety, whole-grain flour.*

Введение. В системе обеспечения продовольственной безопасности Кыргызской Республики зерноперерабатывающая отрасль занимает центральное место [1]. Мука является продуктом массового потребления и стратегическим резервом страны. Кроме этого, хлебобулочные изделия занимают важное место в структуре питания населения Кыргызской Республики и относятся к продуктам повседневного потребления [2]. Однако её гигроскопичность и богатый нутриентный состав делают её уязвимой для микробиологической порчи, среди которой наиболее опасным является плесневение [8, 9]. Плесневение - это не только потеря товарного вида. Это глубокая биохимическая деструкция компонентов муки, сопровождающаяся накоплением микотоксинов, которые представляют прямую угрозу здоровью нации Плесневые грибы вырабатывают вторичные метаболиты (афлатоксины, охратоксины), которые термостабильны и могут сохраняться даже после выпечки, они токсичны и канцерогенны. Ферменты грибов разрушают клейковину и крахмал, что делает муку непригодной для хлебопечения [10, 11].

В связи с этим особую актуальность приобретает комплексная оценка качества муки, включающая физико-химические и микробиологические методы исследования.

Цель работы: Провести сравнительную оценку микробиологической обсемененности различных сортов муки и проанализировать её взаимосвязь с регламентированными показателями качества (по ГОСТ) для выявления скрытых рисков порчи.

Материалы и методы. Объектами исследования были образцы муки различных сортов. Для исследования были отобраны 5 образцов муки: высшего сорта, первого, второго, цельнозерновой и ржаной, реализуемых на рынках города Бишкек [3].

Микробиологические методы: посев на среду Сабуро [4]. Физико-химические методы: определение влажности муки (ГОСТ 9404) [5], титруемой кислотности (ГОСТ 27493)[6] и параметров клейковины (ГОСТ 27839) [7].

Рисунок 1 – Рост колоний м/о муки высшего сорта: а-1:100; б- 1:1000

Рисунок 2 – Рост колоний м/о муки 1 сорта: а -1:100; б- 1:1000

Рисунок 3 – Рост колоний м/о муки 2 сорта: слева-1:100; справа -1:1000

Рисунок 4- Колонии цельнозерновой муки: слева- 1:100; справа- 1:1000

Результаты исследования. Для выявления и количественной оценки плесневых грибов в образцах муки использовали метод серийных разведений с последующим поверхностным посевом на плотную питательную среду Сабуро. Инкубацию проводили при температуре 28-30 °С в течение 72 часов. Данный температурный режим соответствует оптимальным условиям роста большинства плесневых грибов, относящихся к полевой и складской микрофлоре.

После завершения инкубации проводили визуальный учёт выросших колоний, оценивая их количество, форму, окраску, характер поверхности и интенсивность роста. Использование метода серийных разведений позволяло получать изолированные колонии, пригодные для последующей микроскопической оценки и идентификации грибной микрофлоры.

В образце муки высшего сорта при разведении 1:100 наблюдалась одна крупная колония плесневого гриба серо-фиолетового цвета сбархатистойповерхностью, с выраженной зональностью роста. При разведении 1:1000 выявлены единичные мелкие светлые колонии. Количество выросших колоний минимально, что свидетельствует о низкой степени микробиологической обсемененности образца.

В образце муки 1 сорта при разведении 1:100 наблюдалось одна крупная колония плесневого гриба темного-серого цвета с хорошо различимой зональностью. При разведении 1:1000 выявлены отдельные мелкие белые колонии, что свидетельствует о наличии микрофлоры в исследуемом образце.

В образце муки 2 сорта при разведении 1:100 наблюдается крупная колония серого цвета с черной сердцевиной, что возможно указывает на наличие *Aspergillus.* и одна светлая колония округлой формы. При разведении 1:1000 выявлены многочисленные колонии голубовато-зеленого и белого цвета, имеющие округлую форму и четкие границы. Это указывает на среднюю степень микробиологической обсемененности образца.

Рисунок 5 –Рост колоний м/о ржаной муки: слева - 1:100; справа - 1:1000

В образце пшеничной цельнозерновой муки при разведении 1:100 наблюдалось большое количество колоний различной окраски (белой, серой, зеленоватой) и морфологии. Отмечались как мелкие, так и крупные колонии. При разведении 1:1000 сохранялось значительное количество мелких колоний. Это свидетельствует о высокой степени микробиологической обсемененности образца.

В образце ржаной муки при разведении 1:100 наблюдалось интенсивное зарастание поверхности среды плотным серо-белым мицелием. Колонии имели пушистую структуру и высокую плотность. При разведении 1:1000 отмечалась большое количество мелких белых колоний и плотное зарастание поверхности среды, что свидетельствует о высокой степени микробиологической обсемененности образца.

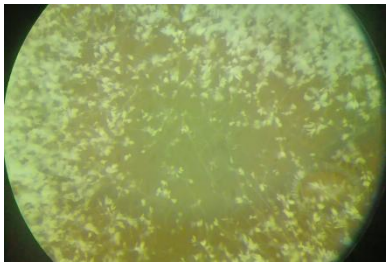


Рисунок 6 - Микроскопическая характеристика роста плесневых грибов в муке высшего сорта (объектив 40)

Сравнительный анализ показал, что степень микробиологической обсемененности исследуемых образцов муки различается в зависимости от сорта. Наиболее интенсивный рост плесневых грибов наблюдался в образцах ржаной и цельнозерновой муки, что связано с наличием оболочечных частиц зерна, содержащих естественную микрофлору. Минимальная степень обсемененности выявлена в муке высшего сорта. Образцы муки 1 и 2 сортов занимают промежуточное положение.

Микрофлора зерна сосредоточена на его поверхности (плодовые и семенные оболочки). При производстве муки высшего сорта эти оболочки полностью удаляются. А в цельнозерновой и ржаной муке оболочки перемалываются вместе с зерном. Таким образом, мы получили подтверждение того, что технология помола напрямую влияет на первичную микробиологическую чистоту [8].

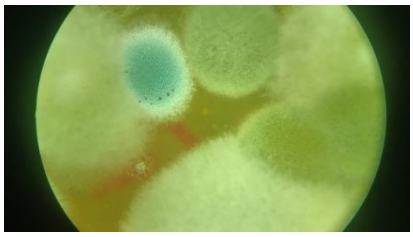


Рисунок 7- Микроскопия плесневых грибов в образце муки 1 сорта (объектив 40)

При микроскопическом исследовании посевов образца муки высшего сорта выявлены единичные элементы грибной микрофлоры. В поле зрения наблюдались отдельные короткие нити мицелия и единичные споры. Выраженного спороношения и активного роста не отмечалось. По морфологическим признакам можно предположить присутствие отдельных представителей плесневых грибов рода *Aspergillus*. Данный образец характеризуется низкой степенью микробиологической обсемененности.

При микроскопическом исследовании колоний образца муки 1 сорта выявлено значительное количество элементов грибной микрофлоры. В поле зрения наблюдались многочисленные нити мицелия и отдельные споровые образования. Преобладали мелкие структуры с равномерным распределением, а также выявлялись отдельные более плотные участки с признаками активного роста. По морфологическим признакам можно предположить наличие плесневых грибов рода *Penicillium*, характеризующихся бело-зеленой окраской и порошкообразной структурой колоний, а также отдельных представителей рода *Aspergillus*, отличающихся более плотной и тёмной окраской.

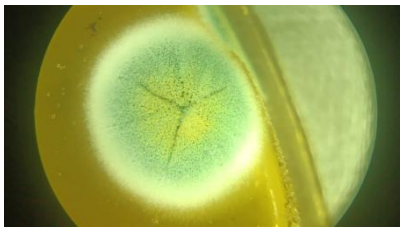


Рисунок 8-Микроскопия плесени в образце муки 2

Микроскопия роста плесневых грибов в образце муки 2 сорта характеризуется выраженной смешанной грибной микрофлорой и высокой степенью микробиологической

обсемененности. При микроскопическом исследовании образца муки второго сорта выявлены нити мицелия и отдельные споровые элементы. Микрофлора представлена преимущественно однотипными структурами, что свидетельствует о доминировании определённого вида плесневых грибов. По морфологическим признакам можно предположить преобладание грибов рода Penicillium, для которых характерна голубовато-зелёная окраска и порошкообразная структура колоний. Степень микробиологической обсемененности образца оценивается как средняя. Преобладание однотипных колоний указывает на доминирование определённого вида грибной микрофлоры в данном образце.

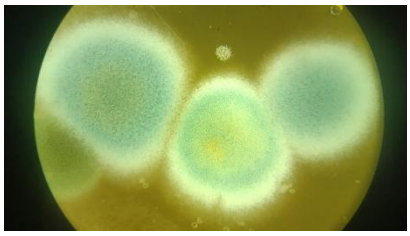


Рисунок 9 - Микроскопия плесени в образце цельнозерновой муки

При микроскопическом исследовании колоний образца цельнозерновой муки выявлено большое количество элементов грибной микрофлоры, отличающихся разнообразием форм и размеров. Наблюдались как отдельные нити мицелия, так и многочисленные споры. Часть структур имела округлую форму и плотную окраску, другая -более рыхлую и разветвлённую структуру. По морфологическим признакам можно предположить наличие смешанной микрофлоры, включающей плесневые грибы родов *Penicillium* и *Aspergillus*, а также возможное присутствие дрожжевых микроорганизмов. Образец характеризуется высокой степенью микробиологической обсемененности. Наличие большого количества различных по морфологии колоний указывает на смешанный состав грибной микрофлоры и высокую степень микробиологической обсемененности цельнозерновой муки. Это объясняется тем, что при производстве цельнозерновой муки сохраняются оболочки зерна, содержащие естественную микрофлору.

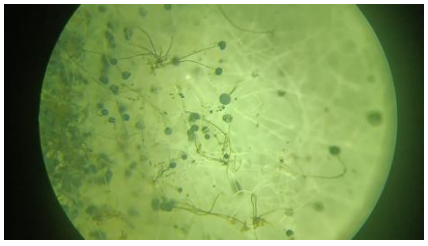


Рисунок 10- Микроскопия плесени в образце ржаной муки

При микроскопическом исследовании образца ржаной муки наблюдалось интенсивное развитие грибной микрофлоры. В поле зрения выявлены длинные разветвлённые нити мицелия и хорошо сформированные спороносные структуры. Мицелий имел рыхлую, волокнистую структуру, характерную для быстрорастущих плесневых грибов. По совокупности морфологических признаков можно предположить наличие грибов родов *Mucor* и *Rhizopus*, отличающихся быстрым ростом и образованием воздушного мицелия. Данный образец характеризуется очень высокой степенью микробиологической обсемененности.

Таким образом, наибольшая интенсивность развития плесневых грибов наблюдалась в образце ржаной муки, где отмечалось активное формирование разветвлённого мицелия и наличие спороносных структур, характерных для грибов родов Mucor и Rhizopus (рис.10). Высокий уровень микробиологической обсемененности также выявлен в образце цельнозерновой муки (рис.9), что связано с сохранением оболочечных частиц зерна, содержащих естественную микрофлору. Наиболее устойчивым к развитию плесневых грибов является образец муки высшего сорта, что обусловлено более высокой степенью очистки зерна при производстве.

Физико-химические показатели муки являются важнейшими критериями оценки качества, так как они характеризуют её технологические свойства, пригодность для переработки и соответствие требованиям нормативной документации.

По результатам определения кислотности установлено, что исследуемые образцы муки различались по данному показателю в зависимости от сорта и степени переработки зерна (табл. 1). Наименьшее значение кислотности выявлено у муки высшего сорта и составило 1,5 градуса, что связано с высокой степенью очистки зерна при производстве и минимальным

содержанием оболочечных частиц. Наибольшее значение кислотности наблюдалось у ржаной муки - 4,0 градуса, что объясняется особенностями химического состава ржаного зерна и более высоким содержанием кислореагирующих веществ. Полученные показатели кислотности всех исследуемых образцов находились в пределах допустимых норм, установленных нормативной документацией

По результатам исследования клейковины наибольшее содержание было выявлено в образце муки высшего сорта и составило 30,4 %, что свидетельствует о хороших хлебопекарных свойствах данного образца. Высокое содержание клейковины связано с преобладанием эндосперма и высокой степенью очистки зерна. У цельнозерновой муки количество клейковины составило 23,72 %, что связано с присутствием всех анатомических частей зерна, включая оболочки и зародыш, которые уменьшают концентрацию белкового комплекса. В образце муки первого сорта определить количество клейковины не удалось, так как в процессе отмывания клейковинный сгусток сформировался недостаточно чётко и частично разрушался, что затруднило дальнейшее определение массы. В ржаной муке содержание клейковины не определяли, поскольку белки ржаного зерна не образуют типичную клейковинную структуру, характерную для пшеничной муки.

Качество сырой клейковины определяли с использованием прибора ИДК-1, полученные результаты сопоставляли с нормативной шкалой качества. В образце муки высшего сорта показатель качества клейковины составил 39 ед. ИДК, что согласно нормативной таблице соответствует II группе качества - удовлетворительно крепкой клейковине. Это говорит о хороших упругих свойствах белкового комплекса и высокой технологической пригодности данного образца. В образце муки второго сорта показатель составил 81 ед. ИДК, что соответствует II группе качества - удовлетворительно слабой клейковине. Более высокий показатель деформации указывает на снижение упругости клейковины. У цельнозерновой муки показатель качества клейковины составил 78 ед. ИДК, что также соответствует II группе качества - удовлетворительно слабой клейковине. Такое значение связано с присутствием оболочечных частиц зерна, влияющих на структуру белкового каркаса. Таким образом, лучшие показатели качества клейковины были выявлены у муки высшего сорта, тогда как в цельнозерновой и муке второго сорта наблюдалась наиболее слабая клейковина.

Для определения влажности использовали инфракрасный анализатор, принцип работы которого основан на высушивании образца под действием инфракрасного излучения с одновременным измерением потери массы. По результатам определения влажности установлено, что все исследуемые образцы муки имели показатели, соответствующие нормативным требованиям. Наименьшее значение влажности было выявлено в образце ржаной муки и составило 8,80 %. Низкая влажность данного образца может быть связана с особенностями хранения и исходным состоянием сырья. В образце муки высшего сорта влажность составила 9,9 %, что свидетельствует о хорошем состоянии продукта и благоприятных условиях хранения. У муки первого сорта показатель влажности составил 11,87 %, у муки второго сорта - 12,33 %, а у цельнозерновой муки - 12,34 %. Несколько более высокие значения в данных образцах могут быть связаны с большим содержанием оболочечных частиц, обладающих способностью удерживать влагу.

Несмотря на то, что физико-химические показатели всех исследуемых образцов (влажность, кислотность, качество клейковины) соответствуют требованиям ГОСТ, установлена прямая корреляция между сортом муки и уровнем её микробной контаминации.

Таблица 1 - Физико-химические показатели различных образцов муки

Наименование показателей	**Результаты исследований образцов муки и нормы ГОСТа**									
	Высший сорт	ГОСТ	1 сорт	ГОСТ	2 сорт	ГОСТ	Цельно-зерновая	ГОСТ	ржаная	ГОСТ
Зольность в пересчете на сухое вещество, %	0,48	0,55	1,15	0,75	0,75	1,25	1,06	2,0	1,9	2,0
Количество клейковины, %,	30,4	28,0	-	30,0	28,4	25,0	23,7	20,0	-	-
Качество клейковины, ед. ИДК	39	33 -52	-	33-52	81	33-52	78	33-52	-	-
Влажность	9,93	15	11,87	15	12,3	15	12,3	15	8,8	14
Кислотность, град .	1,5	3,5	3,0	4,0	2,0	5,0	2,5	7,0	4,0	7,0

Высокая обсемененность ржаной и цельнозерновой муки при сохранении физико-химических показателей в норме, возможно, свидетельствует о том, что споры плесени уже присутствуют в большом количестве, но они находятся в «спящем» латентном состоянии. Биохимические процессы (расщепление белков и липидов) еще не набрали ту скорость, которая способна изменить титруемую кислотность или разрушить структуру клейковины до выхода за пределы ГОСТа. При малейшем нарушении условий (скачок влажности), она испортится в разы быстрее, чем мука высшего сорта. Это позволяет классифицировать данные образцы как продукты с низким ресурсом хранения.

а *б*

Рисунок 11- Динамика роста плесневых грибов в образцах а – цельнозерновой муки, б – ржаной муки, при хранении в холодильнике при температуре 4 °С (30 суток)

Результаты работы доказывают необходимость внедрения более жесткого контроля микробиологических показателей именно для наиболее востребованных сортов муки (цельнозерновой, ржаной), так как стандартные методы оценки качества (кислотность и органолептика) показывают порчу только на поздних стадиях, когда продукт уже опасен для употребления.

Заключение. В результате исследований установлена прямая зависимость микробиологической обсемененности от технологии производства муки. Наивысшие показатели содержания спор плесневых грибов выявлены в образцах ржаной и пшеничной цельнозерновой муки. Несмотря на повышенное содержание микромицетов в этих образцах, их физико-химические показатели (кислотность, влажность, качество клейковины) на момент исследования соответствуют требованиям ГОСТ. Продукт сохраняет потребительские свойства, однако обладает критически низким запасом устойчивости к неблагоприятным условиям. Можно констатировать, что соответствие муки требованиям ГОСТ по биохимическим показателям не гарантирует её долгосрочную микробиологическую стабильность. Это позволяет сделать вывод о повышенном риске микробиологической порчи данных сортов муки при хранении в нестабильных температурно-влажностных условиях, что особенно актуально для климатических зон нашей республики с высокими суточными колебаниями температур.

Список литературы

1. Программа продовольственной безопасности и питания в Кыргызской Республике на 2025-2030 годы Постановление Правительства от 9 декабря 2024 года № 747 https://cbd.minjust.gov.kg/7-36257/edition/23114/ru

2. Национальный статистический комитет Кыргызской Республики. **Food products: Bread and bakery products.** - URL: https://stat.gov.kg/en/opendata/category/2234/

3. ГОСТ 27668–88. Мука и отруби. Правила приемки и методы отбора проб.
4. ГОСТ 10444.12–2013. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы определения количества дрожжей и плесневых грибов.
5. ГОСТ 9404–88. Мука и отруби. Метод определения влажности.
6. ГОСТ 27493–87. Мука и отруби. Метод определения кислотности по болтушке.
7. ГОСТ 27839–88. Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины.
8. Фролова Ю.М., Локачук М.Н., Павловская Е.Н., Савкина О.А. Микробиологический мониторинг качества муки. // В сборнике: Пищевые технологии будущего: инновационные идеи, научный поиск, креативные решения. 2021. С. 300-305.
9. Legan J.D. Microbial spoilage of bread and bakery products // Food Microbiology. - 2022. - URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8834264/
10. Minutillo S. A, David Ruano-Rosa A. Abdelfattah , L. Schena, A. Malacrinò The Fungal Microbiome of Wheat Flour Includes Potential Mycotoxin Producers//Foods . 2022 Feb 25;11(5):676. doi: 10.3390/foods11050676
11. Deligeorgakis C., Magro C., Skendi A., Gebrehiwot H.H., Valdramidis V., Papageorgiou M. **Fungal and Toxin Contaminants in Cereal Grains and Flours: Systematic Review and Meta-Analysis** // *Foods*. - 2023. - Vol. 12, No. 23. - Article 4328. - URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10706277/

УДК: 64.012.48:615.4(575.2)

Ф. Токтогонова, **Н. Б. Алымкулова**
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

F. Toktogonova, N. B. Alymkulova
. Razzakov KSTni, Bishkek, Kyrgyz Republic
n-alymkulova@kstu.kg

ПРОБЛЕМЫ ОБОРОТА БАД В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНДА БИОЛОГИЯЛЫК АКТИВДҮҮ КОШУМЧАЛАРДЫЖҮГҮРТҮҮ МАСЕЛЕЛЕРИ

PROBLEMS OF DIETARY SUPPLEMENT TURNOVER IN THE KYRGYZ REPUBLIC

Бул макалада Кыргыз Республикасында БАКга мамлекеттик контроль жана каттоо жол-жоболорун жүргүзүүнүн өзгөчөлүктөрү каралат, ошондой эле ички рынокто импорттолуучу БАКды жүгүртүүдөгү негизги көйгөйлөр талданат. Өзгөчө көңүл продукциянын коопсуздугуна, Евразия экономикалык биримдигинин (ЕАЭБ) техникалык регламенттерин сактоого, мамлекеттик көзөмөл механизмдерин өркүндөтүү зарылчылыгына бурулууда.

Ачкыч сөздөр: *БАК, мамлекеттик каттоо, сапатты көзөмөлдөө, БАКнын импорту, БАКнын рыногу, азык-түлүк коопсуздугу, Кыргыз Республикасы.*

В статье рассматриваются особенности государственного контроля и процедуры регистрации биологически активных добавок (БАД) в Кыргызской Республике, а также анализируются основные проблемы оборота импортируемых БАД на внутреннем рынке. Особое внимание уделяется вопросам безопасности продукции, соответствия требованиям

технических регламентов Евразийского экономического союза (ЕАЭС) и необходимости совершенствования механизмов государственного надзора.

Ключевые слова: *биологически активные добавки, государственная регистрация, контроль качества, импорт БАД, рынок БАД, безопасность пищевой продукции, Кыргызская Республика.*

This article examines the specifics of state control and registration procedures for dietary supplements (DS) in the Kyrgyz Republic, and also analyzes the main challenges facing the circulation of imported DS on the domestic market. Particular attention is paid to product safety, compliance with the technical regulations of the Eurasian Economic Union (EAEU), and the need to improve state oversight mechanisms.

Key words*: dietary supplements, state registration, quality control, import of dietary supplements, dietary supplements market, food safety, Kyrgyz Republic.*

Введение. Биологически активные добавки к пище (БАД) представляют собой специализированные пищевые продукты, содержащие биологически активные вещества природного или идентичного природному происхождения и предназначенные для дополнения рациона питания человека. Они применяются для поддержания здоровья, профилактики заболеваний и восполнения дефицита витаминов и микроэлементов [1].

В последние годы рынок БАД активно развивается во многих странах мира, включая Кыргызскую Республику. Значительная часть данной продукции поступает на внутренний рынок путем импорта. В связи с этим важное значение приобретает государственный контроль за безопасностью, качеством и обращением таких товаров.

В настоящее время регулирование обращения БАД к пище осуществляется как наднациональными правовыми актами, так и национальным законодательством Республики Кыргызстан.

Наднациональное законодательство. Статьей 51 Договора о Евразийском экономическом союзе наряду с прочими определены следующие принципы технического регулирования:

– установление обязательных требований к продукции,

– единство правил и процедур проведения обязательной оценки соответствия,

– добровольность применения стандартов,

– применение и исполнение технических регламентов (ТР) Союза в государствах-членах без изъятий.

В Протоколе о техническом регулировании в рамках Евразийского экономического союза (приложение № 9 к Договору о ЕАЭС) определены порядок, правила и процедуры технического регулирования в рамках Союза и даны определения ключевых понятий. Там же предусмотрено, что оценка соответствия объектов технического регулирования, устанавливаемая в технических регламентах Союза, проводится в форме государственной регистрации или в иной форме [4].

В целях защиты жизни и здоровья человека, имущества, окружающей среды, предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей, а также в целях обеспечения энергетической эффективности и ресурсосбережения в рамках Союза принимаются ТР Союза. Оценка соответствия выпускаемой в обращение продукции требованиям ТР Союза осуществляется до выпуска ее в обращение.

Таким образом, основными документами на наднациональном уровне, регламентирующими обращение товаров, подлежащих обязательной оценке соответствия, являются ТР и Санитарно-эпидемиологические требования и правила государственной регистрации. В настоящее время основными, в части обращения БАД к пище, являются следующие ТР:

– ТР Таможенного союза (ТС) 021/2011 от 09.12.2011 «О безопасности пищевой продукции» [2],

– ТР ТС 022/2011 от 09.12.2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» [5],

– ТР ТС 005/2011 от 16.08.2011 «О безопасности упаковки» [6],

– ТР ТС 029/2012 от 20.07.2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» [7].

ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» устанавливает:

1) объекты технического регулирования;

2) требования безопасности (включая санитарно-эпидемиологические, гигиенические и ветеринарные) к объектам технического регулирования;

3) правила идентификации объектов технического регулирования;

4) формы и процедуры оценки (подтверждения) соответствия объектов технического регулирования требованиям технического регламента.

В статье 1 ТР ТС 021/2011 определено, что «при применении настоящего технического регламента должны учитываться требования технических регламентов Таможенного союза, устанавливающих обязательные требования к отдельным видам пищевой продукции, которые не могут изменять требования основного технического регламента».

ТР ТС 021/2011 вводит понятие специализированная пищевая продукция. Под ней понимается пищевая продукция, соответствующая хотя бы одному из следующих критериев:

1) установлены требования к содержанию или соотношению отдельных веществ, изменено содержание или соотношение отдельных веществ относительно естественного их содержания в такой пищевой продукции или в состав включены не присутствующие изначально вещества или компоненты,

2) изготовитель заявляет об их лечебных и (или) профилактических свойствах,

3) продукция предназначена для целей безопасного употребления отдельными категориями людей.

В соответствии со ст. 24 ТР ТС 021/2011 к специализированной пищевой продукции относятся биологически активные добавки к пище. То есть БАД к пище – это частный случай специализированных пищевых продуктов.

В ТР ТС 021/2011 дано следующее определение понятия БАД к пище – это природные и (или) идентичные природным биологически активные вещества, а также пробиотические микроорганизмы, предназначенные для употребления одно- временно с пищей или введения в состав пищевой продукции.

В соответствии с ТР ТС 021/2011 специализированная пищевая продукция подлежит регистрации, которая проводится на этапе ее подготовки к производству на таможенной территории Таможенного союза, а ввозимая на таможенную территорию Таможенного союза – до ее ввоза.

Государственную регистрацию специализированной пищевой продукции проводит орган, уполномоченный государством-членом Таможенного союза. Государственная регистрация специализированной пищевой продукции проводится один раз и является бессрочной.

Порядок государственной регистрации определен статьей 25 ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и включает в себя следующие этапы:

– рассмотрение документов, которые представлены заявителем и подтверждают безопасность такой продукции и ее соответствие требованиям настоящего ТР, результаты исследований образцов специализированной пищевой продукции, сведения о назначении пищевой продукции;

– внесение сведений о наименовании специализированной пищевой продукции и ее заявителе в единый реестр специализированной пищевой продукции.

Основные гигиенические нормативы к БАД к пище содержатся в приложениях к ТР ТС 021/2011:

Приложение 1. Микробиологические нормативы безопасности (патогенные).

Приложение 2. Микробиологические нормативы безопасности.

Приложение 3. Гигиенические требования безопасности пищевой продукции

(тяжелые металлы, пестициды, микотоксины, диоксины, нитраты, меламин).

Приложение 7. Перечень растений и продуктов их переработки, объектов животного происхождения, микроорганизмов, грибов и биологически активных веществ, запрещенных для использования в БАД к пище.

Приложение 8. Виды растительного сырья для использования при производстве БАД к пище для детей от 3 до 14 лет и детских травяных чаев (чайных напитков) для детей раннего возраста.

С целью исполнения положений статьи 10 ТР ТС 021/2011 при осуществлении процессов производства пищевой продукции изготовитель должен разработать, внедрить и поддерживать процедуры, основанные на принципах ХАССП (HACCP – Hazard Analysis and Critical Control Points, анализ рисков и критические контрольные точки).

Статьей 17 ТР ТС 021/2011 предусмотрены требования к персоналу, процессам хранения, перевозки, реализации пищевой продукции.

Так, в частности, определены требования к конструкции транспортных средств, материалам поверхностей, особенности хранения, в том числе совместного с другими видами продукции, необходимость прохождения работниками медицинских осмотров и контроля за сроками годности.

Основные Требования к маркировке БАД к пище определены ТР ТС 022/2011 «Пищевые продукты в части их маркировки» [6].

Статьей 4 данного регламента предусмотрено, что упакованная пищевая продукция должна содержать следующие сведения:

1) наименование пищевой продукции;

2) состав пищевой продукции;

3) количество пищевой продукции;

4) дату изготовления пищевой продукции;

5) срок годности пищевой продукции;

6) условия хранения пищевой продукции;

7) наименование и местонахождение изготовителя пищевой продукции, а также наименование и местонахождение уполномоченного изготовителем лица, наименование и местонахождение организации- импортера;

8) рекомендации и (или) ограничения по использованию, в том числе приготовлению пищевой продукции, в случае, если ее использование без данных рекомендаций или ограничений затруднено либо может причинить вред здоровью потребителей, их имуществу, привести к снижению или утрате вкусовых свойств пищевой продукции;

9) показатели пищевой ценности пищевой продукции;

10) сведения о наличии в пищевой продукции компонентов, полученных с применением генно-модифицированных организмов (далее – ГМО);

11) единый знак обращения продукции на рынке государств-членов Таможенного союза [6].

При наличии в пищевой продукции двух и более ингредиентов в информации о составе пищевой продукции указывается перечень всех компонентов в порядке убывания их массовой доли. В случае если массовая доля компонента составляет 2% и менее, допускается его не указывать, за исключением пищевых добавок, ароматизаторов, биологически активных веществ, лекарственных растений, компонентов, полученных с применением ГМО.

Количество упакованной пищевой продукции указывается в маркировке этой продукции в единицах объема, массы или счета (штуках). Выбор величины для указания количества упакованной пищевой продукции осуществляется с учетом следующих правил:

– если пищевая продукция жидкая, то указывается ее объем;

– если пищевая продукция пастообразная, вязкая или вязкопластичной консистенции, то указывается либо ее объем, либо масса;

– если пищевая продукция твердая, сыпучая, является смесью твердого и жидкого вещества, то указывается ее масса.

Допускается одновременное использование двух величин для указания количества пищевой продукции, например масса и количество штук, масса и объем.

Слова «дата изготовления» в маркировке пищевой продукции могут быть заменены словами «дата производства» или аналогичными по смыслу словами.

В целях указания срока годности пищевой продукции может использоваться слово «годен» с указанием количества суток, месяцев или лет.

После слов «годен до», «годен», «годен до конца» указывается или срок годности пищевой продукции, или место нанесения этого срока на упаковку [6].

Статьей 4.9 регламента определен порядок указания пищевой ценности, которая включает следующие показатели:

1) энергетическую ценность (калорийность);

2) количество белков, жиров, углеводов;

3) количество витаминов и минеральных веществ.

Для БАД к пище в отношении веществ, источником которых являются данные биологически активные добавки, дополнительно должна быть указана пищевая ценность в процентном отношении к суточной потребности.

Предусмотренная маркировка пищевой продукции должна быть понятной, легко читаемой, достоверной и не должна вводить в заблуждение потребителей, при этом надписи, знаки, символы должны быть контрастными фону, на который нанесена маркировка. Способ нанесения маркировки должен обеспечивать ее сохранность в течение всего срока годности пищевой продукции при соблюдении установленных изготовителем условий хранения [6].

Вышеперечисленные требования к БАД к пище обобщены в ст. 5 «Правила обращения на рынке» ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»:

1. Пищевая продукция выпускается в обращение на рынке при ее соответствии настоящему ТР.

2. Пищевая продукция, соответствующая требованиям настоящего ТР и прошедшая оценку (подтверждение) соответствия, маркируется единым знаком обращения продукции на рынке государств- членов Таможенного союза (ЕАС).

3. Пищевая продукция, находящаяся в обращении, должна сопровождаться товаросопроводительной документацией, обеспечивающей прослеживаемость данной продукции.

4. Пищевая продукция, не соответствующая требованиям настоящего ТР и (или) иных ТР Таможенного союза, действие которых на нее распространяется, подлежит изъятию из обращения участником хозяйственной деятельности самостоятельно либо по предписанию уполномоченных органов государственного контроля государства-члена Таможенного союза [8].

Особенности государственного контроля БАД в Кыргызкой Республике включает несколько направлений:

1. Санитарно-эпидемиологический контроль

Контроль осуществляется уполномоченными органами в сфере санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Он направлен на проверку безопасности состава, условий производства и хранения продукции.

2. Контроль при импорте

Импортируемые БАД должны соответствовать требованиям технических регламентов ЕАЭС. Перед допуском на рынок проводится проверка документов, подтверждающих безопасность продукции и результаты лабораторных исследований.

3. Контроль маркировки и рекламы

Особое внимание уделяется достоверности информации о составе и свойствах БАД. Законодательство запрещает указывать лечебные свойства, если продукция не является лекарственным средством.

4. Пострегистрационный контроль

После регистрации осуществляется мониторинг оборота продукции, включая проверки на соответствие установленным требованиям.

Проблемы оборота импортируемых БАД на рынке Кыргызской Республики

Несмотря на существующие механизмы регулирования, на рынке БАД сохраняется ряд проблем.

1. Наличие продукции без государственной регистрации

Одной из основных проблем является реализация БАД без прохождения обязательной регистрации. Это создает риск для здоровья потребителей, поскольку безопасность таких продуктов не подтверждена. В связи с этим законодательство усиливает требования к регистрации и контролю таких товаров.

2. Недостаточный контроль интернет-торговли

С развитием электронной коммерции увеличилось количество БАД, реализуемых через интернет-площадки и социальные сети. Многие из них поступают напрямую от иностранных производителей и не проходят процедуру государственной регистрации.

3. Недостоверная реклама

Производители и распространители часто позиционируют БАД как лечебные средства, что вводит потребителей в заблуждение. Хотя БАД не являются лекарственными препаратами, реклама нередко приписывает им лечебные свойства.

4. Сложность контроля состава продукции

Некоторые БАД могут содержать недостаточно изученные компоненты, включая экзотические растительные вещества, влияние которых на организм человека не всегда полностью исследовано [10]

5. Высокая доля импортной продукции

На рынке Кыргызской Республики преобладают импортные БАД, что усложняет контроль качества и происхождения продукции, особенно при поставках через посредников.

Пути совершенствования государственного контроля

Для повышения эффективности регулирования оборота БАД в Кыргызской Республике целесообразно:

1. Усилить контроль за импортом продукции и обязательностью государственной регистрации.
2. Развивать систему мониторинга интернет-торговли БАД.
3. Совершенствовать механизм проверки рекламы и информации о продукции.
4. Усилить лабораторный контроль состава БАД.
5. Повышать информированность населения о рисках употребления незарегистрированных добавок.

Заключение. Биологически активные добавки занимают значительное место на рынке пищевой продукции Кыргызской Республики. Однако активный рост рынка сопровождается рядом проблем, связанных с контролем качества и безопасностью импортируемой продукции. Эффективная система государственной регистрации и контроля является ключевым инструментом обеспечения безопасности потребителей. Совершенствование законодательства, усиление надзора за оборотом БАД и повышение информированности населения позволит повысить уровень защиты здоровья граждан и обеспечить прозрачность рынка данной продукции.

Список литературы

1. О безопасности пищевой продукции [Электронный ресурс] : ТР ТС 021/2011 : принят 09.12.2011 : вступ. в силу 01.07.2013 / Евраз. эконом. комис. – Режим доступа: https://
docs.cntd.ru/document/902320560. – Дата доступа: 04.03.2026.

2. https://medstandard.com.uz/services/%D1%80%D0%B5%D0%B3%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F-%D0%B1%D0%B0%D0%B4-%D0%B2-%D0%B5%D0%B0%D1%8D%D1%81/?utm_source=chatgpt.com "Регистрация БАД в ЕАЭС - MedStandard"

3. Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств [Электронный ресурс] : ТР ТС 029/2012 : принят 20.07.2012 : вступ. в силу 01.07.2013 / Евраз. эконом. комис. – Режим доступа: https://docs.cntd. ru/document/902359401. – Дата доступа: 18.02.2026.

4. О качестве и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов для жизни и здоровья человека [Электронный ресурс] : Закон КРот 29 июня 2003 г. № 183 – Режим доступа: https://pravo.by/doc ument/?guid=3961&p0=H10300217. – Дата доступа: 18.02.2026.

5. Пищевая продукция в части ее маркировки [Электронный ресурс] : ТР ТС 022/2011 : принят 09.12.2011 : вступ. в силу 01.07.2013 / Евраз. эконом. комис. – Режим доступа: https://

docs.cntd.ru/document/902320347. – Дата доступа: 18.02.2026. Об утверждении Положения о порядке производства и обращения биологически активных добавок к пище [Электронный ресурс]: постановление – Режим доступа: https://pravo.by/

document/?guid=3961&p0=C20401537. – Дата доступа: 20.02.2026.

6.О безопасности упаковки [Электронный ресурс] : ТР ТС 005/2011 : принят 16.08.2011 : вступ. в силу 01.07.2012 / Евраз. эконом. комис. – Режим доступа: https://docs. cntd.ru/document/902299529. – Дата доступа: 18.02.2026. 8.https://elicense.gov.kg/license/id/2437?utm_source=chatgpt.com "Государственная регистрация специализированной пищевой продукции (биологически активные добавки к пище):Разрешительные документы Кыргызской Республики"

7.https://time.kg/todaynews/social/284253-sentjabr-2025-goda-konec-jery-badov-bez-gosregistracii.html?utm_source=chatgpt.com "Сентябрь 2025 года: конец эры БАДов без госрегистрации » Информационно аналитический портал «ВРЕМЯ.KG»"

8.https://inlibrary.uz/index.php/mpttp/article/view/60120?utm_source=chatgpt.com "Влияние биологически активных добавок (бад) на здоровье человека и вопросы их безопасности | Medicine, pedagogy and technology: theory and practice".

УДК: 64.012.48:615.4(575.2)

А. Н. Токонова, Р.Ш.Элеманова
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A. N. Tokonova, R. Sh. Elemanova
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
tokonovaali@kstu.kg elemanova@kstu.kg

АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ ПРОГРАММЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ НА ПИЩЕВЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН ТАМАК-АШ ИШКАНАЛАРЫНДА ӨНДҮРҮШТҮК БАШКАРУУ ПРОГРАММАСЫН ИШКЕ АШЫРУУНУ ТАЛДОО

ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF A PRODUCTION CONTROL PROGRAM AT FOOD ENTERPRISES IN THE KYRGYZ REPUBLIC

Бул макалада Кыргыз Республикасынын тамак-аш ишканаларында өндүрүштү көзөмөлдөө программасын ишпеп чыгуу жана ишке ашыруу каралат. Анда программаны уюштурууга карата ченемдик талаптар, аны ишке ашыруу деңгээли жана колдонуунун натыйжалуулугу, ошондой эле өндүрүүчүлөр туш болгон типтүү кыйынчылыктар талданат. Өндүрүштү көзөмөлдөөнү ишке ашыруу азык-түлүк коопсуздугун жакшыртууга жана санитардык стандарттарды сактоого өбөлгө түзөрү аныкталган. Бирок, иш жүзүндө уюштуруучулук жана методологиялык кыйынчылыктар бар. Талдоонун негизинде Кыргыз Республикасынын тамак-аш өнөр жайында өндүрүштү көзөмөлдөө системасын өркүндөтүүнүн негизги багыттары сунушталат.

Ачкыч сөздөр: *өндүрүштү көзөмөлдөө программасы, санитардык талаптар, азык-түлүк коопсуздугу, ишкана.*

В статье рассмотрены особенности разработки и внедрения программы производственного контроля на пищевых предприятиях Кыргызской Республики. Проанализированы нормативные требования к организации программы, уровень её внедрения, эффективность применения, а также типичные проблемы, с которыми сталкиваются производители. Установлено, что внедрение производственного контроля способствует повышению безопасности пищевой продукции и соблюдению санитарных норм. Вместе с тем на практике существуют организационные и методические трудности. На основе проведенного анализа предложены основные направления совершенствования системы производственного контроля в пищевой отрасли Кыргызской Республики.

Ключевые слова: *программа производственного контроля, санитарные требования, пищевая безопасность, предприятие.*

This article examines the implementation of a production control program at food enterprises in the Kyrgyz Republic. Regulatory requirements, the level of program implementation, typical problems, and the effectiveness of their application are analyzed. It is established that the implementation of production control contributes to improved food safety and compliance with sanitary standards; however, organizational and methodological difficulties persist in practice. Directions for improving the production control system in the Kyrgyz food industry are proposed.

Keywords: *production control program, sanitary requirements, food safety, enterprise.*

В современных условиях обеспечение безопасности пищевой продукции является одной из ключевых задач предприятий пищевой промышленности. Ужесточение требований к качеству продукции, рост конкуренции на продовольственном рынке, а также необходимость выхода на международные рынки обуславливают внедрение эффективных систем контроля безопасности пищевой продукции.

В Кыргызской Республике, где уровень внедрения современных систем управления безопасности пищевой продукции все еще остается низким, данное направление актуально. На многих пищевых предприятиях производственный контроль носит формальный характер, что повышает риск выпуска небезопасной продукции и снижает конкурентоспособность отечественных производителей.

В этих условиях особую роль приобретает система производственного контроля, направленная на обеспечение соответствия продукции установленным требованиям и предупреждение возникновения опасностей на всех этапах производства.

Целью данного исследования является анализ нормативной базы, уровня внедрения программы производственного контроля на предприятиях Кыргызской Республики, а также выявление проблем с последующей выработкой рекомендаций.

Программа производственного контроля (ППК) представляет собой обязательный документ, который регламентирует порядок соблюдения санитарных правил, проведения лабораторных исследований и мониторинга производственной среды. Несмотря на формальное наличие ППК на большинстве предприятий, практика показывает, что ее реализация часто носит декларативный характер и не в полной мере обеспечивает предупреждение рисков [1].

Основной задачей ППК является предупреждение возникновения факторов, способных негативно повлиять на качество и безопасность продукции, а также обеспечение соответствия производственных процессов установленным нормативным требованиям.

ППК охватывает все стадии жизненного цикла продукции – от поступления сырья и материалов до реализации готовой продукции. Эффективная организация производственного контроля позволяет своевременно выявлять отклонения в технологическом процессе и принимать корректирующие меры. Производственный контроль включает в себя организацию лабораторных исследований, контроль наличия сертификатов и деклараций соответствия от аккредитованных организаций, ведение учета и формирование отчетности.

Объектами производственного контроля являются производственные и общественные помещения, санитарно-защитные нормы, оборудование, транспортные средства, технологическое оборудование, технологические процессы, рабочие места, сырье, полуфабрикаты и готовая продукция, отходы производства и потребления [2].

Обеспечение пищевой безопасности на предприятиях пищевой промышленности осуществляется комплексным подходом, который предусматривает внедрение принципов системы HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point), и применение надлежащих практик GHP (Good Hygiene Practices), GMP (Good Manufacturing Practice) и GLP (Good Laboratory Practice), направленных на контроль рисков на всех этапах производства.

Система HACCP – анализ опасностей и критические контрольные точки, представляет собой научно обоснованный метод управления рисками, направленными на выявление, оценку и контроль критических контрольных точек, установление предельных значений, проведение мониторинга и разработка корректирующих мероприятий. Производственный контроль на предприятиях строится с учетом принципов HACCP, что обеспечивает системность и предупреждающий характер контроля [1].

Важную роль в обеспечении пищевой безопасности играют надлежащие практики.

GHP (надлежащая гигиеническая практика) направлена на соблюдение санитарно-гигиенических требований на предприятии, включая личную гигиену персонала, санитарное состояние помещений и контроль условий производства [1].

GMP (надлежащая производственная практика) регулирует организацию производственных процессов и устанавливает требования к инфраструктуре предприятия, оборудованию, технологическим операциям и квалификации персонала. Она обеспечивает стабильность производственного процесса и выпуск продукции надлежащего качества [1].

GLP (надлежащая лабораторная практика) направлена на обеспечение достоверности и точности результатов лабораторных исследований, проводимых в рамках контроля качества и безопасности продукции.

Таким образом, надлежащие практики создают основу для эффективного внедрения системы HACCP и являются неотъемлемой частью производственного контроля.

Международной основой данных подходов является Codex Alimentarius – свод стандартов, разработанный ФАО и ВОЗ, содержащий рекомендации по обеспечению безопасности пищевых продуктов, включая принципы системы HACCP. Положения данного документа используются по разработке нормативных требований в странах Евразийского

экономического союза (ЕАЭС) и служат ориентиром при организации производственного контроля [3].

Сертификация систем менеджмента безопасности пищевой продукции (СМБПП) является важным инструментом повышения эффективности производственного контроля и подтверждения соответствия предприятий международным требованиям.

Организация производственного контроля на предприятиях пищевой промышленности осуществляется в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами, регулирующими требования к безопасности и качеству пищевой продукции.

Ключевую роль в регулировании данных процессов на территории Кыргызской Республики играют технические регламенты ЕАЭС, ранее Таможенного союза (ТС), которые устанавливают обязательные требования к безопасности пищевой продукции и процессам ее производства.

Основополагающим документом является ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», который определяет общие требования к производству, хранению, транспортированию и реализации пищевых продуктов, а также предусматривает внедрение процедур, основанных на принципах системы HACCP [7].

Дополнительно применяются иные технические регламенты, регулирующие отдельные виды продукции (например, молочную, мясную продукцию и др.), а также требования к маркировке и упаковке.

На национальном уровне в Кыргызской Республике действует закон «Об обеспечении безопасности пищевой продукции в Кыргызской Республике» от 12 ноября 2025 года и санитарные правила и нормы, устанавливающие гигиенические требования к условиям производства, оборудованию, персоналу и организации производственного контроля. Контроль за соблюдением данных требований осуществляется центром государственного санитарно-эпидемиологического надзора (ЦГСЭН) [7].

Важным элементом нормативной базы являются также внутренние документы предприятий, включающие программы производственного контроля, инструкции, журналы мониторинга и процедуры, разработанные с учетом специфики производства.

Положения Codex Alimentarius используются при разработке технических регламентов ЕАЭС и национальных стандартов, а также служат ориентиром при внедрении систем HACCP и производственного контроля [3].

Таким образом, нормативно-правовая база производственного контроля представляет собой многоуровневую систему, включающую международные рекомендации, наднациональные требования ЕАЭС и национальные нормативные документы, обеспечивающие единый подход к безопасности пищевой продукции.

В пищевой промышленности производственный контроль включает: контроль сырья и материалов, контроль технологических процессов, санитарный контроль среды и оборудования, лабораторный контроль продукции, контроль условий хранения и реализации [8].

Структура ППК обычно включает перечень контролируемых факторов, графики лабораторных исследований, санитарные мероприятия, контроль персонала, документацию и журналы контроля.

В Кыргызской Республике пищевая промышленность представлена значительным количеством хозяйствующих субъектов. По данным Министерства водных ресурсов, сельского хозяйства и перерабатывающей отрасли КР, на сегодняшний день зарегистрировано 415 крупных и средних предприятий и около 10,8 тыс. индивидуальных предпринимателей, осуществляющих деятельность по производству пищевых продуктов, напитков и табачных изделий [4].

Наибольшая концентрация предприятий наблюдается в г. Бишкек и Чуйской области, где расположено соответственно 146 и 136 предприятий, обеспечивающих основную долю производства пищевой продукции страны. В других регионах также функционируют предприятия пищевой промышленности: в Джалал-Абадской области – 38, Ошской – 28, Иссык-Кульской – 25, Нарынской – 11, Баткенской – 7, Таласской – 4 предприятия.

Кроме того, в отрасли задействовано более 10 тыс. индивидуальных предпринимателей, преимущественно в Ошской (более 3 тыс.), Джалал-Абадской (1,4 тыс.), Чуйской (1,8 тыс.) областях и г. Бишкек (более 1 тыс.).

Несмотря на значительное количество субъектов пищевой отрасли, внедрение современных систем управления безопасностью пищевой продукции остается ограниченным. В настоящее время международные стандарты качества и безопасности пищевой продукции (HACCP, ISO 22000, Global G.A.P.) внедрены лишь на 32 предприятиях Кыргызской Республики. Это свидетельствует о недостаточном уровне внедрения системного производственного контроля в отрасли, особенно среди малых предприятий и индивидуальных предпринимателей [4].

Для оценки уровня внедрения международных стандартов в области пищевой безопасности в Кыргызстане были проанализированы данные официального реестра. Согласно данным Кыргызстандарт на сентябрь 2025 года в Кыргызской Республике СМБПП в соответствии с требованиями ISO 22000:2018 внедрена и сертифицирована на предприятиях, приведенных в табл. 1.

Таблица 1 - Перечень пищевых предприятий, сертифицированных по СМБПП [5]

№	Наименование организации	№ сертификата соответствия	Дата регистрации	Срок действия	Наименование органа по сертификации
1	ОАО «Бишкексут»	FSSC 22000 (ISO 22000 2018, ISO|TS 22002-1:2009) версия 6 RU 18/818418905	06.09.2024	05.09.2027	SGS United Kingdom Ltd UK
2	ОсОО Агрохолдинг «Сазановский»	FSMS-0668/A Заказ №5032/01 ISO 22000	09.12.2022	08.12.2025	CERT International s.r.o Slovakia
3	ОсОО «ЭкоФлорис»	FSMS-0667/A Заказ №5031/01 ISO 22000	05.12.2022	04.12.2025	CERT International s.r.o Slovakia
4	Дан Агро продукты	ISO 22000:2018 GF/2021/1698 IAF/EA code 03 ISO 9001:2015	26.06.2021 повторный 28.06.2025	28.06.2024	ASCERT certification Turkiye

		KQ.2021.1698			
5	ОсОО «Ак-Жалга»	F-7515/14 ISO 22000:2018	19.12.2023	18.12.2026	QS Cert, spol.s.r.o Certification Body of Management Systems
6	ТМ ТОЙБОСС, ОсОО «Адал Азык»	1516025264 FSSC 22000 версия 6 KGZ-1-0574-818523	21.03.2025	20.03.2028	TUV THURINGEN Германия
7	ОсОО «КД Куликов»	KZ21/81841817 ISO 22000:2018	07.05.2024	06.05.2027	SGS, Швейцария
8	ОсОО «ДаниЭль»	56 281 24 09 16 FSSC 22000:2018	19.12.2024	18.12.2027	IMS international Лихтенштейн
9	ОсОО «Белая река»	FSMS-212101/A/0001 / ISO 22000:2018 CI CIV	03.01.2024	02.01.2027	URS Ltd,UK
10	ОсОО «Кыргыз Коньягы»	FSMS-1455/A Заказ №5042/01	21.06.2024	20.06.2027	CERT International
11	ЗАО «Кока-Кола Бишкек Боттлерс»	KZ 21/81841840 FSSC 22000	13.11.2024	26.10.2027	SGS United Kingdom Ltd
12	ЗАО «Сут Булак»	KG21/81841812 FSSC 22000	30.07.2024	19.05.2027	SGS United Kingdom Ltd

Из табличных данных, можно сделать вывод о том, что количество предприятий, сертифицированных по международным стандартам (ISO 22000, FSSC 22000 и др.), остается ограниченным в сравнении с общим числом предприятий пищевой промышленности Кыргызской Республики. Это свидетельствует о низком уровне внедрения систем менеджмента безопасности пищевой продукции в отрасли.

Следует отметить, что представленные данные имеют временные ограничения и отражают ситуацию на момент их формирования. В последующий период ряд предприятий продолжил внедрение и сертификацию систем менеджмента безопасности пищевой продукции. Несмотря на наличие нормативно-правовой базы и обязательность внедрения процедур, основанных на принципах HACCP, уровень реализации производственного контроля на предприятиях пищевой промышленности Кыргызской Республики остается недостаточно высоким.

Одной из ключевых проблем является формальный подход к внедрению системы производственного контроля. На многих предприятиях документация разрабатывается лишь для соответствия требованиям проверяющих органов, при этом фактическое выполнение процедур либо отсутствует, либо носит неполный характер. В частности, контроль критических точек осуществляется нерегулярно, а результаты мониторинга не всегда отражают реальное состояние производственных процессов.

Существенным фактором, сдерживающим эффективное внедрение ППК, является недостаточный уровень подготовки специалистов. На предприятиях часто отсутствуют сотрудники, обладающие необходимыми знаниями в области HACCP и управления рисками, что приводит к ошибкам при разработке и реализации программ контроля.

Также значительное влияние оказывает экономический фактор. Внедрение системы производственного контроля требует финансовых затрат, связанных с обучением персонала, модернизацией оборудования, проведением лабораторных исследований и внедрением системы документации. Для малых и средних предприятий данные затраты являются существенными, что ограничивает возможности полноценного внедрения ППК.

Дополнительной проблемой является недостаточный уровень государственного контроля и консультативной поддержки. В ряде случаев проверки носят эпизодический характер, а предприятия не получают достаточной методической помощи по внедрению современных систем обеспечения безопасности пищевой продукции.

Наряду с этим, на практике встречаются случаи недостоверного ведения документации, включая формальное заполнение журналов мониторинга без фактического проведения контроля. Это снижает эффективность системы ППК и создает риски выпуска небезопасной продукции.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что основными проблемами внедрения производственного контроля в Кыргызской Республике являются формальный подход к его реализации, недостаток квалифицированных кадров, экономические ограничения, а также недостаточная эффективность контроля и методической поддержки со стороны государства.

Для повышения эффективности внедрения производственного контроля в пищевых предприятиях Кыргызской Республики рекомендуется принятие следующих мер:

1. Методическое обеспечение. Разработка типовых программ производственного контроля по видам пищевых производств.
2. Подготовка кадров. Обучение специалистов по качеству и технологов принципам производственного контроля и HACCP.
3. Государственная поддержка. Субсидирование лабораторных исследований для малых предприятий и развитие региональных лабораторий.
4. Цифровизация контроля. Внедрение электронных журналов и систем мониторинга параметров производства.
5. Усиление практической направленности проверок. Оценка фактического функционирования программ, а не только документации.

Внедрение и сертификация СМБПП, основанных на принципах HACCP, позволяет предприятиям систематизировать процессы управления безопасностью продукции, повысить уровень доверия со стороны потребителей и расширить возможности выхода на международные рынки.

Наиболее распространённым международным стандартом в данной области является ISO 22000, который устанавливает требования к системе менеджмента безопасности пищевой продукции и объединяет принципы HACCP с элементами менеджмента качества [3].

Сертификация по ISO 22000 способствует повышению прозрачности производственных процессов, улучшению внутреннего контроля и снижению рисков, связанных с выпуском небезопасной продукции.

В Кыргызской Республике внедрение и сертификация СМБПП пока не получили широкого распространения, что связано с финансовыми затратами, недостатком квалифицированных специалистов и ограниченной осведомленностью предприятий о преимуществах данных систем.

Развитие и поддержка сертификации СМБПП являются важным направлением для повышения результативности производственного контроля и обеспечения конкурентоспособности предприятий пищевой промышленности Кыргызской Республики.

Выводы. В ходе проведенного анализа установлено, что производственный контроль является важнейшим элементом обеспечения безопасности пищевой продукции на предприятиях пищевой промышленности. Его эффективное функционирование позволяет своевременно выявлять и предотвращать риски, связанные с производством небезопасной продукции.

Показано, что система производственного контроля строится на принципах HACCP и включает применение надлежащих практик GHP, GMP и GLP, что обеспечивает комплексный и системный подход к управлению безопасностью пищевой продукции.

Анализ нормативно-правовой базы показал, что в Кыргызской Республике сформированы необходимые условия для внедрения производственного контроля, включая требования технических регламентов ЕАЭС и национальные санитарные нормы. Однако, наличие нормативной базы не гарантирует эффективного функционирования системы на практике.

Предложенные меры, направленные на совершенствование системы производственного контроля, включают развитие методического обеспечения, подготовку специалистов, усиление государственной поддержки, внедрение цифровых решений и повышение эффективности контроля.

Таким образом, повышение эффективности производственного контроля в Кыргызской Республике возможно при условии комплексного подхода, включающего совершенствование нормативной базы, развитие кадрового потенциала и усиление практической направленности контроля.

Список литературы

1. Codex Alimentarius Commission. Principles of Food Hygiene.

2. Коробейникова, Л.С., Черкасова, К.А. Особенности формирования программы производственного контроля для корпоративных организаций [Текст] / Л.С. Коробейникова, К.А. Черкасова // Современная экономика: проблемы и решения. - 2022. - № 1 (145). - С. 83-98.

3. Методические рекомендации по внедрению HACCP на предприятиях малого и среднего бизнеса [Текст] / IFC. - 2014.

4. Экономист.kg. В Кыргызстане 32 пищевых предприятия имеют международные стандарты качества HACCP, ISO 22000 и Global G.A.P. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://economist.kg/all/2025/01/15/v-kyrghyzstanie-32-pishchievykh- priedpriiatiia-imieiut-miezhdunarodnyie-standarty-kachiestva-accp-iso-22000-i-global-g-a-p/ (дата обращения: 18.01.2026).

5. Кыргызстандарт. Реестр сертифицированных организаций Кыргызской Республики [Электронный ресурс]. - Режим доступа https://nism.gov.kg/ru/freepages/13 / (дата обращения: 06.04.2026).

6. ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции [Текст].

7. Закон Кыргызской Республики «Об обеспечении безопасности пищевой продукции в Кыргызской Республике» от 12 ноября 2025 г.

8. ISO 22000:2018. Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain.

УДК 641.5:637.512.4 (575.2)

С. В. Кочнева М.Б. Е. Муртазаев
И.Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУим.И.Раззакова,БишкекКыргызскаяРеспублика

S. V. Kochneva, Bekzhan Murtazaev
I.RazzakovKSTU, Bishkek,KyrgyzRepublic

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРОЦЕССА ОБЪЕМНОГО ДОЗИРОВАНИЯ ЖИДКИХ КОМПОНЕНТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ МАЙОНЕЗЕ

МАЙОНЕЗ ӨНДҮРҮҮДӨ СУЮК КОМПОНЕНТТЕРДИ КӨЛӨМДҮК ДОЗАЛОО ПРОЦЕССИ ҮЧҮН ТЕХНИКАЛЫК ЧЕЧИМДЕРДИ ОПТИМАЛДАШТЫРУУ

OPTIMIZATION OF TECHNICAL SOLUTIONS FOR THE PROCESS OF VOLUMETRIC DOSING OF LIQUID COMPONENTS IN THE PRODUCTION OF MAYONNAISE

Суюк продукцияны өлчөөчү түзүлүштөр заманбап ишканалар үчүн маанилүү өнүгүү багыты болуп саналат. Бул түзүлүштөр компоненттердин так жана бирдей дозаланышын камсыз кылат (мисалы, майонез өндүрүүдө), бул акырында даяр продукциянын сапатына таасир этет. Суюк компоненттерди өлчөөчү түзүлүштөр иштөө принцибине жараша көлөмдүк жана гравиметриялык болуп бөлүнөт. Көлөмдүк үзгүлтүксүз өлчөөчү түзүлүштөр процессти белгиленген параметрлердин чегинде жүргүзүүгө мүмкүндүк берет, бул майонез өндүрүүдө колдонулган өлчөөчү түзүлүштөргө да бирдей тиешелүү. Дозалоо тактыгын аныктоочу маанилүү фактор - бул өлчөөчү түзүлүштүн түрү

Ачкыч сөздөр: *суусундуктардын аэрациясы, көбүктүн пайда болушу, көбүктүн дисперсиясы, органолептикалык мүнөздөмөлөр.*

Одним из направлений развития современных предприятий непоследнее место занимают устройства дозирования жидких продуктов. Данными устройствами обеспечивается точное и равномерных дозирование компонентов (например, при производстве майонеза), что в конечном итоге влияет на качество готовой продукции. Дозирующие устройства для жидких компонентов по принципу действия подразделяют на

объемные и весовые. Объемные устройства непрерывного дозирования позволяют осуществлять технологический процесс с заданными параметрами, что в равной мере относится к дозирующим устройствам при производстве майонеза. Немаловажным фактором, определяющим точность дозирования является тип рабочего органа дозатора.
Ключевые слова: *дозатор, объемное, весовые дозирование, майонез.*

Liquid product dosing devices are a significant development area for modern enterprises.

These devices ensure precise and uniform dosing of components (for example, in mayonnaise production), which ultimately impacts the quality of the finished product. Liquid component dosing devices are divided into volumetric and gravimetric based on their operating principle. Volumetric continuous dosing devices enable the process to be carried out within specified parameters, which is equally applicable to dosing devices used in mayonnaise production. An important factor determining dosing accuracy is the type of dosing device.
Key words: *dispenser, volumetric, weight dosing, mayonnaise,*

Введение. Важным приоритетом в пищевой промышленности является гарантированное обеспечение качества выпускаемой продукции. Одним из направлений развития современных предприятий не последнее место занимают устройства дозирования жидких продуктов. Данными устройствами обеспечивается точное и равномерных дозирование компонентов (например, при производстве майонеза), что в конечном итоге влияет на качество готовой продукции. На сегодня перед предприятиями стоит задача в достижении точности работы дозаторов, их надежности и простоты управления технологическим процессом, при этом последние должны быть простыми по устройству и недорогими обслуживаниями. Дозирующие устройства для жидких компонентов по принципу действия подразделяют на объемные и весовые. При весовом дозировании доза измеряется по массе и при объемном – обьему. Объемное дозирование основано на выделении фиксированного объема продукта с помощью дозирующей камеры,поршня или роторного механизма. На точность дозирования влияют физико-химические и реологические свойства продукта. По ходу технологического процесса дозирование подразделяется дискретное или порционное, а также непрерывного действия. Следуют заметить, что периодическая цикличность получения дозы продукта характерна для дискретного объемного дозирования. Причем сами устройства для жидких компонентов просты по конструкции, однако обладают определенной погрешностью точности дозы. Массовые дискретные дозирующие устройства отделяют необходимые дозы определенной массы, имея высокую точность, однако технологически и конструктивно они сложны. Объемные устройства непрерывного дозирования позволяют осуществлять технологический процесс с заданными параметрами, что в равной мере относится к дозирующим устройствам при производстве майонеза. Известно, что майонез представляет собой высокодисперсную эмульсию типа масло в воде, чувствительную к отклонениям в рецептуре, скорости смешивания, температуре и качеству исходного сырья. Любые ошибки в дозировании приводят к нарушению стабильности эмульсии, расслоению, изменению вязкости и ухудшению органолептических свойств. Высокая вязкость продукта, неньютоновские свойства, склонность к структурированию и чувствительность к механическим воздействиям создают сложности для традиционных дозаторов. Поэтому возникает необходимость оптимизации технических решений, направленных на повышение точности, стабильности и производительности дозирующих систем. Немаловажным фактором, определяющим точность дозирования является тип рабочего органа дозатора. На сегодня существует большое количество рабочих органов, каждое из которых предназначено для решения определленых задач.

Дозаторы объемного типа для жидких компонентов – основные схемы (Рис. 1.) Так, например, дроссельный дозатор (Рис.1.а) обеспечивает формирование струи жидкости определенного сечения, вытекающей из емкости при известном напоре. **Дроссельный дозатор** (Рис. 1 а) представляет собой емкость 1, в которой при помощи поплавкового клапана 2 поддерживается постоянный уровень. Жидкость сливается по трубопроводу 3, на котором установлено дросселирующее устройство 4. Регулирование расхода возможно за счет изменения проходного сечения или величины напора.

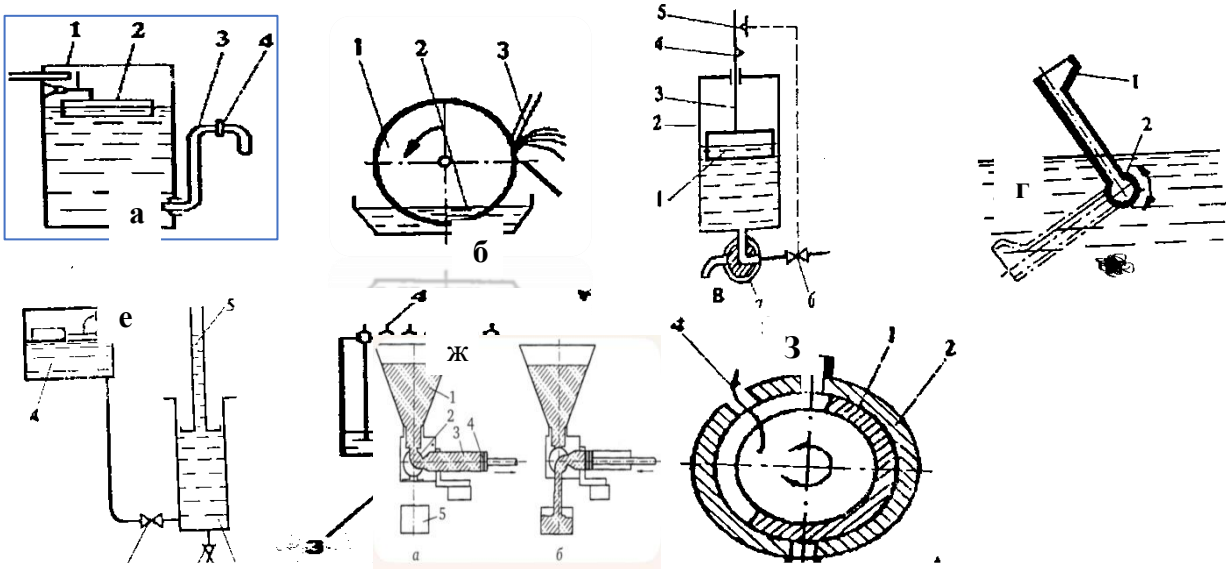


Рисунок 1 - Схема дозаторов объемного типа для жидких компонентов

Барабанный дозатор (рис1.б) осуществляет непрерывное объемное дозирование жидких компонентов за счет формирования тонкого слоя на поверхности быстро вращающегося барабана. Барабан 1, погруженный в емкость 2 постоянного уровня на глубину около 0,3 радиуса барабана, должен вращаться со скоростью 2-3 м/с. Налипший слой жидкости скребком 3 направляется в тестомесильную машину. Увеличение поверхности смешиваемых потоков ускоряет образование однородной смеси. Работа следующих дозаторов объемного дозирования основана на сливе компонента из мерной емкости; со свободным истечением и принудительным.

Так, например:

Поплавковый дозатор (рис1.в) имеет мерную емкость 2, в которую жидкость поступает через электромагнитный клапан 6 и трехходовый кран 7. При наполнении емкости поплавок 1 поднимается вместе со стержнем 3. Когда отмерена задан-ная порция жидкости, контакт 4 замыкает цель через неподвижный контакт 5, и электромагнитный клапан 6 закрывает доступ жидкости. Изменение дозы регулируется перемещением контакта 4 по стержню. После поворота крана 7 на 90° против часовой стрелки производится слив отмеренной порции. Поплавковый дозатор прост по конструкции и в обслуживании.

Интерес представляет конструкция

Черпаковый дозатора (рис1.г) который имет мерные емкости, периодически погружающиеся в жидкость в баке постоянного уровня. После заполнения черпак 1 поднимается и за счет сил гравитации отмеренная порция сливается через трубку 2, на которой закреплена мерная емкость. Заданный объем регулируется вытеснительными стаканами, помещенными внутри черпака. Не-достатком конструкции является невысокая точность дозирования компонентов, имеющих переменную плотность (например, вода и растительное масло).

Получил распространении **Дозатор фиксированного уровня** (рис1.д) который работает по принципу заполнение мерной емкости 1 через впускной клапан 3 до уровня, соответствующего расположению жидкости в бачке 4 постоянного уровня. Слив набранной дозы регулируется путем вертикального перемещения трубки 5.

К преимуществами это дозатора можно отнести высокую точность дозирования, удобство регулирования при изменении рецептуры и достаточная частота выдачи доз,недостаток – резкое снижение точности дозирования при уменьшении расхода из-за большого объема клапанной коробки.

Электродный дозатор(рис1.е) в дозаторе этой конструкции фиксация уровня в мерной емкости 1 осуществляется с помощью системы электродов 4. Впуск растворами производится через электромагнитный клапан 3. По мере заполнение емкости уровень раствора повышается и доходит до включенного электрода.

Стаканчиковый дозатор (рис1.ж) особенностью которых является слив дозы используется для дозирования воды,растворов сахара, соли, жира, масла, дрожжей. Дозатор состоит из вращающеюся стакана1, расположенного в неподвижном корпусе 2, где расположены отверстия 5, 3 и 4, предположенные 5 – для подачи компонента, 3- слива дозы, 4 – удаление воздуха.

Когда газ в стакане совпадает с отверстием 5, мерная емкость заполняется дозируемой жидкостью. При повороте стакане по 180˚ доза сливается через отверстие 3.

Этот типы дозаторов просты в изготовлении, обслуживании, в них легко регулируется расход компонентов.

Наиболее часто при производстве майонеза в промышленности используется **Поршневой дозатор**(рис1.з) который обеспечивает точную дозировку жидких и вязких продуктов за счет движение поршня в цилиндре. Основные элементы схемы:цилиндр 3, поршень 4, клапаны 2,5(впускной и выпускной), привод (механический, пневматический или электрический). Клапаны отвечают за направление потока продукта- один открывается при заполнении камеры, другой при выдаче дозы.

Заключение. Анализ современных объемных дозаторов для жидкости показал, что подбор дозирующего устройств для конкретных условий зависит от крнструкции дозаторов, является строго индивидуальных для каждого производств в зависимости от производительности, точности, реологических свойств дозируемых компонентов.

Список литературы

1. Кормановский Л. П., Цой Ю. А. Государственная поддержка малых форм хозяйствования на селе // Вестник ВИЭСХ. 2017. № 1 (26). С. 49–51.
2. Калинин В. И. О государственной поддержке малых форм хозяйствования на селе // Молочная промышленность. 2016. № 4. С. 12–15.
3. Булатов С. Ю. Разработка и совершенствование технологических линий и технических средств приготовления кормов в условиях малых форм хозяйствования. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.20.01 / Пензенский государственный аграрный университет. Княгинино, 2018.
4. Буркина А. С. Технологические решения при производстве рассыпных комбикормов // Наука молодых – будущее России. Пенза, 2023. С. 49–52.
5. Chongchitpaisan P., Sudsawat S. A Review on Screw Conveyors for Bulk Materials in Various Applications. Ladkrabang Engineering Journal. 2022. Vol. 39.
6. Буркина А. С. Совершенствование развития процесса дозирования комбикормов // Студенческие научные исследования. Пенза, 2023. С. 76–78.
7. Зимин И. Б., Черепанов В. Н., Богатов Е. А., Смирнов А. В. Инновационная технология производства полнорационного комбикорма на промышленной основе в условиях крупных агропромышленных предприятий // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3 (36). С. 50–58.
8. Боровикова К. А., Лопаева Н. Л. Технология производства комбикормов // Молодежь и наука. 2023. № 5.
9. Пирожков Д. Н., Сорокин С. А., Коняев Н. В., Назаренко Н. В. Влияние влажности зернового материала на процесс дозирования // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 9. С. 209–214.

УДК 531.8:611.738

Акназар у. Ж., А.М. Майрамбекова
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

Aknazar u. J., A.M. Mairambekova
I.Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
a.mairambekova@kstu.kg

БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ АХИЛЛОВА СУХОЖИЛИЯ

АХИЛЛ СИҢИРИНИН БЕКЕМДИГИН ЖАНА ИШЕНИМДҮҮЛҮГҮН БИОМЕХАНИКАЛЫК ТАЛДОО

BIOMECHANICAL ANALYSIS OF THE STRENGTH AND RELIABILITY OF THE ACHILLES TENDON

Изилдөөнүн максаты — адамдын Ахилл сиңиринин басуу (буттун учуна туруу) жана андан кийинки секирүү сыяктуу ар кандай физикалык активдүүлүк режимдериндеги бекемдик корун баалоо болуп саналат. Иште кызыл ашык муунундагы айлануу огу бар рычагдык система катары каралган тамандын күчтөрүнүн бөлүштүрүлүшүнүн математикалык модели берилген. Эсептөө маалыматтарынын негизинде пайда болгон чыңалууларды 10-29 жаш тобундагы ткандардын бекемдигинин чектүү маанилери менен салыштыруу жүргүзүлдү. Изилдөөнүн натыйжалары көрсөткөндөй, көп жолу секирүүдө бекемдик кору кыйла төмөндөйт, бул биологиялык өзүн-өзү калыбына келтирүү процесстеринин маанилүүлүгүн баса белгилейт.

Ачкыч сөздөр: *биомеханика, Ахилл сиңири, ткандардын бекемдиги, чоюлуу чыңалуусу, математикалык моделдөө.*

Целью исследования является оценка запаса прочности Ахиллова сухожилия человека при различных режимах физической активности, таких как при ходьбе (подъем на носки) и дальнейшем прыжке. В работе представлена математическая модель распределения сил в стопе, рассматриваемой как рычажная система с осью вращения в голеностопном суставе. На основе расчетных данных проведено сравнение возникающих напряжений с предельными значениями прочности тканей для возрастной группы 10-29 лет. Результаты показывают, что при многократных прыжках запас прочности значительно снижается, что подчеркивает важность процессов биологического самовосстановления.

Ключевые слова: *биомеханика, Ахиллово сухожилие, прочность тканей, растягивающее напряжение, математическое моделирование.*

The study aims to evaluate the safety margin of the human Achilles tendon under various physical activity modes, such as walking (standing on tiptoe) and subsequent jumping. The paper

presents a mathematical model of force distribution in the foot, considered as a lever system with the axis of rotation in the ankle joint. Based on the calculated data, the resulting stresses were compared with the ultimate strength values of tissues for the 10-29 age group. The results show that the safety margin significantly decreases during repeated jumps, which emphasizes the importance of biological self-healing processes.

Key words: *biomechanics, Achilles tendon, tissue strength, tensile stress, mathematical modeling.*

Введение. Ахиллово сухожилие является наиболее мощным сухожилием человеческого тела, соединяющим икроножную мышцу с пяточным бугром. Однако, он является одним из самых часто повреждаемых сухожилий в организме человека [1,2]. Оно чаще всего подвергается полным разрывам и входит в число двух сухожилий (вместе с пателлярным), наиболее подверженных травмам от перенапряжения [3-6]. Понимание его прочностных характеристик критически важно в биомеханике, а именно для спортивной медицины и реабилитации. Использование математического моделирования позволяет открыть новые факты в функционировании живых систем.

Цель исследования. Оценка запаса прочности Ахиллова сухожилия человека при различных режимах физической активности, таких как при ходьбе (подъем на носки) и дальнейшем при прыжке.

Задачи исследования. Разработать математическую модель распределения сил в стопе и рассчитать величину натяжения Ахиллова сухожилия и возникающих в нем растягивающих напряжений при статической нагрузке (подъем на носки) и динамической нагрузке (прыжок вверх).

Определить запас прочности сухожилия при многократных нагрузках и обосновать роль биологического самовосстановления тканей.

Материал и методы исследования. Для анализа использована модель равновесия сил, действующих на стопу (Рис. 1). Сустав между большеберцовой и таранной костями принят за ось вращения. Данные о прочности сухожилий, хрящей и костей имеются в классической монографии [7]. Рассмотрим натяжение Ахиллова сухожилия в стопе человека при ходьбе (подъем на носки) и дальнейшем прыжке.

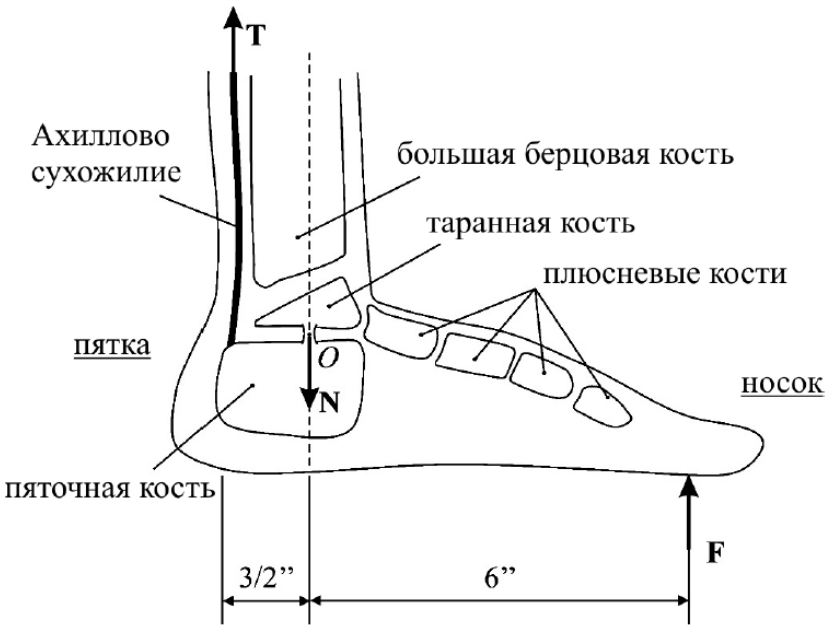


Рисунок 1 – Кость и сухожилия стопы

В расчетах приняты следующие параметры:

Масса тела (m) — 68 кг.

Обозначим натяжение Ахиллова сухожилия как T и усилие N (см. рис. 1).

Плечо силы сухожилия — 1,5 дюйма.

Плечо силы реакции опоры — 6 дюймов.

Площадь поперечного сечения сухожилия — 1,6 см².

Результаты исследования и их обсуждение Рассмотрим, когда человек встал на носки, готовясь к прыжку, но остается в состоянии покоя. Тогда из уравнения моментов сил относительно сустава между большеберцовой и таранной костями имеем:

$$T \cdot 1{,}5 = 34 \cdot 6,$$

откуда получаем значение натяжения в Ахилловом сухожилии T = 136 кг. Если поперечное сечение Ахиллова сухожилия равно 1,6 см2, то растягивающее напряжение

$$\sigma = \frac{136}{1{,}6} = 85 \text{ кг/см}^2.$$

Для совершения прыжка вверх нужно генерировать силу на стопу вверх, большую чем вес тела. В верхней точке прыжка начальная кинетическая энергия полностью переходит в потенциальную энергию. Это приводит к соотношению

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 \text{ или } v = \sqrt{2gh},$$

где m– масса тела человека, g – ускорение в поле силы тяжести, h – высота прыжка, измеряемая относительно центра тяжести тела, ϑ – начальная скорость прыжка, измеряемая в центре тяжести тела.

При весе человека 68 кг и высоте прыжка h = 61 см получим

$$\vartheta = 346 \text{ см/с}.$$

Согласно теореме об изменении количества движения системы, применяемой к человеку при выпрямлении, импульс внешних сил равен изменению количества движения. Пусть F есть добавочная сила, действующая на стопу (считается постоянной) и $t \approx 0{,}3\ c$. интервал времени между моментом начала прыжка и моментом отталкивания от грунта. Тогда импульс силы равен Ft, а количество движения при отталкивании от грунта равно mv. В итоге, мы имеем

$$Ft = mv$$

Тогда при m = 68 кг получим F ≈ 80 кг. При прыжке на двух ногах общая сила, действующая на каждую стопу, равна (68 + 80) / 2 = 74 кг.

Соответственно, натяжение Ахиллова сухожилия равно 74 × (6:1,5) = 296 кг. Тогда напряжение при площади поперечного сечения 1,6 см2 равно 185 кг/см2. Сравнение с экспериментальными данными показывает, что предельное разрушающее напряжение для молодых людей от 10-29 лет составляет 560±0,09 кг/мм² [7]. Запас прочности составляет всего ~3, что полученные результаты не является опасной для здоровья человека.

Выводы. При интенсивных прыжках возникающее напряжение (185 кг/см²) составляет значительную часть от предела прочности (560 кг/см²), что свидетельствует о малом запасе прочности при многократных нагрузках. Риск повреждений увеличивается из-за накопления микроповреждений, однако способность живых тканей (в отличие от не живых) обладают способностью к самозалечиванию. Постоянная клеточная перестройка (ремоделирование) нейтрализует накапливаемые микроповреждения быстрее, чем они приводят к критическому разрушению.

Список литературы

1. Основы биомеханики: учеб. пособие /[Текст] Ю.И. Няшин, В.А. Лохов. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та. – 2007. – 210 с.

2. Wren, T. A. L. Mechanical properties of the human Achilles tendon / [Text] T. A. L. Wren, S. A. Yerby, G. S. Beaupré, D. R. Carter // Clinical Biomechanics. – 2001. – Vol. 16. Is. 3. – P. 245–251.

3. Kannus P, Jozsa L. Histopathological changes preceding spon-taneous rupture of tendon / [Text] // J Bone Joint Surg. – 1991. – 73A. – P. 507–25.

4. Jozsa L, Kannus P. Overuse injuries of tendons [Text] Jozsa L, Kannus P, editors. Human tendons. Anatomy, physiology, andpathology. Champaign // Human Kinetics. – 1997. – P. 164–253.

5. Leppilahti J, Puranen J, Orava S. Incidence of Achilles tendonrupture / [Text] // Acta Orthop Scand. – 1996. – Vol. 67. – P. 277–279.

6. Allenmark C. Partial Achilles tendon tears / [Text] // Clin Sports Med. – 1992 – Vol. 11. – P. 759–69.

7. Yamada, H. Strength of Biological Materials / [Text] H. Yamada // Baltimore: Williams and Wilkins. 1970. – P. 297.

УДК 687.02:657.47

У.М. Омурзакова, Н.С. Аманова
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

U. M. Omurzakova, N. S. Amanova
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В ШВЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ И ИХ УЧЕТ В СТРУКТУРЕ СЕБЕСТОИМОСТИ

КИЙИМ ТИГҮҮ ӨНДҮРҮШҮНДӨГҮ ТЕХНОЛОГИЯЛЫК КАЛДЫКТАРДЫН КЛАССИФИКАЦИЯСЫ ЖАНА АНЫ ӨЗДҮК НАРКТА ЭСЕПКЕ АЛУУ

CLASSIFICATION OF PROCESS WASTE IN GARMENT PRODUCTION AND ITS ACCOUNTING IN THE COST STRUCTURE

Бул макалада кийим өндүрүүдөгү процесстик калдыктардын классификациясы жана аларды продукциянын чыгым структурасында эсепке алуу ыкмалары каралат. Бул теманын актуалдуулугу кесүү этабында текстиль материалдарынын 10дон 25%га чейинкиси жоголуп, өндүрүш чыгымдарына жана айлана-чөйрөгө тийгизген таасирине олуттуу таасирин тийгизээринде. Макалада калдыктардын түрлөрү булагы, буланын курамы жана кайра колдонуу мүмкүнчүлүгү боюнча системалаштырылган; ар бир категориянын экономикалык баалуулугун эске алган такталган классификация сунушталган. Кайра иштетүүгө жарамдуу калдыктарды баалоо жана аларды чыгымдарды эсепке алуу статьяларында чагылдыруу ыкмалары талкууланат. Изилдөөнүн жыйынтыктары башкаруу эсебин жакшыртуу жана кийим тигүүчү ишканалардын ресурстарды натыйжалуу пайдаланууусун жогорулатуу үчүн колдонулушу мүмкүн.

Ачкыч сөздөр: *тигүү өндүрүшү, технологиялык калдыктар, өздүк наркы, кайра иштетүү, тикме калдыктары, эсеп-кысап.*

Статья посвящена исследованию классификации технологических отходов швейного производства и методам их учёта в структуре себестоимости продукции. Актуальность темы обусловлена тем, что на этапе раскроя теряется от 10 до 25 % текстильных материалов, что существенно влияет на производственные затраты и экологическую нагрузку. В работе систематизированы виды отходов по месту образования, составу волокна и возможности повторного использования; предложена уточнённая классификация, учитывающая экономическую ценность каждой категории. Рассмотрены методы оценки возвратных отходов и их отражение в калькуляционных статьях себестоимости. Результаты исследования могут быть использованы для совершенствования управленческого учёта и повышения ресурсоэффективности швейных предприятий.

Ключевые слова: *швейное производство, технологические отходы, себестоимость, возвратные отходы, калькулирование, учет.*

This article examines the classification of process waste in garment production and methods for accounting for it in the cost structure of products. The relevance of this topic lies in the fact that 10 to 25% of textile materials are lost during the cutting stage, significantly impacting production

costs and environmental impact. The paper systematizes waste types by source, fiber composition, and reusability; a refined classification is proposed that takes into account the economic value of each category. Methods for assessing recyclable waste and reflecting it in cost accounting items are discussed. The results of the study can be used to improve management accounting and enhance the resource efficiency of garment enterprises.

Key words: *garment production, process waste, cost, recyclable waste, costing, accounting.*

Введение. Швейная промышленность является одной из ключевых отраслей лёгкой индустрии, обеспечивающей население продукцией повседневного спроса. Вместе с тем данная отрасль характеризуется высоким уровнем материалоёмкости: по различным оценкам, затраты на основные материалы составляют от 60 до 85 % полной себестоимости швейных изделий [1, 2]. В условиях возрастающей конкуренции и перехода к принципам циркулярной экономики особую значимость приобретает проблема рационального использования текстильных материалов и минимизации производственных потерь.

Глобальное производство текстильного волокна достигло рекордного уровня — 116 млн тонн в 2022 году . При этом, по данным исследований, от 10 до 15 % всего волокна, поступающего в швейное производство, превращается в отходы на этапе раскроя, а совокупные потери по всей цепочке создания стоимости могут достигать 47 % . Только в Бангладеш швейная отрасль сгенерировала около 577 тыс. тонн отходов в 2019 году, из которых почти половина представляла собой хлопок, пригодный для вторичной переработки, стоимостью около 100 млн долларов США .

Для швейных предприятий стран Центральной Азии, в том числе Кыргызстана, данная проблема приобретает особую остроту в связи с преобладанием малых и средних производств, ограниченными возможностями внедрения ресурсосберегающих технологий и недостаточной разработанностью нормативно-методической базы учёта отходов. Существующие классификации технологических отходов не в полной мере учитывают специфику современного швейного производства, а методики их оценки в структуре себестоимости нуждаются в совершенствовании с учётом требований управленческого учёта и экологического менеджмента.

Цель исследования. Целью настоящего исследования является систематизация и уточнение классификации технологических отходов швейного производства, а также разработка рекомендаций по совершенствованию методов их учёта в структуре себестоимости продукции с позиций экономической эффективности и экологической ответственности.

Материал и методы исследования. В качестве теоретической базы исследования использованы нормативные документы, регулирующие нормирование расхода материалов в швейной промышленности (отраслевые инструкции, ГОСТы), научные публикации отечественных и зарубежных авторов в области управленческого учёта, калькулирования себестоимости и экологического менеджмента в лёгкой промышленности.

В работе применялись следующие методы:

- аналитический метод — для систематизации существующих подходов к классификации отходов;
- сравнительный метод — для сопоставления нормативов межлекальных отходов по различным видам изделий и тканей;
- расчётно-аналитический метод — для определения количественных характеристик отходов и их стоимостной оценки;
- метод экономико-математического моделирования — для построения калькуляционных моделей с учётом различных способов оценки возвратных отходов.

Эмпирической базой послужили данные о нормативах расхода материалов на швейных предприятиях, материалы международных исследований по проблеме текстильных отходов, а также статистические данные по объёмам образования отходов в швейной промышленности.

Результаты исследования и их обсуждение. Технологические отходы швейного производства представляют собой неизбежные потери материалов, возникающие на

различных стадиях производственного процесса. Основным источником образования отходов является раскройный цех, где при настилании и раскрое тканей возникают следующие виды потерь [5, 6]:

- межлекальные отходы — участки ткани между контурами деталей изделия в раскладке лекал;
- отходы по длине настила — потери на концах и стыках полотен внутри настила;
- отходы по ширине настила — кромки с боковых сторон полотен, не используемые в изделиях;
- концевые остатки — маломерные куски ткани, из которых нельзя раскроить детали изделия наименьшего размера.

Помимо раскройного передела, отходы образуются в пошивочном цехе (швейная подметь — мелкие обрезки при подрезке деталей, бракованные детали) и на этапе отделки (отходы от операций влажно-тепловой обработки, дефектные полуфабрикаты).

Величина межлекальных отходов, являющихся основным видом технологических потерь, составляет от 6 до 20 % площади раскладки в зависимости от конфигурации деталей изделия, ширины ткани и квалификации раскладчика . По данным международных исследований, средняя эффективность раскроя в промышленности составляет около 87 %, то есть 13 % материала не входит в готовое изделие .

Таблица 1 — Классификация технологических отходов швейного производства по месту и причине образования

№	Вид отходов	Место образования	Причина возникновения	Доля в общем объёме отходов, %
1	Межлекальные отходы	Раскройный цех	Сложная конфигурация деталей изделия, невозможность полного заполнения площади раскладки	60–70
2	Отходы по длине настила (на концах и стыках)	Раскройный цех	Технологические припуски при настилании, стыковка полотен	8–12
3	Отходы по ширине настила (кромки)	Раскройный цех	Наличие кромок ткани, не используемых в изделии	3–5
4	Концевые остатки (лоскут)	Раскройный цех	Нерациональный остаток от куска ткани после настилания	5–10
5	Швейная подметь	Пошивочный цех	Подрезка деталей кроя, обрезка ниток, мелкие обрезки при сборке	5–8
6	Бракованные детали и полуфабрикаты	Пошивочный и отделочный цеха	Дефекты ткани, ошибки раскроя и пошива, повреждения при ВТО	3–7

Примечание: составлено автором на основе [4, 5, 6, 7]

Для целей управленческого учёта и принятия решений о вторичном использовании отходов необходима многокритериальная классификация. На основании обобщения данных различных источников [1, 5, 7, 8] нами предложена следующая комплексная систематизация.

Таблица 2 — Комплексная классификация технологических отходов швейного производства

Классификационный признак	Виды отходов	Характеристика
По возможности использования	Возвратные	Могут быть использованы в основном или вспомогательном производстве (лоскут свыше 15 см по шерстяным и 10 см по прочим тканям)
	Безвозвратные	Не подлежат дальнейшему использованию (швейная подметь, пыль из пылевых камер, обрезки менее 2 см)
По месту образования	Раскройные	Межлекальные отходы, потери по длине и ширине настила, концевые остатки
	Пошивочные	Обрезки при подрезке, бракованные детали
	Отделочные	Отходы при влажно-тепловой обработке и заключительной отделке
По составу волокна	Хлопковые	Отходы из хлопчатобумажных тканей
	Шерстяные и полушерстяные	Обрезки тканей с содержанием шерстяного волокна (ГОСТ 1220-76)
	Синтетические	Отходы из полиэстера, нейлона, акрила и других синтетических волокон
	Смешанные	Отходы из тканей смешанного состава
По размеру (площади)	Крупные	Площадь более 16 см², ширина более 2 см — лоскут
	Мелкие	Площадь менее 16 см² или ширина менее 2 см (ГОСТ 1220-76)
По возможности вторичной переработки	I группа — высококачественные	Перерабатываются на том же предприятии без специального оборудования
	II группа — для спецпереработки	Направляются на специализированные фабрики по переработке вторсырья
	III группа — ограниченного использования	Используются как обтирочный материал или в качестве наполнителя
	IV группа — низкосортные	Непригодны для текстильной продукции; подлежат утилизации или сжиганию

Примечание: составлено автором на основе [7, 8, 9]

Величина межлекальных отходов существенно варьируется в зависимости от ассортимента выпускаемой продукции. Нормативные значения устанавливаются отраслевыми инструкциями и используются для контроля фактического расхода материалов [6].

Таблица 3 — Нормативы межлекальных отходов по видам швейных изделий

Вид изделия	Процент межлекальных отходов в раскладках (1 комплект), %	Процент межлекальных отходов в раскладках (2 комплекта), %	Снижение при переходе к 2-комплектным раскладкам, п.п.
Пальто демисезонное	16–20	14–17	2–3
Костюм мужской	14–18	12–15	2–3
Платье женское	12–16	10–14	2
Блузка	10–14	8–12	2
Брюки мужские	10–14	8–11	2–3
Сорочка мужская	8–12	6–10	2
Детская одежда (дошкольная)	10–15	8–12	2–3
Бельевые изделия	6–10	5–8	1–2

Примечание: составлено на основе отраслевых нормативов [6, 10]

Из таблицы 3 видно, что переход от однокомплектных к двухкомплектным раскладкам обеспечивает снижение межлекальных отходов на 2–3 процентных пункта, что при значительных объёмах производства даёт существенную экономию материалов.

Калькулирование себестоимости продукции на предприятиях швейной промышленности осуществляется в соответствии с типовой номенклатурой статей затрат. Возвратные отходы отражаются отдельной калькуляционной статьёй «Возвратные отходы (вычитаются)» и уменьшают фактические затраты на производство [2, 11].

Таблица 4 — Типовая структура калькуляции себестоимости швейного изделия с учётом отходов

№ статьи	Статья затрат	Содержание	Удельный вес в себестоимости, %
1	Основные материалы	Ткани верха, подкладки, приклада	60–75
2	Возвратные отходы (вычитаются)	Лоскут, концевые остатки, межлекальные отходы (крупные)	–(1,5–4,0)
3	Вспомогательные материалы	Нитки, фурнитура, упаковка	3–8
4	Топливо и энергия на технологические цели	Электроэнергия, пар для ВТО	1–3
5	Основная заработная плата производственных рабочих	Оплата труда раскройщиков, швей, операторов ВТО	8–15
6	Дополнительная заработная плата	Отпускные, доплаты, компенсации	1–3
7	Отчисления на социальные нужды	Социальное, пенсионное страхование	3–5

№ статьи	Статья затрат	Содержание	Удельный вес в себестоимости, %
8	Расходы на подготовку и освоение производства	Затраты на изготовление лекал, градацию, раскладки	0,5–2
9	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	Амортизация, ремонт и обслуживание оборудования	3–6
10	Общепроизводственные расходы	Управление цехом, содержание зданий, охрана труда	3–6
11	Общехозяйственные расходы	Управление предприятием, канцелярские расходы	2–5
12	Потери от брака	Стоимость окончательного брака за вычетом удержаний	0,3–1,5
13	Итого: производственная себестоимость		85–95
14	Расходы на продажу	Транспортировка, хранение, реклама	5–15
15	Всего: полная себестоимость		100

Примечание: составлено автором на основе [2, 11, 12]

Действующие нормативные документы предусматривают несколько методов оценки возвратных отходов, выбор которых зависит от направления дальнейшего использования отходов [2, 11]:

Таблица 5 — Методы оценки возвратных отходов швейного производства и их влияние на себестоимость

Метод оценки	Условие применения	Формула расчёта	Влияние на себестоимость
По пониженной цене исходного материала	Отходы используются в основном производстве с повышенными затратами	С_отх = Ц_мат × К_пониж × М_отх, где К_пониж = 0,4–0,6	Умеренное снижение себестоимости
По цене возможного использования	Отходы используются во вспомогательном производстве или цехе ширпотреба	С_отх = Ц_возм × М_отх	Снижение себестоимости в пределах цены возможного использования
По установленным ценам на отходы	Отходы реализуются на сторону или передаются на переработку	С_отх = (Ц_уст – З_сбор) × М_отх	Снижение себестоимости за вычетом затрат на сбор и обработку
По рыночной стоимости	Для целей управленческого учёта,	С_отх = Ц_рын × М_отх	Максимальное снижение; более точное

Метод оценки	Условие применения	Формула расчёта	Влияние на себестоимость
вторичного сырья	при наличии рынка вторсырья		отражение экономической ценности

Примечание: С_отх — стоимость отходов; Ц_мат — цена исходного материала; К_пониж — понижающий коэффициент; М_отх — масса отходов; Ц_возм — цена возможного использования; Ц_уст — установленная цена на отходы; З_сбор — затраты на сбор и обработку; Ц_рын — рыночная стоимость.
Составлено автором на основе [2, 11]

Для понимания масштаба экономического воздействия технологических отходов на себестоимость продукции рассмотрим условный пример калькуляции (таблица 6).

Таблица 6 — Пример расчёта стоимости технологических отходов при производстве женского платья (условные данные)

Показатель	Значение
Площадь комплекта лекал, м²	1,85
Ширина ткани, м	1,50
Процент межлекальных отходов, %	14,0
Норматив отходов по длине настила, %	2,5
Норма расхода ткани, м²	2,24
Расчётная длина раскладки (на 1 изделие), м	1,49
Общий объём отходов на 1 изделие, м²	0,39
Стоимость ткани, сом/м²	350
Стоимость отходов на 1 изделие, сом	136,50
Стоимость возвратных отходов (оценка по цене возможного использования — 15 % от стоимости ткани), сом	20,48
Чистые потери на 1 изделие, сом	116,02
При выпуске 10 000 изделий — общие потери, тыс. сом	1 160,2

Примечание: расчёт произведён автором на основе формул нормирования [6, 10]

Приведённые данные наглядно демонстрируют, что даже при стандартных нормативах межлекальных отходов (14 %) чистые материальные потери на одно изделие составляют более 116 сомов, а при серийном производстве суммарные потери исчисляются миллионами сомов. Это подтверждает необходимость комплексного подхода к управлению отходами, включающего как оптимизацию раскроя, так и совершенствование системы их учёта.

Выводы. На основании проведённого исследования можно выделить следующие направления совершенствования учёта технологических отходов в структуре себестоимости:
Дифференцированный учёт по категориям отходов. Целесообразно вести аналитический учёт отходов не только по общей статье «Возвратные отходы», но и по подгруппам в зависимости от вида, состава волокна и возможности вторичного использования.
Применение учёта материальных потоков (Material Flow Cost Accounting — MFCA). Данная методология, основанная на стандарте ISO 14051, позволяет количественно и стоимостно

отслеживать все материальные потоки в производстве, включая «скрытые» потери, что повышает прозрачность формирования себестоимости [13, 14].

Автоматизация раскладки лекал. Внедрение систем автоматизированного проектирования (САПР) для оптимизации раскладки лекал способно снизить межлекальные отходы на 2–5 процентных пунктов [6].

Создание системы сортировки и сбора отходов. По данным исследований, до 80 % перерабатываемых отходов не сортируются по составу волокна на производстве, что снижает их потенциальную стоимость и возможности переработки [4].

Интеграция экологических затрат в себестоимость. Включение платежей за размещение отходов и затрат на их утилизацию в калькуляцию создаёт экономические стимулы для минимизации отходов.

Технологические отходы швейного производства представляют собой многокомпонентную систему, включающую межлекальные отходы (60–70 % от общего объёма), отходы по длине и ширине настила, концевые остатки, швейную подметь и бракованные полуфабрикаты. Величина совокупных потерь материалов составляет от 10 до 25 % в зависимости от ассортимента изделий и организации производства. Предложенная комплексная классификация технологических отходов по пяти основным признакам (возможность использования, место образования, состав волокна, размер, возможность вторичной переработки) обеспечивает системный подход к управлению отходами и формирует информационную базу для принятия управленческих решений. В структуре себестоимости швейных изделий возвратные отходы учитываются по статье «Возвратные отходы (вычитаются)» и оцениваются по пониженной цене исходного материала, по цене возможного использования или по установленным ценам на отходы. Применение метода оценки по рыночной стоимости вторичного сырья в рамках управленческого учёта обеспечивает более точное отражение экономической ценности отходов. Внедрение методологии учёта материальных потоков (MFCA), автоматизация раскладки лекал, создание системы сортировки отходов и интеграция экологических затрат в калькуляцию являются перспективными направлениями повышения ресурсоэффективности и снижения себестоимости продукции швейных предприятий.

Список литературы

1. Романова, А. Н. Основные подходы к калькулированию себестоимости затрат на швейных предприятиях / А. Н. Романова // Вестник ТИСБИ. — 2019. — № 3. — С. 45–53.
2. Учет издержек и производственной стоимости в легкой промышленности : учеб. пособие. — Баку : Изд-во UNEC, 2015. — 42 с.
3. Омурзакова, У. М. Особенности организации финансов в швейной промышленности / У. М. Омурзакова, Н. С. Аманова // Эпоха науки. – 2026. – № 45. – С. 99-106.
4. Examining Cut-and-Sew Textile Waste within the Apparel Supply Chain / Bren School of Environmental Science & Management, UC Santa Barbara. — 2024. — 45 p.
5. Рациональное нормирование материалов в раскройном производстве : учеб. пособие / под ред. А. В. Савостицкого. — Москва : Лёгкая индустрия, 2018. — 320 с.
6. Инструкция по нормированию расхода материалов в массовом производстве швейных изделий : утв. Минлегпромом СССР. — Москва : ЦНИИТЭИлегпром, 1983. — 120 с.
7. ГОСТ 1220-76. Отходы производства шерстяных и полушерстяных материалов сортированные. Технические условия. — Москва : Стандартинформ, 1976. — 8 с.
8. Пилюгина, С. А. Особенности переработки текстильных отходов / С. А. Пилюгина // Экология и промышленность России. — 2020. — № 1. — С. 34–39.
9. Рациональное нормирование материалов в раскройном производстве швейного предприятия : метод. указания / сост. : Юго-Западный гос. университет. — Курск : Изд-во ЮЗГУ, 2022. — 48 с.

10. Графова Т. О., Рыбальченко А. Н. Формирование себестоимости швейного изделия в управленческом учете // АНИ: экономика и управление. 2019. №3 (28). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-sebestoimosti-shveynogo-izdeliya-v-upravlencheskom-uchete (дата обращения: 30.03.2026).

11. Flores, E. Cost accounting in Cambodia's garment industry: A case study / E. Flores, S. Lim, J. Uy // International Journal of Applied Management and Business Economy. — 2024. — Vol. 8, № 6. — DOI: 10.55214/25768484.v8i6.3322.

12. Olgun, E. B. An analysis of material flow cost accounting in companies using different cost accounting systems / E. B. Olgun, H. Usul // Heliyon. — 2025. — Vol. 11, № 4. — DOI: 10.1016/j.heliyon.2025.e42555.

13. Dechampai, D. Applying Material Flow Cost Accounting and Two-Dimensional, Irregularly Shaped Cutting Stock Problems in the Lingerie Manufacturing Industry / D. Dechampai [et al.] // Applied Sciences. — 2021. — Vol. 11, № 7. — P. 3142. — DOI: 10.3390/APP11073142.

14. Bukhantsova, L. Data analysis for the prediction of textile waste recycling in Ukraine / L. Bukhantsova [et al.] // Textiles, Pair of Shoes, Leather and Technology. — 2024. — Vol. 2. — DOI: 10.15240/tul/008/2024-2-009.

15. Khalikov, T. L. The current state of production cost accounting practices and the procedural method of determining production costs in cotton and textile clusters / T. L. Khalikov // Ambidextrous Management Business Strategy. — 2025. — Vol. 1, № 1. — DOI: 10.35912/ambus.v1i1.3758.

16. Арстанбекова, А. А. Стратегии привлечения инвестиций в зеленые технологии и предпринимательство для устойчивого развития Кыргызстана / А. А. Арстанбекова // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2025. – № 2(74). – С. 603-609. – DOI 10.56634/16948335.2025.2.603-609

УДК 687.02:657.47

М.М. Осмонова, А.Б.Бекболсунова
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

M.M.Osmonova, A.B. Bekbolsunova
I.Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
osmonovamadina01@gmail.com ai.bekbolsunova@kstu.kg

РАЗРАБОТКА ЖЕНСКОЙ ОДЕЖДЫ В ЯПОНСКОМ СТИЛЕ «ДРЕВО ЖИЗНИ» В ПРОГРАММЕ ADOBE ILLUSTRATOR

ADOBE ILLUSTRATOR ПРОГРАММАСЫНДА «ӨМҮР ДАРАГЫ» ЯПОН СТИЛИНДЕГИ АЯЛДАРДЫН КИЙИМИН ИШТЕП ЧЫГУУ

DEVELOPMENT OF WOMEN'S CLOTHING IN THE JAPANESE STYLE "TREE OF LIFE" IN ADOBE ILLUSTRATOR

Бул макалада Adobe Illustrator графикалык редакторун колдонуу менен костюмду көркөм долбоорлоодо туюнтуучу образдарды түзүү ыкмалары каралат. Негизги көңүл «Өмүр дарагы» концепциясынын алкагында салттуу япон костюму менен заманбап авангарддык моданын синтезине берилет. Анализ вектордук графиканын катмарлуулукту, асимметрияны жана табигый текстураларды имитациялоону берүүдөгү мүмкүнчүлүктөрүн көрсөтөт.

Ачкыч сөздөр: *костюмдун көркөм долбоорлоосу, япон стили, Adobe Illustrator, санариптик мода, деконструкция, өмүр дарагы.*

В статье рассматриваются методы создания выразительных образов в художественном проектировании костюма с использованием графического редактора Adobe Illustrator. Особое внимание уделено синтезу традиционного японского костюма и современной авангардной моды через призму концепции «Древо жизни». Анализ показывает возможности векторной графики в передаче многослойности, асимметрии и имитации природных фактур, усиливающих визуальное восприятие коллекции.

Ключевые слова: *художественное проектирование костюма, японский стиль, Adobe Illustrator, цифровая мода, деконструкция, древо жизни.*

This article examines methods for creating expressive images in artistic costume design using the Adobe Illustrator graphic editor. Special attention is given to the synthesis of traditional Japanese costume and modern avant-garde fashion through the prism of the "Tree of Life" concept. The analysis highlights the possibilities of vector graphics in conveying layering, asymmetry, and imitation of natural textures that enhance the visual perception of the collection.

Key words: *artistic costume design, Japanese style, Adobe Illustrator, digital fashion, deconstruction, tree of life.*

Введение. Художественное проектирование костюма в цифровой среде — это комплексная дисциплина, в которой образ формируется под влиянием точности линий, работы с цветом и компьютерной симуляции материалов. В современном дизайне особое внимание уделяется инструментам векторной графики, так как они позволяют через работу со слоями и кривыми передавать сложную архитектуру восточного костюма. Работа в Adobe Illustrator сочетает в себе математическую точность и творческую свободу, обеспечивая гармонию авангардных форм. Значимы методы цифровой обработки, позволяющие экспериментировать с деконструкцией: наложение прозрачных слоев, создание авторских кистей и паттернов, формирующих линии силуэта.

Целью исследования является изучение методов цифрового проектирования для формирования выразительных текстур и структур в коллекции «Древо жизни». Анализ возможностей Adobe Illustrator в передаче этнического кода японской культуры (асимметрия, минимализм) и выявление их влияния на художественный образ; оценка роли векторных инструментов в построении многослойных композиций.

Рисунок 1- Коллекция и Мудборд

Материал и методы исследования. Ключевым направлением исследования коллекции становится не только выбор форм, сколько создание выразительных визуальных решений в цифровой среде. Концепция основана на интерпретации структуры «Древа жизни»: связи корней (традиции) и кроны (будущее). Этот принцип трансформирован в художественно-конструкторские решения, где Adobe Illustrator служит основным

инструментом воплощения. Верхние изделия формируются через инструмент **Pen Tool (Перо)**, позволяющий создавать острые углы конических шляп и плавные линии драпировок.

Рисунок 2- Технический рисунок

Результаты исследования показывают, что использование функций **Pattern Options (Параметры узора)** позволяет создавать уникальные принты с каллиграфией и растительными мотивами, которые «прорастают» сквозь детали кроя. Противопоставление строгих геометрических основ и мягких графических теней стало отправной точкой для поиска фактурного решения.

Результаты исследования и их обсуждение. Разработка коллекции в японском стиле стала результатом осмысления связи между природной формой и культурной памятью. Образ «Древа жизни» позволил выйти за пределы буквального цитирования кимоно, сосредоточившись на внутренней логике деконструкции.

Применение эффекта **Gradient Mesh (Сетчатый градиент)** играло ключевую роль в формировании глубины винных и древесных тонов. Инструменты программы позволили имитировать многослойность: нижние слои создают основу композиции, а верхние, асимметричные элементы из цифрового «льна» или «шелка» добавляют динамику. Особое значение в коллекции имеет работа с тенями и прозрачностью (**Opacity**), что моделирует объем изделия, опираясь на эстетику восточного минимализма.

Выводы. В результате цифровая среда проектирования является структурообразующей основой композиции: организация поверхностей, использование каллиграфических паттернов и векторная детализация формируют характер изделий. Японский стиль выступает концептуальным ориентиром, где внешняя лаконичность сменяется внутренней сложностью. Это позволяет глубже раскрыть идею коллекции «Древо жизни», усиливая эмоциональное воздействие и обеспечивая целостное художественное впечатление.

Список литературы

1. Бодрова Т. Н. Художественное проектирование костюма: Теория и практика. — М.: Академия, 2018.
2. Гаврилова Е. В. Материалы и текстуры в дизайне одежды. — СПб.: Книга по искусству, 2016.
3. Иванова Л. С. Методы создания текстур в текстильном дизайне. — М.: Искусство, 2017.
4. Левина В. И. Натуральные материалы в дизайне одежды. — СПб.: Питер, 2015.
5. Степанова И. Н. Экспериментальные методы в художественном проектировании одежды. — СПб.: Креатив, 2019.
6. Чайковская Е. Adobe Illustrator в дизайне одежды. — М.: Питер, 2021. — 176 с.
7. Эрмекова М. А., Кадыракунова А. А. Проектирование коллекции современной одежды с использованием графических редакторов // Инновации в индустрии моды: сборник материалов международной научно-практической конференции. — Бишкек: КГТУ им. И. Раззакова, 2023. — С. 201–214. — URL: https://anyflip.com/zbwdh/rnua/basic/201-214

УДК 687.12 :7 45 :391

М.О. Сыдыгалиева, С.Б. Абдиллажанова, Ж.М.Кадырбекова
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы

M.O.Sydygalieva, A.B.Abdillazhanova, Zh.M.Kadyrbekova
I. Razzakov Kyrgyz State Technical University, Bishkek, Kyrgyz Republic
abdillazhanova999@icloud.com kadyrbekovaj.05@gmail.com

ЖЕНСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ ОДЕЖДА С КОНСТРУКТИВНЫМ ДЕКОРИРОВАНИЕМ

АЯЛДАРДЫН УЛУТТУК КИЙИМИН КОНСТРУКТИВДИК ДЕКОРЛОО

WOMEN'S NATIONAL CLOTHING WITH CONSTRUCTIVE DECORATION

Макаланын максаты — кыргыз улуттук кийиминин элементтеринин негизинде аялдардын заманбап кийим моделин түзүүдө конструктивдик декорлоону колдонуу өзгөчөлүктөрүн изилдөө, ошондой эле форманы түзүүчү сызыктардын, конструктивдик бөлүнүштөрдүн жана салттуу сайманын көркөмдүү заманбап образды калыптандыруудагы ролун аныктоо болуп саналат.

***Ачкыч сөздөр**: конструктивдик декорлоо; кыргыз улуттук кийими; аялдардын кийими; салттуу сайма; форманы түзүүчү сызыктар; заманбап кийим дизайны; улуттук стили.*

Целью статьи является изучение применения конструктивного декорирования при создании модели женской одежды на основе элементов кыргызского национального костюма, а также определение роли формообразующих линий, конструктивных членений и традиционной вышивки в формировании выразительного современного образа с сохранением национальной стилистики одежды элементов.

***Ключевые слова:** конструктивное декорирование; кыргызский национальный костюм; женская одежда; традиционная вышивка; формообразующие линии; современный дизайн одежды; национальный стиль.*

The objective of this article is to study the use of constructive decoration in designing a modern model of women's clothing based on elements of the Kyrgyz national costume, as well as to determine the role of shaping lines, structural divisions, and traditional embroidery in creating an expressive modern image while preserving national stylistic features.

***Key words:**constructive decoration; Kyrgyz national costume; women's clothing; traditional embroidery; shaping lines; modern fashion design; national style.*

Одежда отражает культуру народа, его традиции, образ жизни и эстетические представления. Национальная кыргызская одежда формировалась веками под влиянием кочевого образа жизни, природно-климатических условий и культурных традиций. Она отличалась функциональностью (удобство для верховой езды и кочевой жизни), использованием натуральных материалов (войлок, шерсть, кожа) и социальной значимостью. Одним из способов соединения традиций и современности является конструктивное

декорирование — украшение изделия за счет конструктивных элементов: линий кроя, рельефных швов, подрезов, складок и драпировок.

Материал и метод исследования. Материалами исследования стали образцы кыргызской женской национальной одежды из музейных и частных коллекций, современные модели с элементами национального стиля, а также научные источники, фотографии и текстильные образцы декоративных элементов. В работе использовались аналитический и историко-этнографический методы для изучения происхождения и развития костюма. Проведён сравнительный анализ традиционных и современных моделей. Также применялись методы композиционного и конструктивного анализа для изучения формы, кроя и декоративных решений. Дополнительно использовались методы моделирования и графического представления при разработке современной модели на основе традиционных элементов.

Рисунок 1- Процесс разработки эскизов

Результаты исследования. В результате проведённого исследования установлено, что кыргызский женский национальный костюм обладает выразительными художественно-конструктивными особенностями, которые сохраняют свою актуальность в современном дизайне одежды. Выявлено, что конструктивное декорирование играет важную роль в формировании силуэта, композиции и целостного художественного образа изделия. Оно позволяет органично соединить функциональные и эстетические качества одежды.

Показано, что использование традиционных элементов, таких как орнамент, конструктивные линии и характерные формы, способствует сохранению национальной идентичности. При этом их адаптация к современным требованиям обеспечивает удобство и актуальность моделей. Разработанные эскизы подтверждают возможность успешного сочетания традиций и современных дизайнерских решений, что открывает перспективы для дальнейшего развития национально ориентированного дизайна одежды.

Рисунок 2 - Эскиз готовых изделий

Вывод: Таким образом применение конструктивного декорирования помогает объединить национальный стиль и современный стиль, создавая уникальные и выразительные образы. Оно позволяет сохранять традиционные элементы кыргызской одежды, придавая им актуальность и эстетическую ценность в современном дизайне. Такой подход способствует не только сохранению культурного наследия, но и его гармоничной интеграции в современную моду, делая одежду функциональной, стильной и символически значимой.

Список литературы

1. Абдрахманова, Г. А. Кыргызский национальный костюм: история и современность. — Бишкек: КРСУ, 2018. — 120 с. — URL: https://krsu.edu.kg
2. Садыкова, А. Т. Традиционная одежда кыргызов и её художественные особенности. — Бишкек, 2015. — 98 с. — URL: https://elibrary.ru
3. Касымбекова, Ж. М. Конструктивное моделирование одежды. — Бишкек, 2019. — 135 с. — URL: https://lib.kg
4. Национальный исторический музей Кыргызской Республики. Кыргызский национальный костюм [Электронный ресурс]. — URL: https://museum.kg

УДК 004.8.621.181.125.2

А.Т. Абдылдаева, Э.А. Джалбиев
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A.T.Abdyldaeva, E.A. Jalbiev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ НА ОСНОВЕ ИИ (НЕЙРОСЕТИ)

AI (НЕЙРОНДУК ТАРМАКТАР) НЕГИЗИНДЕ УЧКУЧСУЗ УНААЛАРДЫ БАШКАРУУНУН ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫК СИСТЕМАСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT CONTROL SYSTEM FOR UNMANNED VEHICLES BASED ON AI (NEURAL NETWORKS)

Бул макалада нейрондук тармактарга негизделген жасалма интеллект ыкмаларын колдонуу менен учкучсуз транспорт каражаттарын башкаруунун интеллектуалдык системасын иштеп чыгуу каралат. Система айлана-чөйрөнү талдоо, объекттерди тааануу жана транспорт каражатынын кыймылын автоматтык башкаруу функцияларын аткарат. Бинокулярдык техникалык көрүү жана сүрөттөрдү иштетүү алгоритмдери колдонулат. Система коопсуз жана натыйжалуу кыймылды камсыз кылат.

Ачкыч сөздөр: *учкучсуз транспорт, жасалма интеллект, нейрондук тармактар, техникалык көрүү, бинокулярдык камера, автоматташтыруу.*

В статье рассматривается разработка интеллектуальной системы управления беспилотным транспортным средством на основе нейронных сетей. Система выполняет анализ окружающей среды, распознавание объектов и автоматическое управление движением. Используются методы бинокулярного технического зрения и обработки изображений. Разработанное решение обеспечивает безопасное и эффективное движение.

Ключевые слова: *беспилотный транспорт, искусственный интеллект, нейронные сети, техническое зрение, бинокулярная камера, обработка изображений, автоматизация.*

This article presents the development of an intelligent control system for unmanned vehicles based on neural networks. The system performs environmental analysis, object recognition, and automatic motion control. Binocular computer vision and image processing methods are used. The solution ensures safe and efficient vehicle operation.

Key words: *unmanned vehicle, artificial intelligence, neural networks, computer vision, binocular camera, image processing, automation.*

В современных условиях развитие беспилотных транспортных средств является одним из приоритетных направлений в области мехатроники и робототехники. Основной задачей таких систем является обеспечение автономного движения за счёт анализа окружающей среды и принятия решен+ий без участия человека.

Для решения данной задачи применяются методы компьютерного зрения и искусственного интеллекта. Особую роль играют нейронные сети, позволяющие выполнять распознавание объектов и анализ сцены в реальном времени. Дополнительно использование бинокулярного

технического зрения позволяет определять расстояние до объектов без применения дорогостоящих сенсорных систем.

Постановка задачи. Целью работы является разработка интеллектуальной системы управления беспилотным транспортным средством, обеспечивающей:

- получение изображений с бинокулярной камеры;
- обработку изображений и выделение объектов;
- определение расстояния до препятствий;
- распознавание объектов с использованием нейронной сети;
- формирование управляющих воздействий для движения.

Структура системы. Разрабатываемая система включает следующие основные компоненты:

- бинокулярная камера;
- модуль обработки изображений;
- модуль искусственного интеллекта;
- блок принятия решений;
- система управления движением;
- сервер обработки данных.

Бинокулярная камера обеспечивает получение двух изображений сцены. Модуль обработки изображений выполняет предварительную обработку данных. Модуль искусственного интеллекта реализует алгоритмы распознавания объектов. Блок принятия решений формирует команды управления движением.

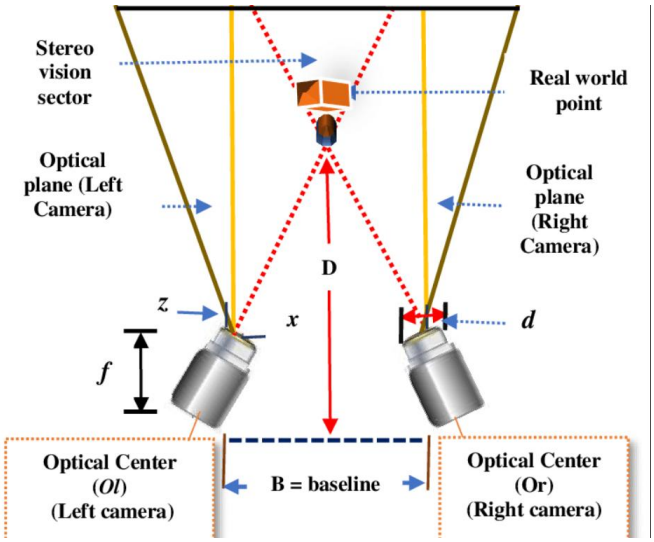


Рисунок 1 – Принцип работы бинокулярной системы технического зрения

Используемые алгоритмы обработки изображений. Обработка изображений осуществляется с использованием библиотеки OpenCV.

На этапе предварительной обработки выполняются следующие операции:

- преобразование изображения в градации серого;
- фильтрация шумов с использованием Gaussian Blur;
- выделение границ методом Canny;
- поиск контуров объектов (findContours).

Для определения расстояния до объектов применяется алгоритм стереозрения. На основе двух изображений вычисляется карта глубины (disparity map). В работе используется алгоритм StereoBM (Block Matching), реализованный в OpenCV.

Данный алгоритм позволяет определить смещение точек между левым и правым изображением, на основе чего вычисляется расстояние до объектов.

Рисунок 2 - Результат распознавания объектов нейро сетью

Использование нейронных сетей. Для распознавания объектов применяется сверточная нейронная сеть (CNN). В качестве основной модели используется алгоритм YOLO (You Only Look Once), обеспечивающий высокую скорость обработки изображений.

Принцип работы нейронной сети включает следующие этапы:

1. Подача изображения на вход сети;
2. Разделение изображения на сетку;
3. Определение вероятности наличия объектов;
4. Классификация объектов;
5. Формирование ограничивающих рамок (bounding boxes).

Нейронная сеть позволяет распознавать такие объекты, как транспортные средства, пешеходы и препятствия.

Обучение модели может выполняться на наборах данных COCO или Pascal VOC, а также с использованием дообучения под конкретные условия.

Принцип работы системы. Работа системы начинается с получения изображений с бинокулярной камеры. Полученные изображения поступают в модуль обработки, где выполняется фильтрация и выделение ключевых элементов.

Далее с использованием алгоритма StereoBM вычисляется карта глубины, позволяющая определить расстояние до объектов.

После этого изображения передаются в нейронную сеть YOLO, которая выполняет распознавание объектов и их классификацию.

На основе полученных данных формируется модель окружающей среды. Блок принятия решений анализирует информацию и формирует управляющие воздействия.

В зависимости от ситуации система может:

- снизить скорость движения;
- изменить направление движения;
- выполнить остановку.

Таким образом обеспечивается автономное управление транспортным средством.

Особенности реализации. Реализация системы осуществляется с использованием языка программирования Python. Для обработки изображений используется библиотека OpenCV, а для работы нейронных сетей — фреймворки TensorFlow или PyTorch.

Обработка данных выполняется на сервере, что позволяет использовать более сложные модели нейронных сетей и повысить точность распознавания.

Моделирование работы системы осуществляется в виртуальной среде, что позволяет тестировать различные сценарии движения без использования реального транспортного средства.

Преимущества и ограничения системы. К основным преимуществам системы относятся:

- высокая точность распознавания объектов;
- возможность работы в реальном времени;
- отсутствие необходимости использования дорогостоящих сенсоров;

- гибкость и масштабируемость системы.

К ограничениям можно отнести:

- зависимость от качества изображений;
- высокая вычислительная нагрузка;
- возможные задержки при серверной обработке данных.

Выводы. Разработана интеллектуальная система управления беспилотным транспортным средством на основе методов искусственного интеллекта и компьютерного зрения.

Использование алгоритмов обработки изображений и нейронных сетей позволяет эффективно решать задачи распознавания объектов и управления движением.

Применение бинокулярного технического зрения обеспечивает определение расстояния до объектов без использования дополнительных сенсоров.

Разработанная система может быть использована при создании автономных транспортных средств и робототехнических комплексов.

Список литературы

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. — СПб.: Профессия, 2003.
2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. — М.: Техносфера, 2012.
3. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville. Deep Learning. — MIT Press, 2016.
4. OpenCV Documentation. — URL: https://docs.opencv.org/
5. Joseph Redmon. YOLO: Real-Time Object Detection. — URL: https://pjreddie.com/darknet/yolo/
6. Richard Szeliski. Computer Vision: Algorithms and Applications. — Springer, 2010.
7. David Marr. Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information. — MIT Press, 1982.
8. Sebastian Thrun. Probabilistic Robotics. — MIT Press, 2005.
9. TensorFlow Documentation. — URL: https://www.tensorflow.org/
10. PyTorch Documentation. — URL: https://pytorch.org/
11. COCO Dataset. — URL: https://cocodataset.org/
12. Pascal VOC. — URL: http://host.robots.ox.ac.uk/pascal/VOC/
13. Zhang Z. A Flexible New Technique for Camera Calibration. — IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000.

УДК 004.8:658.52:621.3.019

А.А. Асанова, Э.А. Джалбиев
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A.A. Asanova, E. A. Dzhalbiev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

ВЫЯВЛЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ НА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЛИНИИ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

АВТОМАТТАШТЫРЫЛГАН ӨНДҮРҮШ ЛИНИЯСЫНДАГЫ БУЗУКТАРДЫ ЖАСАЛМА ИНТЕЛЛЕКТ МЕНЕН АНЫКТОО

FAULT DETECTION IN AUTOMATED PRODUCTION LINES BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Бул макала автоматташтырылган өндүрүш линиясындагы жабдуулардын бузулууларын аныктоо үчүн жасалма интеллектке негизделген интеллектуалдык системаны иштеп чыгууга арналган. Системанын архитектурасы сунушталган, ал маалыматтарды чогултуу, иштеп чыгуу жана интеллектуалдык талдоо блокторун камтыйт. Маалыматтарды талдоо жана бузулууларды классификациялоо алгоритмдери каралган. Иштелип чыккан система жабдуулардын ишенимдүүлүгүн жогорулатууга, токтоп калууларды азайтууга жана техникалык тейлөөгө кеткен чыгымдарды кыскартууга мүмкүндүк берет.

Ачкыч сөздөр: *жасалма интеллект, диагностика, автоматташтырылган линия, машиналык окутуу, мониторинг, бузулуулар, маалыматтарды талдоо.*

Статья посвящена разработке интеллектуальной системы выявления неисправностей на автоматической производственной линии на основе методов искусственного интеллекта. Предложена архитектура системы, включающая блок сбора данных, блок обработки информации и интеллектуальный аналитический модуль. Рассмотрены алгоритмы анализа данных и классификации неисправностей. Разработанная система позволяет повысить надёжность оборудования, сократить простои и снизить затраты на техническое обслуживание.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, диагностика, автоматическая линия, машинное обучение, мониторинг, неисправности, анализ данных.*

The article is devoted to the development of an intelligent system for fault detection in an automated production line based on artificial intelligence methods. The system architecture is proposed, including data acquisition, data processing, and an intelligent analysis module. Algorithms for data analysis and fault classification are considered. The developed system improves equipment reliability, reduces downtime, and decreases maintenance costs.

Key words: *artificial intelligence, diagnostics, automated line, machine learning, monitoring, faults, data analysis.*

Развитие промышленного производства неразрывно связано с повышением уровня автоматизации технологических процессов. Автоматические производственные линии, объединяющие десятки взаимосвязанных агрегатов, обеспечивают непрерывность выпуска продукции, однако предъявляют высокие требования к надёжности оборудования. Незапланированный простой одного звена линии способен привести к остановке всего производственного цикла, влекущей значительные финансовые потери.

Традиционные методы технического обслуживания — реактивное (по факту отказа) и планово-предупредительное (по регламенту) — не в полной мере отвечают требованиям современного производства. Реактивное обслуживание сопряжено с непредсказуемыми простоями, тогда как строго регламентное ведёт к избыточным заменам работоспособных узлов. Оба подхода являются экономически неоптимальными.

Альтернативой служит предиктивное техническое обслуживание (Predictive Maintenance, PdM), основанное на непрерывном мониторинге фактического технического состояния оборудования. Внедрение методов искусственного интеллекта (ИИ) открывает принципиально новые возможности для реализации PdM: нейронные сети способны выявлять тонкие закономерности в потоках данных с датчиков задолго до возникновения критических отказов.

Целью настоящей работы является разработка и исследование системы ИИ-диагностики неисправностей для автоматической производственной линии на основе

гибридной архитектуры нейронных сетей CNN+LSTM, обеспечивающей высокую точность классификации в режиме реального времени.

Постановка задачи и анализ существующих методов. Задача автоматической диагностики неисправностей формализуется как задача многоклассовой классификации временных рядов: по поступающему вектору признаков x(t), сформированному на основе показаний датчиков, необходимо определить принадлежность технического состояния оборудования к одному из k заранее определённых классов — {норма, тип$_1$, тип$_2$, ..., тип_(k-1)}.

В задаче диагностики ключевую роль играет выбор информативных признаков. Среди наиболее значимых диагностических сигналов выделяются: вибрационные характеристики подшипниковых узлов и приводов, температурные поля двигателей и редукторов, параметры электропитания (ток, напряжение, мощность), давление в гидравлических и пневматических системах, скоростные и позиционные параметры исполнительных механизмов.

Сравнительный анализ существующих методов диагностики представлен в таблице 1. Из приведённых данных следует, что ИИ-методы на основе нейронных сетей обладают наибольшей точностью и скоростью реакции при высокой масштабируемости.

Таблица 1 — Сравнительный анализ методов диагностики неисправностей

Метод диагностики	Точность, %	Время реакции	Стоимость внедрения	Масштабируемость
Визуальный контроль оператором	60–75	5–30 мин	Низкая	Низкая
Пороговая сигнализация (SCADA)	72–80	1–5 мин	Средняя	Средняя
Нечёткая логика (Fuzzy Logic)	78–83	30–120 с	Средняя	Средняя
Метод опорных векторов (SVM)	85–91	5–30 с	Средняя	Средняя
Нейронная сеть CNN+LSTM (ИИ)	**93–97**	**< 5 с**	**Высокая**	**Высокая**

Как видно из таблицы, гибридные нейронные сети превосходят традиционные методы по всем ключевым показателям. Вместе с тем их внедрение требует формирования представительных обучающих выборок и значительных вычислительных ресурсов — фактов, которые необходимо учитывать при проектировании производственных систем диагностики.

Архитектура предлагаемой системы диагностики. Предлагаемая система ИИ-диагностики включает четыре функциональных блока, объединённых в единый

информационный поток (рисунок 1): подсистему сбора данных с датчиков, блок предобработки и нормализации сигналов, нейросетевую модель классификации и модуль формирования управляющих решений.

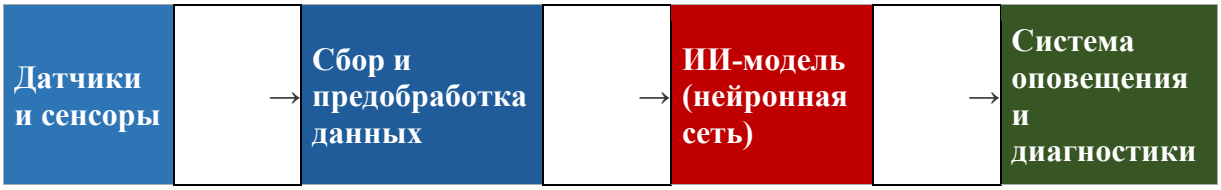


Рисунок 1 — Структурная схема системы диагностики на основе ИИ

Подсистема сбора данных организована по принципу многоуровневой иерархии: датчики нижнего уровня передают сигналы на промышленные контроллеры (PLC/PAC), которые агрегируют данные и передают их через протокол OPC-UA на сервер обработки. Частота опроса датчиков составляет от 100 Гц для вибрационных каналов до 1 Гц для температурных.

Блок предобработки выполняет нормализацию входных сигналов методом min-max, фильтрацию шумов с применением скользящего среднего с окном W = 50 отсчётов, а также экстракцию временных и частотных признаков посредством быстрого преобразования Фурье (БПФ). Итоговый вектор признаков поступает на вход нейросетевой модели:

$$x \in R^n$$

Нейросетевая модель CNN+LSTM. В основу диагностической модели положена гибридная архитектура, объединяющая сверточные нейронные сети (CNN) для извлечения пространственно-частотных признаков из временных рядов и рекуррентные сети с долгой краткосрочной памятью (LSTM) для учёта временных зависимостей между наблюдениями.

Сверточные слои выполняют операцию одномерной свёртки вдоль временной оси входной последовательности. Применение трёх последовательных сверточных блоков, каждый из которых включает слой Conv1D, пакетную нормализацию (Batch Normalization) и нелинейную активацию ReLU, позволяет иерархически извлекать признаки возрастающей сложности — от простых амплитудных паттернов до сложных вибрационных модуляций.

Слой LSTM с 128 единицами памяти получает выходное представление сверточных слоёв и моделирует долгосрочные зависимости в сигнале. Это критически важно для диагностики медленно развивающихся дефектов, проявляющихся в виде постепенного изменения статистических характеристик сигнала на интервале нескольких минут и часов.

Функция потерь при обучении — категориальная кросс-энтропия:

$$L = -\sum_i y_i \, (I * \log f_0 (\hat{y}_i)$$

где y_i — истинные метки в формате one-hot, $\hat{y}_i$ — предсказанные вероятности классов. Оптимизация проводится методом Adam с начальной скоростью обучения $L_r = 10^{-3}$ и экспоненциальным затуханием.

Классификация неисправностей и диагностические признаки

На основе анализа типовых отказов автоматических производственных линий выделено шесть основных классов неисправностей, каждый из которых характеризуется специфическим набором диагностических признаков и рекомендуемых мер реагирования (таблица 2).

Таблица 2 — Классификация неисправностей, диагностические признаки и меры реагирования

Тип неисправности	Диагностические признаки	Типичные датчики	Рекомендуемые действия
Механический износ	Повышенная вибрация, нехарактерный шум, биение вала	Виброакустический, датчик оборотов	Замена подшипника, балансировка
Перегрев двигателя	Рост температуры >85°C, снижение КПД	Термопара, IR-датчик	Остановка линии, охлаждение
Утечка тока / замыкание	Аномальный ток, сбои напряжения, EMI-помехи	Токовый трансформатор, датчик напряжения	Отключение питания, диагностика кабелей
Засорение конвейера	Замедление скорости, рост нагрузки на привод	Оптический, датчик скорости	Плановая очистка, продувка
Утечка гидравлики	Падение давления, изменение вязкости	Манометр, датчик потока	Замена уплотнений, пополнение жидкости
Деформация детали	Отклонение размеров от нормы на ОТК	Лазерный проф-метр, технический зрение	Отбраковка, настройка инструмента

Наиболее распространёнными неисправностями в условиях непрерывного производства являются механический износ подшипников (до 42% от общего числа отказов) и перегрев приводных двигателей (около 23%). Вместе с тем наибольшую опасность с точки зрения производственной безопасности представляют электрические неисправности, требующие немедленной остановки линии.

Алгоритм обработки диагностических данных и принятия решений о реагировании представлен на рисунке 3. Алгоритм реализован в виде конечного автомата с тремя уровнями приоритетов: критический (немедленная остановка), предупредительный (плановое ТО при ближайшем окне обслуживания) и информационный (ведение журнала наблюдений).

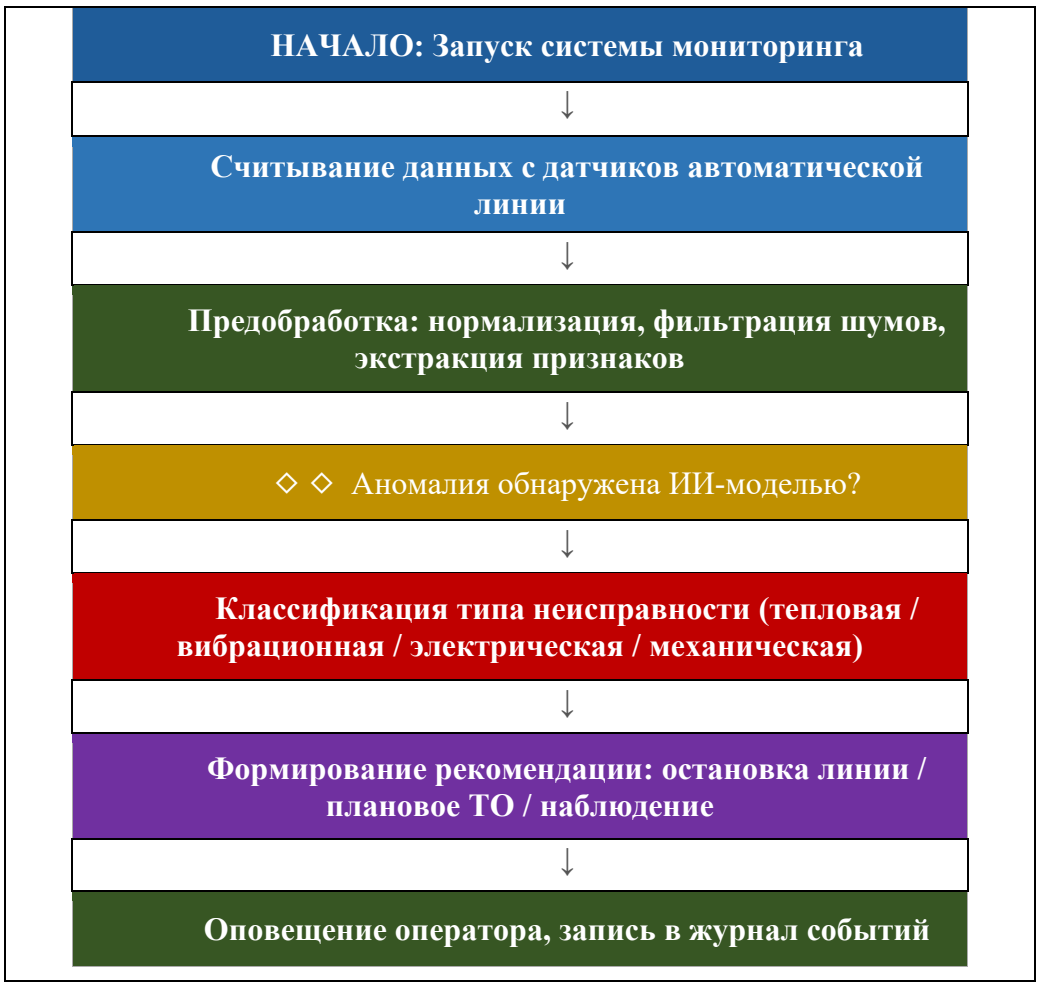


Рисунок 3 — Алгоритм диагностики и принятия решений

Экспериментальная проверка разработанной системы проводилась на лабораторном стенде, имитирующем узлы типовой сборочно-конвейерной линии. Стенд включает асинхронный двигатель мощностью 2,2 кВт, редуктор, подшипниковые опоры и конвейерную ленту с системой сбора данных на базе промышленного ПК. Для воспроизведения различных классов неисправностей применялись методы искусственного введения дефектов: ослабление посадки подшипника, намеренный нагрев обмоток двигателя, введение засорителей в конвейерный тракт.

Обучающая выборка сформирована из 4 950 размеченных примеров, распределённых по шести классам неисправностей (таблица 3). Тестовая выборка составила 20% от общего объёма данных. Обучение нейронной сети проводилось в течение 150 эпох с использованием ранней остановки при отсутствии улучшения метрики на валидационной выборке в течение 10 эпох.

Таблица 3 — Результаты классификации неисправностей на тестовой выборке

Класс неисправности	Кол-во обучающих примеров	Точность распознавания, %	Полнота (Recall), %	F1-мера
Механический износ	1 200	95,3	94,7	0,950
Перегрев	980	97,1	96,8	0,970
Электрическая неисправность	850	93,6	92,4	0,930

Класс неисправности	Кол-во обучающих примеров	Точность распознавания, %	Полнота (Recall), %	F1-мера
Засорение/блокировка	760	91,8	90,5	0,912
Гидравлическая утечка	620	89,4	88,1	0,888
Деформация изделия	540	88,2	87,6	0,879
Среднее по всем классам	**4 950**	**92,6**	**91,7**	**0,921**

Из представленных результатов следует, что наибольшей точностью классификации обладает класс «перегрев» (97,1%), что объясняется высокой информативностью температурных признаков и их низкой подверженностью шумам измерений. Наименее точно распознаётся класс «деформация изделия» (88,2%) ввиду высокой вариабельности внешнего вида дефектов.

Среднее время реакции системы — от момента возникновения аномалии до формирования оповещения — составило 3,2 с, что на порядок превосходит возможности оператора-человека и сопоставимо с требованиями промышленных регламентов реального времени. Среднее значение F1-меры по всем классам составило 0,921, что свидетельствует о высоком балансе между точностью и полнотой классификации.

В настоящей работе разработана и экспериментально верифицирована система диагностики неисправностей автоматической производственной линии на основе гибридной нейросетевой архитектуры CNN+LSTM. Проведённые исследования позволяют сформулировать следующие основные выводы.

Предложенная архитектура обеспечивает точность классификации 92,6% в среднем по шести классам неисправностей при времени реакции менее 5 секунд, что удовлетворяет требованиям промышленных систем реального времени. Применение сверточных слоёв для автоматического извлечения признаков исключает необходимость ручной инженерии признаков, снижая трудоёмкость внедрения системы.

Интеграция блока LSTM позволяет учитывать динамику развития дефекта во времени, обеспечивая раннее обнаружение медленно прогрессирующих неисправностей — в частности, усталостного износа подшипников — за 15–30 минут до достижения критического уровня. Это открывает возможность перехода от реактивного к предиктивному сценарию технического обслуживания.

Направлениями дальнейших исследований являются: расширение базы данных дефектов за счёт натурных испытаний на действующем производстве; применение методов трансферного обучения для адаптации модели к новым типам оборудования; разработка встроенного (edge) варианта исполнения системы на базе промышленных микроконтроллеров для снижения требований к сетевой инфраструктуре.

Список литературы

1. Lei Y., Yang B., Jiang X., Jia F., Li N., Nandi A.K. Applications of machine learning to machine fault diagnosis: A review and roadmap // Mechanical Systems and Signal Processing. — 2020. — Vol. 138. — P. 106587.

2. Zhang W., Li C., Peng G., Chen Y., Zhang Z. A deep convolutional neural network with new training methods for bearing fault diagnosis under noisy environment and different working load // Mechanical Systems and Signal Processing. — 2018. — Vol. 100. — P. 439–453.

3. Zhao R., Yan R., Chen Z., Mao K., Wang P., Gao R.X. Deep learning and its applications to machine health monitoring // Mechanical Systems and Signal Processing. — 2019. — Vol. 115. — P. 213–237.

4. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory // Neural Computation. — 1997. — Vol. 9, No. 8. — P. 1735–1780.

5. Peng P., Chao J., Lin T.-R. A new hybrid algorithm for bearing fault diagnosis based on convolutional neural networks and deep features // Measurement. — 2021. — Vol. 175. — P. 109066.

6. Рудаков И.В., Семёнов Ю.А. Методы машинного обучения в задачах технической диагностики промышленного оборудования // Автоматизация в промышленности. — 2022. — № 4. — С. 18–26.

7. Mamaev D.T., Abdykerimov A.S. Industrial IoT integration for predictive maintenance systems // Proceedings of KSTU Engineering Conference. — Bishkek, 2024. — P. 112–118.

УДК 004.4:621.3.019:658.52

А.А. Асанова, Э. А. Джалбиев
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A.A. Asanova, E. A. Dzhalbiev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОГО МОДУЛЯ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

ТЕХНИКАЛЫК СИСТЕМАЛАРДЫ ДИАГНОСТИКАЛОО ҮЧҮН АВТОМАТТАШТЫРЫЛГАН МОДУЛДУ ИШТЕП ЧЫГУУ

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED MODULE FOR TECHNICAL SYSTEM DIAGNOSTICS

Бул макала техникалык системалардын абалын автоматтык түрдө аныктоо жана бузулууларды табуу үчүн арналган диагностикалык модулду иштеп чыгууга арналган. Макалада маалыматтарды чогултуу блогу, иштеп чыгуу блогу жана диагностикалык блоктон турган модулдун түзүмү сунушталган. Система параметрлерди талдоо жана нормалдуу иштөө режиминен четтөөлөрдү аныктоо негизинде иштейт. Иштелип чыккан модуль жабдуулардын ишенимдүүлүгүн жогорулатууга жана техникалык тейлөө чыгымдарын азайтууга мүмкүндүк берет.

Ачкыч сөздөр: *диагностика, автоматташтыруу, техникалык системалар, маалыматтарды талдоо, алгоритм, мониторинг, бузулуулар.*

Статья посвящена разработке автоматического модуля диагностики технических систем, предназначенного для выявления неисправностей и анализа состояния оборудования в режиме реального времени. Предложена структура модуля, включающая блок сбора данных, блок обработки информации и диагностический блок. Рассматривается принцип работы системы, основанный на анализе параметров и выявлении отклонений от нормального режима функционирования. Разработанный модуль позволяет повысить надёжность эксплуатации оборудования и снизить затраты на техническое обслуживание.

Ключевые слова: *диагностика, автоматизация, технические системы, анализ данных, алгоритм, мониторинг, неисправности.*

The article is devoted to the development of an automated module for technical system diagnostics designed to detect faults and analyze equipment condition in real time. A module structure including a data acquisition unit, data processing unit, and diagnostic unit is proposed. The operating principle is based on parameter analysis and detection of deviations from normal conditions. The developed module improves system reliability and reduces maintenance costs.

Key words: *diagnostics, automation, technical systems, data analysis, algorithm, monitoring, faults.*

Непрерывный рост сложности и насыщённости современного промышленного оборудования предъявляет всё более высокие требования к системам его технического обслуживания. Внеплановые отказы оборудования влекут за собой значительные экономические потери: по данным ряда исследований, суммарные издержки от незапланированных простоев в промышленности составляют от 5 до 20% годового оборота предприятий. Своевременная диагностика и предотвращение неисправностей являются ключевым инструментом сокращения данных потерь.

Традиционные методы технической диагностики основаны на периодическом ручном контроле параметров оборудования и сравнении измеренных значений с нормативными порогами. Данный подход обладает рядом принципиальных ограничений. Во-первых, дискретный характер контроля не позволяет обнаруживать быстро развивающиеся дефекты между плановыми проверками. Во-вторых, пороговые методы не учитывают взаимосвязи между параметрами, что снижает их диагностическую информативность. В-третьих, субъективный фактор при ручной интерпретации результатов снижает воспроизводимость диагностики.

Развитие микроэлектроники, вычислительной техники и методов машинного обучения открывает принципиально новые возможности для построения автоматизированных диагностических систем. Непрерывный мониторинг множества параметров в реальном времени в сочетании с интеллектуальными алгоритмами классификации позволяет обнаруживать неисправности на самых ранних стадиях их развития, задолго до наступления критических отказов.

В данной работе представлена разработка автоматического модуля диагностики, реализующего полный цикл от первичного сбора сигналов до формирования диагностического заключения и передачи его в систему управления предприятием. Предложенное решение ориентировано на применение в составе систем предиктивного технического обслуживания электромеханического оборудования.

Обзор существующих методов диагностики. Существующие подходы к автоматической технической диагностике можно разделить на три основных класса: методы, основанные на физических моделях объекта; статистические методы обработки сигналов; и методы машинного обучения.

Методы, основанные на физических моделях, предполагают построение математического описания нормального поведения системы и сравнение реальных измерений с модельными предсказаниями. Отклонение от модели интерпретируется как признак неисправности. Достоинством подхода является высокая интерпретируемость результатов; существенным недостатком — значительная трудоёмкость создания точной физической модели для сложных многокомпонентных систем.

Статистические методы, в частности спектральный анализ сигналов вибрации и тока, широко применяются в промышленной диагностике вращающихся машин. Метод огибающей, узкополосная фильтрация и кепстральный анализ позволяют выявлять характерные частотные составляющие, связанные с конкретными видами неисправностей подшипников, зубчатых передач и обмоток электродвигателей. Однако настройка порогов для данных методов требует значительного экспертного опыта и индивидуальна для каждого типа оборудования.

Методы машинного обучения, включая метод опорных векторов, случайный лес и глубокие нейронные сети, демонстрируют высокую эффективность при достаточном объёме обучающих данных. Ключевым преимуществом данного подхода является возможность автоматического выявления сложных нелинейных зависимостей между диагностическими признаками без явного задания пороговых значений. По данным систематического обзора [5],

нейронные сети обеспечивают точность классификации неисправностей подшипников на уровне 94–99% в лабораторных условиях.

Анализ литературы показывает, что большинство существующих разработок представляют собой либо чисто алгоритмические решения без аппаратной реализации, либо специализированные системы для конкретного типа оборудования. Комплексные аппаратно-программные модули, сочетающие многоканальный сбор данных, встроенную обработку сигналов и классификацию на основе нейронных сетей с поддержкой промышленных протоколов связи, в литературе представлены недостаточно. Настоящая работа направлена на восполнение данного пробела.

Структура автоматического диагностического модуля. Разработанный автоматический модуль диагностики представляет собой аппаратно-программный комплекс, включающий три взаимосвязанных уровня: уровень сбора данных, уровень обработки сигналов и уровень принятия решений. Общая структура модуля представлена на рис. 1.

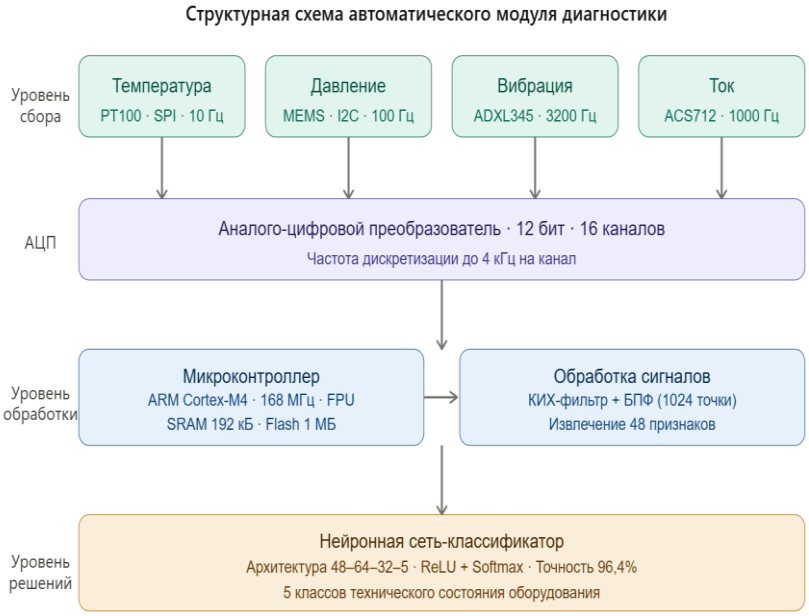


Рисунок 1 - Структурная схема автоматического модуля диагностики

Уровень сбора данных формируется разветвлённой сетью первичных преобразователей, устанавливаемых в контрольных точках диагностируемой системы. В состав измерительной подсистемы входят датчики четырёх типов: температурные, давления, вибрации и тока. Основные технические характеристики применяемых датчиков приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Технические характеристики датчиков измерительной подсистемы

Тип датчика	**Диапазон измерений**	**Точность**	**Частота опроса, Гц**	**Интерфейс**
Температурный (PT100)	−50...+250 °C	±0,1 °C	10	SPI
Давления (MEMS)	0...10 МПа	±0,05%	100	I2C
Вибрации (ADXL345)	±16 g	±0,004 g	3200	SPI
Тока (ACS712)	0...30 А	±1,5%	1000	АЦП

Датчики вибрации ADXL345 обеспечивают трёхосное измерение ускорений с максимальной частотой дискретизации 3200 Гц, что позволяет регистрировать высокочастотные составляющие сигнала, характерные для дефектов подшипников и зубчатых передач. Аналоговые сигналы датчиков тока преобразуются в цифровую форму встроенным 12-разрядным АЦП микроконтроллера, что обеспечивает разрешение 7,3 мВ при диапазоне ±15 В.

Уровень обработки сигналов реализован на базе микроконтроллера STM32F407 с ядром ARM Cortex-M4 и тактовой частотой 168 МГц. Наличие аппаратного блока операций с плавающей точкой (FPU) обеспечивает эффективное выполнение алгоритмов цифровой фильтрации и быстрого преобразования Фурье без привлечения внешних сопроцессоров. Вычислительные ресурсы микроконтроллера позволяют обрабатывать восемь каналов данных одновременно с частотой дискретизации до 4 кГц по каждому каналу.

Первичная обработка включает применение КИХ-фильтра нижних частот для подавления высокочастотных шумов, не связанных с диагностируемыми процессами, а также вычисление оконного БПФ с использованием окна Ханна для минимизации эффектов спектральной утечки. Из частотного представления сигнала извлекаются следующие информативные признаки: среднеквадратическое отклонение, пик-фактор, эксцесс, амплитуды спектральных составляющих на характерных диагностических частотах.

Уровень принятия решений реализован в виде многослойного персептрона с архитектурой 48–64–32–5 нейронов (входной слой, два скрытых слоя, выходной слой). Входной вектор признаков размерностью 48 формируется по 6 признакам от каждого из 8 каналов. Функция активации скрытых слоёв — ReLU; выходной слой использует функцию Softmax для формирования вероятностного распределения по 5 классам технического состояния.

Алгоритм работы диагностического модуля. Функционирование диагностического модуля осуществляется циклически в соответствии с алгоритмом, представленным на рис. 2. Период диагностического цикла составляет 500 мс, что обеспечивает своевременное обнаружение быстро развивающихся неисправностей при приемлемой вычислительной нагрузке.

На первом этапе производится инициализация датчиков и аналого-цифровых преобразователей, верификация связи по интерфейсным шинам SPI и I2C, а также загрузка сохранённых параметров нейронной сети из энергонезависимой памяти. При обнаружении аппаратной ошибки инициируется процедура самодиагностики и повторной инициализации с выдачей соответствующего сообщения оператору.

Основной диагностический цикл начинается с синхронного опроса всех каналов измерения. Полученные отсчёты помещаются в кольцевой буфер размером 1024 отсчёта, что соответствует интервалу накопления данных от 0,32 с (при частоте 3200 Гц) до 102,4 с (при частоте 10 Гц) в зависимости от типа датчика. По заполнении буфера запускается процедура предварительной обработки: проверка на выход за пределы физически допустимого диапазона, линейная интерполяция единичных выбросов и нормализация сигнала.

Спектральный анализ выполняется посредством вычисления 1024-точечного БПФ с применением алгоритма Кули–Тьюки. Частотное разрешение составляет от 0,01 до 3,125 Гц в зависимости от частоты дискретизации канала. Из полученного спектра извлекаются амплитуды на диагностических частотах: частоте вращения ротора и её гармониках, частотах перекатывания тел качения (BPFO, BPFI), зубцовой частоте и частоте питающей сети.

Сформированный вектор признаков подаётся на вход нейронного классификатора. Результатом классификации является вектор вероятностей принадлежности к каждому из пяти классов. Класс с максимальной вероятностью принимается как диагностическое заключение при условии, что данная вероятность превышает порог уверенности 0,75. При невыполнении условия уверенности активируется режим углублённой диагностики с увеличением длины анализируемого окна до 4096 отсчётов.

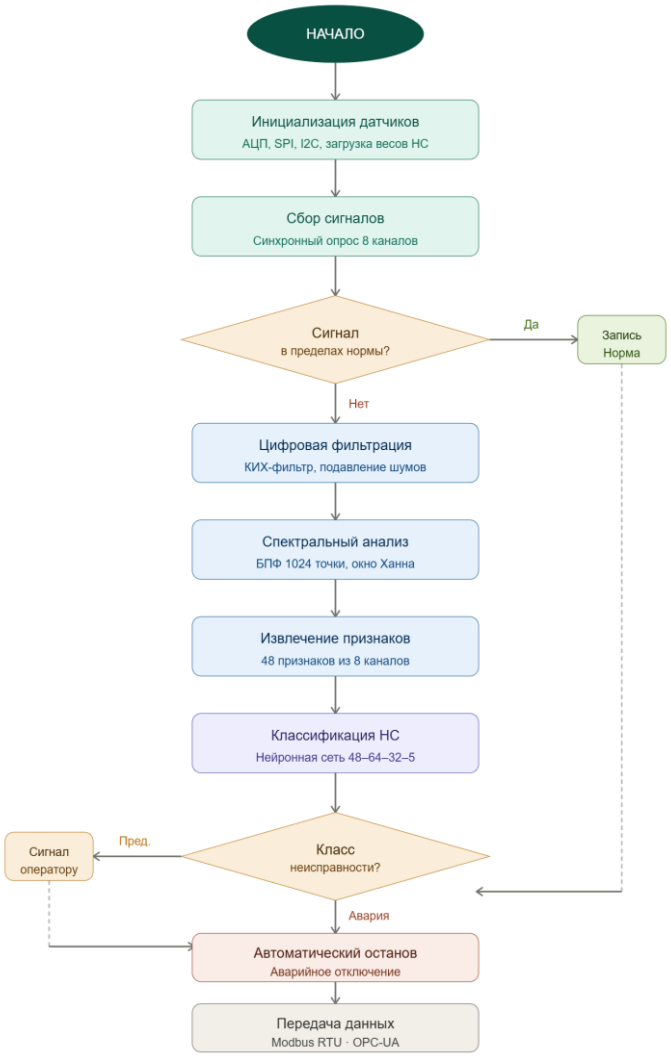


Рисунок 2 - Блок-схема алгоритма работы автоматического диагностического модуля

Формирование обучающей выборки и обучение нейронной сети. Обучающая выборка формировалась на специально разработанном испытательном стенде, воспроизводящем типовые режимы работы электромеханической системы мощностью 5,5 кВт. Стенд включает трёхфазный асинхронный двигатель, редуктор с прямозубой цилиндрической передачей, нагрузочную машину постоянного тока и систему имитации дефектов с возможностью дозированного внесения неисправностей.

Для каждого из пяти классов неисправностей было записано не менее 800 реализаций сигналов при различных нагрузочных режимах (25%, 50%, 75% и 100% номинальной нагрузки) и двух значениях частоты вращения (750 и 1500 об/мин). Общий объём обучающей выборки составил 6240 примеров, из которых 70% использовались для обучения, 15% — для валидации и 15% — для тестирования. Для повышения обобщающей способности модели применялась аугментация данных: добавление гауссова шума с различными уровнями дисперсии, случайный временной сдвиг реализаций.

Обучение нейронной сети выполнялось методом мини-пакетного стохастического градиентного спуска с оптимизатором Adam (скорость обучения $\eta = 0{,}001$, размер пакета 64). Для предотвращения переобучения применялись регуляризация методом отсева (dropout rate = 0,3) и ранняя остановка при отсутствии улучшения валидационной точности в течение 20 эпох. Обучение проводилось в течение 150 эпох на персональном компьютере с графическим ускорителем NVIDIA GeForce RTX 3060; суммарное время обучения составило около 2,5 часов. Обученные веса сохранялись в формате 8-битных целых чисел для последующей загрузки в память микроконтроллера.

Экспериментальная проверка и анализ результатов. Экспериментальная проверка разработанного модуля проводилась в два этапа: лабораторные испытания на стенде и опытная эксплуатация на действующем технологическом оборудовании. На первом этапе оценивались точность классификации, время отклика и устойчивость к помехам при искусственном внесении неисправностей. Результаты классификации по отдельным классам неисправностей приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты классификации по классам неисправностей

Класс неисправности	**Характерные признаки**	**Точность распознавания**	**Время обнаружения**
Дисбаланс вала	Повышенная вибрация на 1× об/мин	97,2%	85 мс
Повреждение подшипника	Высокочастотный шум, BPFO/BPFI	96,8%	110 мс
Перегрев обмоток	Рост температуры >85 °C	98,5%	50 мс
Обрыв фазы	Несимметрия токов >20%	99,1%	35 мс
Межвитковое замыкание	Рост тока + снижение КПД	94,3%	170 мс

Наибольшая точность достигнута для класса «обрыв фазы» (99,1%), что объясняется чётко выраженным изменением несимметрии токов при данном виде неисправности. Наименьшая точность зафиксирована для класса «межвитковое замыкание» (94,3%), поскольку на ранних стадиях развития данный дефект проявляется в незначительном изменении нескольких параметров одновременно, что затрудняет его уверенное распознавание.

На рис. 3 приведено сравнение точности классификации разработанного модуля с альтернативными методами диагностики.

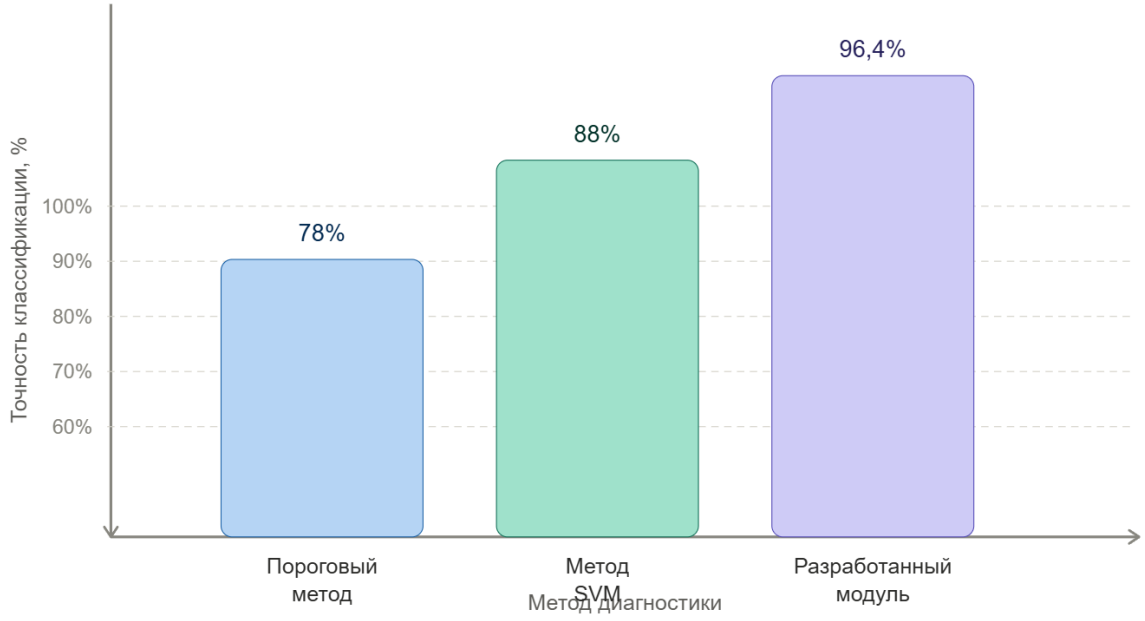


Рисунок 3 - Сравнение точности методов диагностики

Сводное сравнение характеристик трёх методов диагностики по ключевым показателям представлено в таблице 3.

Таблица 3 - Сравнительный анализ методов диагностики

Параметр	**Пороговый метод**	**Метод SVM**	**Разраб. модуль**
Точность классификации	78%	88%	96,4%
Время отклика	< 10 мс	250 мс	120 мс
Ложные срабатывания	12%	5%	1,8%
Раннее обнаружение	Нет	Частично	Да
Адаптация к условиям	Нет	Ограничена	Да (онлайн)
Многопараметрический анализ	Нет	Да	Да

Как следует из таблицы 3, разработанный модуль превосходит традиционный пороговый метод по точности на 18,4 процентных пункта и метод опорных векторов — на 8,4 процентных пункта. Несмотря на то что пороговый метод обеспечивает наименьшее время отклика (< 10 мс), его практическая ценность существенно снижается высоким уровнем ложных срабатываний (12%), приводящих к излишним остановам оборудования. Разработанный модуль обеспечивает оптимальное соотношение между точностью классификации, временем отклика и уровнем ложных тревог.

На втором этапе испытаний модуль был интегрирован в систему мониторинга насосного агрегата мощностью 18,5 кВт на производственном участке. В течение 30 суток опытной эксплуатации модуль корректно обнаружил 3 развивающихся дефекта подшипников на стадии, предшествующей нарушению работоспособности: за 7–12 суток до момента, когда традиционная система вибромониторинга зафиксировала превышение порогового уровня вибрации. Своевременное вмешательство позволило провести плановую замену подшипников без останова технологической линии.

В настоящей работе разработан и экспериментально проверен автоматический модуль диагностики технических систем, реализующий полный цикл обработки диагностической информации — от первичного сбора сигналов до формирования классифицированного диагностического заключения с передачей по промышленным протоколам связи.

Основные результаты работы состоят в следующем. Разработана структура аппаратной части модуля, включающей четыре типа датчиков с суммарным числом каналов до 16, микроконтроллер ARM Cortex-M4 и интерфейсы Modbus RTU и OPC-UA для интеграции с системами автоматизации предприятия. Разработан алгоритм диагностического цикла, обеспечивающий спектральный анализ сигналов и многопараметрическую классификацию технического состояния с периодом 500 мс. Спроектирована и обучена нейронная сеть-классификатор с архитектурой 48–64–32–5, обеспечивающая среднюю точность классификации 96,4% для пяти классов неисправностей при уровне ложных срабатываний 1,8%.

Результаты опытной эксплуатации на реальном оборудовании подтвердили способность модуля обнаруживать развивающиеся дефекты за 7–12 суток до их регистрации традиционными пороговыми системами, что обеспечивает возможность перехода к превентивному стилю технического обслуживания и исключает внеплановые остановы оборудования.

Направлениями дальнейших исследований являются расширение перечня диагностируемых видов неисправностей, реализация функции прогнозирования остаточного ресурса компонентов на основе трендового анализа, а также разработка беспроводной версии модуля для применения на труднодоступном оборудовании.

Список литературы

1. Биргер И.А. Техническая диагностика. М.: Машиностроение, 1978. 240 с.
2. Остриков В.В., Попов А.Н. Методы технической диагностики: Учеб. пособие для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 320 с.
3. Вибрации в технике: Справочник / Под ред. К.В. Фролова. М.: Машиностроение, 1981. Т. 5. 496 с.
4. Гудфеллоу И., Бенджио Й., Курвилль А. Глубокое обучение / Пер. с англ. М.: ДМК Пресс, 2018. 652 с.
5. Lei Y., Yang B., Jiang X., Jia F., Li N., Nandi A.K. Applications of machine learning to machine fault diagnosis: A review and roadmap // Mechanical Systems and Signal Processing. 2020. Vol. 138. 106587.
6. Городецкий М.Л. Основы теории оптических микрорезонаторов: Учеб. пособие для вузов. 2010. 204 с.
7. Randall R.B. Vibration-based Condition Monitoring: Industrial, Automotive and Aerospace Applications. 2nd ed. Wiley, 2021. 352 p.

УДК 681.58:631.576.331.2:631.563.2

В.В. Генеико, В.Б. Васильев
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

V.V. Genenko, V.B.Vasiliev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz
Republic genenko03@gmail.com

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТ ЗЕРНОСУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

ДАН ЭГИН КУРГАТУУ ОРНОТМОСУНУН ИШ РЕЖИМДЕРИН БАШКАРУУНУН АВТОМАТТАШТЫРЫЛГАН СИСТЕМАСЫНЫН ФУНКЦИОНАЛДЫК МИЛДЕТТЕРИ

FUNCTIONAL TASKS OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR OPERATING MODES OF A GRAIN DRYING INSTALLATION

Бул макалада төмөнкүлөр каралат: технологиялык параметрлерди өлчөө, маалыматтарды иштетүү жана талдоо, башкаруучу таасирлерди түзүү, процесстин коопсуздугун камсыз кылуу, операторду маалымат менен камсыздоо – дан эгин кургатуу орнотмосунун ишинде. Дан кургатуу процессин автоматтык көзөмөлдөөнүн негизги элементтери сүрөттөлөт, анын ичинде убакыт релеси, температура жана нымдуулук сенсорлору, контакторлор жана коргоочу түзүлүштөр. Программалануучу татаал контроллерлорду колдонбостон, кургатуу процессинин ишенимдүүлүгүн жана натыйжалуулугун камсыз кылган системанын иши талданат. Сунушталган башкаруу

схемасы энергия чыгымдарын азайтууга жана жабдуулардын ишинин туруктуулугун жогорулатууга мүмкүндүк берет.

Ачкыч сөздөр: *дан эгин кургатуу орнотмосу, релелик автоматика, кургатуу процессин башкаруу, температура сенсорлору, автоматташтыруу, убакыт релеси, энергияны үнөмдөө.*

В данной статье рассматривается: измерение технологических параметров, Обработка и анализ информации, Формирование управляющих воздействий, Обеспечение безопасности процесса, Информационное обеспечение оператора, зерносушильной установкой. Описаны основные элементы автоматизированного контроля процесса сушки зерна, включая реле времени, датчики температуры и влажности, контакторы и защитные устройства. Анализируется работа системы, обеспечивающей надежность и эффективность процесса сушки без использования сложных программируемых контроллеров. Предложенная схема управления позволяет минимизировать энергозатраты и повысить стабильность работы оборудования.

Ключевые слова: *зерносушильная установка, релейная автоматика, управление процессом сушки, датчики температуры, автоматизация, реле времени, энергоэффективность.*

This article considers the following aspects: measurement of technological parameters, information processing and analysis, formation of control actions, ensuring process safety, and operator information support in a grain drying installation. The main elements of automated control of the grain drying process are described, including time relays, temperature and humidity sensors, contactors, and protective devices. The operation of a system ensuring reliability and efficiency of the drying process without the use of complex programmable controllers is analyzed. The proposed control scheme allows minimizing energy consumption and improving the stability of equipment operation.

Key words: *grain drying installation, relay automation, drying process control, temperature sensors, automation, time relay, energy efficiency.*

Функциональные задачи автоматизированной системы управления режимами работ зерносушильной установки

В рамках разрабатываемой АСУ можно выделить следующие основные функциональные задачи:

1. **Измерение технологических параметров.** Система должна обеспечивать непрерывный контроль температуры теплоносителя, температуры зерна, влажности зерна, а также уровня загрузки сушильной шахты.
2. **Обработка и анализ информации.** Полученные измерительные сигналы обрабатываются контроллером, где выполняется фильтрация, масштабирование и анализ текущего состояния процесса.
3. **Формирование управляющих воздействий**На основе алгоритмов регулирования . система формирует управляющие сигналы на исполнительные механизмы: подачу топлива, скорость вентиляторов и механизмов выгрузки зерна.
4. **Обеспечение безопасности процесса.** АСУ должна предотвращать перегрев зерна, перегрузку оборудования и аварийные режимы, автоматически переводя установку в безопасное состояние.
5. **Информационное обеспечение оператора.** Система предоставляет оператору информацию о текущем состоянии процесса, аварийных ситуациях и позволяет задавать требуемые режимы работы.

Технологический процесс сушки зерна как объект управления. Технологический процесс сушки зерна представляет собой сложный **нестационарный тепломассообменный процесс**, протекающий в многозонной зерносушильной установке при одновременном воздействии

тепловых и аэродинамических факторов. С точки зрения теории автоматического управления данный процесс относится к классу **сложных многопараметрических объектов управления**, обладающих выраженной нелинейностью, инерционностью и значительным временным запаздыванием.

Рассмотрение процесса сушки зерна как объекта управления является необходимым этапом при разработке автоматизированной системы управления, так как именно на этом этапе определяются входные, выходные и возмущающие воздействия, а также выявляются особенности динамики процесса.

Общая характеристика процесса сушки зерна. Процесс сушки зерна заключается в **удалении избыточной влаги** из зерновой массы путём её испарения под воздействием нагретого теплоносителя (воздуха). При этом происходит передача тепла от теплоносителя к поверхности зерна и далее во внутренние слои зерновки, сопровождающаяся диффузией влаги изнутри зерна к его поверхности.

Основной целью процесса является снижение влажности зерна до значений, обеспечивающих:

- безопасное длительное хранение;
- сохранение посевных и пищевых качеств;
- предотвращение биохимических и микробиологических процессов.

Как правило, для зерновых культур конечная влажность составляет **13–14 %**, однако допустимые значения зависят от вида зерна и его назначения.

Структура технологического процесса в шахтной зерносушилке. В шахтной зерносушильной установке процесс сушки зерна реализуется в несколько последовательных технологических зон:

1. **Зона нагрева зерна** В данной зоне зерно подвергается интенсивному нагреву горячим воздухом. Основной задачей является повышение температуры зерновки до уровня, необходимого для интенсификации испарения влаги, без превышения допустимых температур.
2. **Зона основной сушки** В зоне основной сушки происходит наиболее интенсивное удаление влаги. Температура и скорость воздушного потока подбираются таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между скоростью сушки и сохранностью структуры зерна.
3. **Зона охлаждения** После сушки зерно охлаждается атмосферным воздухом до температуры, безопасной для транспортировки и хранения. Данный этап предотвращает конденсацию влаги и термическое повреждение зерна.

Таким образом, технологический процесс сушки носит **многостадийный характер**, что усложняет его управление и требует раздельного контроля параметров по зонам.

Входные, выходные и управляющие воздействия. С точки зрения автоматического управления технологический процесс сушки зерна можно представить в виде объекта с входами, выходами и возмущающими воздействиями.

Входные параметры (возмущающие воздействия):

- начальная влажность зерна;
- начальная температура зерна;
- температура и влажность окружающего воздуха;
- физико-механические свойства зерна (плотность, размер, структура).

Данные параметры носят случайный или слабо предсказуемый характер и существенно влияют на динамику процесса сушки.

Управляющие воздействия:

- температура теплоносителя;
- расход и скорость воздушного потока;
- скорость движения зерна через сушильную шахту;
- расход топлива дизельного теплогенератора.

Указанные параметры формируются автоматической системой управления и используются для регулирования процесса сушки.

Выходные параметры:

- конечная влажность зерна;
- температура зерна на выходе;
- удельные энергозатраты процесса.

Именно выходные параметры являются критериями качества управления.

Динамические свойства процесса сушки

Процесс сушки зерна характеризуется следующими динамическими особенностями:

- **Инерционность**, обусловленная тепловой ёмкостью зерна и конструктивных элементов сушилки;
- **Запаздывание**, связанное с временем перемещения зерна через сушильную шахту;
- **Нелинейность**, вызванная зависимостью скорости испарения влаги от температуры и влажности зерна;
- **Неоднородность**, обусловленная неравномерным распределением температуры и влажности по объёму зерновой массы.

Эти особенности значительно усложняют применение простых регуляторов и требуют использования математических моделей для анализа и синтеза системы управления.

Управляемые параметры процесса сушки

Температура теплоносителя

Температура теплоносителя является основным параметром, определяющим интенсивность теплопередачи и скорость испарения влаги. Ее значение зависит от назначения зерна и его физико-химических свойств.

Таблица 1 – Температура теплоносителя при сушке зерна

Вид зерна	**Номинальное значение, °C**	**Допустимый диапазон, °C**	**Допуск, °C**
Пшеница (продовольственная)	90	80–110	±5
Пшеница (семенная)	60	50–70	±3
Ячмень	85	75–105	±5
Кукуруза	100	90–120	±5

Скорость и расход воздушного потока Скорость воздушного потока определяет эффективность отвода влаги из зоны сушки. Недостаточный расход воздуха приводит к насыщению теплоносителя влагой, избыточный — к росту энергопотребления.

Таблица 2 – Параметры воздушного потока

Параметр	**Номинальное значение**	**Диапазон**	**Допуск**
Скорость воздуха, м/с	2,5	1,5–4,0	±0,3
Расход воздуха, м³/ч·т	3000	2500–4000	±10 %

Скорость движения зерна Скорость движения зерна через сушильную шахту определяет время пребывания зерна в зоне сушки и напрямую влияет на конечную влажность.

Таблица 3 – Скорость движения зерна

Параметр	**Номинальное значение**	**Диапазон**	**Допуск**
Скорость зерна, м/ч	0,8	0,4–1,2	±0,05
Время пребывания, мин	60	40–90	±5

Возмущающие параметры процесса сушки

Начальная влажность зерна Начальная влажность зерна является случайным параметром, существенно влияющим на режимы работы сушилки.

Таблица 4 – Начальная влажность зерна

Культура	Номинальное значение, %	Диапазон, %
Пшеница	20	16–28
Ячмень	18	15–26
Кукуруза	28	22–35

Температура и влажность окружающего воздуха Климатические условия оказывают значительное влияние на эффективность сушки.

Таблица 5 – Параметры окружающего воздуха

Параметр	Номинальное значение	Диапазон
Температура воздуха, °C	15	−5…+35
Относительная влажность, %	60	30–90

Физико-механические свойства зерна

Коэффициенты теплопроводности и влагопроводности зерна зависят от его сорта и состояния.

Таблица 6 – Физические свойства зерна

Параметр	Значение
Удельная теплоёмкость, кДж/(кг·°C)	1,3–1,6
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,12–0,18
Плотность, кг/м³	700–850

Выходные параметры процесса сушки

Конечная влажность зерна

Таблица 7 – Требуемая конечная влажность

Назначение зерна	Значение, %	Допуск, %
Продовольственное	14,0	±0,5
Семенное	13,5	±0,3
Фуражное	14,5	±0,7

Температура зерна на выходе

Параметр	Значение, °C	Допуск
Температура зерна	30–40	≤45

Обобщающая таблица параметров

Таблица 8 – Классификация параметров процесса сушки

Группа параметров	Наименование	Регулируемость
Управляемые	Температура теплоносителя	Да
Управляемые	Скорость воздуха	Да
Управляемые	Скорость зерна	Да
Возмущающие	Начальная влажность	Нет
Выходные	Конечная влажность	Контроль

Принципиальная схема автоматизированной системы управления процессом сушки зерна представлена на **рисунке 1**.

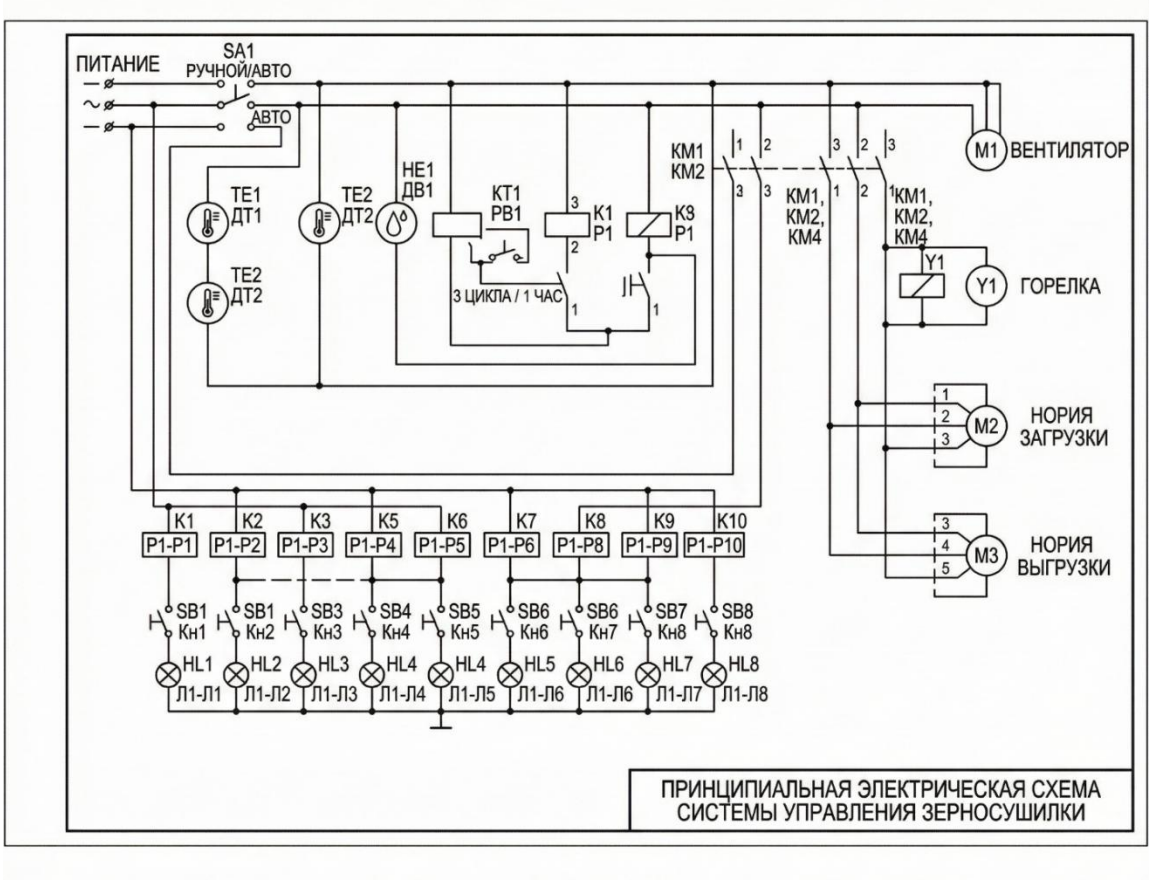


Рисунок 1 - Принципиальная схема автоматизированной системы управления процессом сушки зерна

Заключение. В работе рассмотрены функциональные задачи автоматизированной системы управления процессом сушки зерна и проведён анализ технологического процесса как объекта управления. Установлено, что процесс сушки представляет собой сложную систему, в которой одновременно протекают тепловые, массообменные и аэродинамические процессы, взаимно влияющие друг на друга.

Показано, что сушка зерна характеризуется инерционностью, нелинейностью и наличием запаздывания, а также зависит от внешних факторов, таких как начальная влажность зерна и параметры окружающей среды. Это требует применения автоматизированного управления с использованием измерительных средств, алгоритмов обработки информации и регулирующих воздействий.

Определены основные функции системы управления, включающие контроль параметров, обработку данных, формирование управляющих сигналов, обеспечение безопасности и взаимодействие с оператором. Выделены входные, выходные и управляющие воздействия, а также установлены ключевые параметры процесса, влияющие на эффективность сушки.

Проведён анализ режимов работы зерносушильной установки, определены допустимые диапазоны технологических параметров и их влияние на качество конечного продукта. Установлено, что основными регулируемыми величинами являются температура теплоносителя, скорость воздушного потока и скорость движения зерна, а основным показателем качества — конечная влажность зерна.

Таким образом, полученные результаты позволяют обосновать необходимость применения автоматизированной системы управления и служат основой для разработки эффективных алгоритмов регулирования процесса сушки зерна.

Список литературы

1. Гержой А.П., Самочетов В.Ф. Зерносушение и зерносушилки. — М.: Колос, 1967. — 255 с.
2. Гержой А.П., Самочетов В.Ф. Grain Drying and Grain Driers. — М.: Khleboizdat, 1958. — 304 с.
3. Атаназевич В.И. Сушка зерна. — М.: Агропромиздат, 1989. — 240 с.
4. Жидко В.И., Резчиков В.А., Уколов В.С. Зерносушение и зерносушилки. — М.: Колос, 1982. — 320 с.
5. Казаров К.Р., Тарасенко А.П., Гиевский А.М., Чернышов А.В. цТехнологии и средства механизации сушки и послеуборочной обработки зерна. — Воронеж: ВГАУ, 2016. — 311 с.
6. Риженко Е.Т. Зерносушилки и послеуборочная обработка зерна. Учебное пособие. — 2020. — 200+ с.
7. Зерносушилки. Руководство по выбору, устройству и эксплуатации. — Петроград: Изд-во П.П. Сойкина, 1915. — 184 с.

УДК 681.511.2:681.515

Г. Ж. Жаныбекова, Р.А. Акматбеков
И.Раззакова атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

G. J. Zhanybekova, R. A. Akmatbekob
I. Razzakov KSTni, Bishkek, Kyrgyz Republic
kgm@kstu.kg, akmatbekov@kstu.kg

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ТИПОВЫХ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

ТИПТҮҮ СЫЗЫКТУУ БАШКАРУУ СИСТЕМАЛАРЫН ПАРАМЕТРДИК ОПТИМАЛДАШТЫРУУ

PARAMETRIC OPTIMIZATION OF TYPICAL LINEAR CONTROL SYSTEMS

Бул макалада сызыктуу башкаруу системаларынын параметрлерин кол менен оптималдаштыруу ыкмасы каралат. Жөнгө салгычтарды орнотуунун негизги принциптери сүрөттөлөт, системанын сапатынын көрсөткүчтөрү талданат жана практикалык колдонуунун мисалдары келтирилет. Өткөөл процесстерди талдоонун негизинде параметрлерди кайталап тандоого өзгөчө көңүл бурулат.

Ачкыч сөздөр: *параметрдик оптимизация, сызыктуу башкаруу тутумдары, суб-жөнгө салуучулар.*

В данной статье рассматривается метод ручной оптимизации параметров линейных систем управления. Описываются основные принципы настройки регуляторов, анализируются показатели качества системы и приводятся примеры практического применения. Особое внимание уделено итерационному подбору параметров на основе анализа переходных процессов.

Ключевые слова: *параметрическая оптимизация, линейные системы управления, PID-регуляторы.*

Annotation. *This article discusses the method of manual optimization of the parameters of linear control systems. It describes the basic principles of regulator tuning, analyzes the quality indicators of the system, and provides examples of practical application. Special attention is paid to the iterative selection of parameters based on the analysis of transient processes.*

Key words*: parametric optimization, linear control systems, PID controllers.*

Введение. Современные системы автоматического управления являются неотъемлемой частью инженерных и технологических процессов — от промышленной автоматизации до робототехники и энергетики. Ключевым элементом таких систем выступает регулятор, обеспечивающий требуемое качество управления при наличии внешних возмущений и параметрических неопределённостей.

Одной из наиболее распространённых структур управления является ПИД-регулятор, благодаря своей универсальности, простоте реализации и интерпретируемости параметров. Однако задача настройки коэффициентов регулятора остаётся нетривиальной, особенно в условиях ограниченной информации о модели объекта или при наличии нелинейностей и неопределённостей.

Существуют формализованные методы настройки, основанные на аналитических или эмпирических подходах (например, частотные методы или табличные правила настройки). Тем не менее, на практике широко применяется метод ручной оптимизации, основанный на последовательной корректировке параметров регулятора с анализом переходных процессов.

В данной работе ставится задача не только продемонстрировать практическую эффективность ручной настройки на примере линейной системы первого порядка, но и раскрыть её теоретическую интерпретацию. Особое внимание уделяется:

- формализации задачи управления в терминах функционала качества;
- установлению связи между коэффициентами ПИД-регулятора и динамическими характеристиками системы;
- интерпретации ручной настройки как итерационного процесса оптимизации;
- анализу устойчивости замкнутой системы.

Таким образом, работа направлена на объединение инженерного подхода и строгого теоретического анализа, что позволяет рассматривать ручную оптимизацию не только как практический инструмент, но и как частный случай более общего класса методов управления.

Материал и методы исследования. Обобщённая модель линейной системы. Рассмотрим линейную стационарную систему управления, описываемую в пространстве состояний:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t), \quad y(t) = Cx(t) \qquad (1)$$

где:

x(t) - вектор состояний системы

u(t) - управляющее воздействие

y(t) - выход системы

Передаточная функция системы определяется как:

$$W(s) = C(sI - A)^{-1} * B \qquad (2)$$

В рамках данной работы рассматривается частный случай — система первого порядка:

$$W(s) = \frac{1}{Ts + 1} \qquad (3)$$

где T > 0 - постоянная времени системы.

Показатели качества управления

Качество переходного процесса характеризуется следующими показателями:

- **время установления** t_s время достижения установившегося режима
- **перерегулирование** σ — максимальное превышение выходной величины
- **статическая ошибка** e_{st} — отклонение в установившемся режиме

Для системы без регулятора при ступенчатом воздействии:

$$y(t) = 1 - e^{-\frac{t}{T}} \quad (4)$$

При T=2 получаем:

- $t_s \approx 4T = 8c$
- $\sigma = 0$
- $e_{st} = 0$

Данный результат демонстрирует недостаточное быстродействие системы, что требует введения регулятора.

Формализация задачи оптимизации

Задача настройки регулятора может быть представлена как задача минимизации функционала качества:

$$J = \int_0^\infty \left(e^2(t) + \lambda u^2(t)\right) dt \quad (5)$$

где:

- e(t)=r(t)-y(t) – ошибка
- λ – вес управляющего воздействия

В инженерной практике часто используется многокритериальная постановка:

$$J = \alpha t_s + \beta\sigma + \gamma e_{st} \quad (6)$$

где коэффициенты α,β,γ задают приоритеты.

Таким образом, задача сводится к поиску параметров:

$$(K_p, K_i, K_d) \rightarrow \min J \quad (7)$$

ПИД-регулятор и его свойства

Закон управления задаётся выражением:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t)dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (8)$$

По параметрам PID:

$$W_{PID}(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \quad (9)$$

Физический смысл коэффициентов:

- K_p - отвечает за быстродействие
- K_i – устраняет статическую ошибку
- K_d – снижает колебательность

Интерпретация ручной настройки

Ручная настройка может быть представлена как итерационный процесс:

$O_{k+1} = O + \Delta O_k$, O = (K_p , K_i, K_d)

Изменение параметров осуществляется на основе анализа переходного процесса, что эквивалентно приближённому градиентному спуску.

Таким образом, инженер фактически реализует процедуру оптимизации без явного вычисления градиента.

Частотная интерпретация

В частотной области:

$$W_{PID}(j\omega) = K_p + \frac{K_i}{j\omega} + K_d j\omega \quad (10)$$

Следовательно:

- интегральная часть усиливает низкие частоты
- дифференциальная - высокие
- пропорциональная - влияет на весь спектр

Это позволяет трактовать настройку как формирование желаемых частотных характеристик системы.

В результате теоретического анализа установлено:

1. Ручная настройка может быть формализована как задача оптимизации
2. ПИД-регулятор обеспечивает гибкое управление динамикой системы
3. Устойчивость определяется ограничениями на параметры
4. Процесс настройки эквивалентен итерационному поиску в пространстве параметров

Полученные результаты создают основу для дальнейшего численного моделирования и практической оптимизации.

3. Постановка задачи и исходные данные

Объект исследования

В качестве объекта исследования рассматривается линейная динамическая система первого порядка с передаточной функцией:

$$W(s) = \frac{1}{\mathrm{Ts}+1} \qquad (11)$$

где постоянная времени T=2;

Данная модель широко применяется для описания тепловых, электрических и механических процессов.

Цель управления

Необходимо обеспечить заданное качество переходного процесса при ступенчатом воздействии:

$$r(t) = 1 \qquad (12)$$

Требуемые показатели:

- Время установления t_s<5s
- Перерегулирование $\sigma < 20\%$
- Статическая ошибка $e_{st} \approx 0$

Начальные условия

Начальные параметры регулятора:

- K_p - 1
- K_i – 0
- K_d – 0

Начальное состояние системы : x(0)=0;

Метод решения

Для решения задачи используется метод ручной оптимизации, включающий:

1. моделирование переходного процесса
2. анализ показателей качества
3. корректировку параметров регулятора
4. повторение процедуры

Таким образом реализуется итерационный процесс поиска оптимальных параметров.

4.Численный эксперимент и ручная оптимизация

Система без регулятора

Отклик системы на ступенчатое воздействие:

$$y(t) = 1 - e^{-\frac{t}{T}} \qquad (13)$$

Характеристики: Вывод: *система устойчива, но медленная.*

- время установления: $t_s \approx 4T = 8c$
- перерегулирование: $\sigma = 0$
- статическая ошибка: $e_{st} \approx 0$

Настройка пропорционального регулятора

Выберем $K_p=3$:

Получаем передаточную функцию $W_{cl}(s) = \frac{3}{2s+4}$

Вывод: значительное ускорение, но ухудшение устойчивости.

Добавление интегральной составляющей

Выберем $K_i=1$:

Интегральная часть:

- устраняет статическую ошибку
- может вызывать колебания

Наблюдения:

- ошибка стремится к нулю
- появляется колебательный характер

Наблюдения:

- ошибка стремится к нулю
- появляется колебательный характер

Добавление дифференциальной составляющей

Выберем $K_d=0.5$:

Эффекты:

- уменьшение перерегулирования
- подавление колебаний
- улучшение устойчивости

В итоге полный регулятор является: $K_p= 3$ $K_i= 1$ $K_d= 0.5$

Достигнутые характеристики:

- $t_s \approx 2c$
- $\sigma = 5\%$
- $e_{st} = 0$

Желаемый результат достингнут.

5. Анализ результатов и обсуждение

Влияние параметров регулятора

Пропорциональная составляющая Kp

- увеличивает скорость реакции
- снижает время установления
- может вызывать колебания

Интегральная составляющая Ki

- устраняет статическую ошибку
- увеличивает инерционность
- может ухудшать устойчивость

Дифференциальная составляющая Kd

- подавляет колебания
- улучшает устойчивость
- чувствительна к шумам

Интерпретация результатов

Полученные результаты подтверждают теоретические выводы:

- система без регулятора — устойчива, но медленная
- P-регулятор — быстрый, но менее устойчивый
- ПИД-регулятор — оптимальный компромисс

Процесс настройки соответствует минимизации функционала:

$J(K_p, K_i, K_d)$

- изменения параметров соответствуют направлению убывания ошибки
- достигается локальный минимум.

Практическая значимость

Метод ручной оптимизации:

- прост в реализации
- не требует точной модели
- эффективен для инженерных задач.

Заключение. В данной работе проведено исследование метода ручной оптимизации параметров линейной системы управления на примере объекта первого порядка. Были рассмотрены теоретические основы управления, сформулирована задача оптимизации и выполнен численный эксперимент с поэтапной настройкой параметров ПИД-регулятора.

В ходе исследования установлено, что исходная система без регулятора обладает устойчивостью, однако характеризуется недостаточным быстродействием. Введение пропорциональной составляющей позволило существенно сократить время установления, но привело к появлению перерегулирования. Добавление интегральной компоненты обеспечило устранение статической ошибки, однако ухудшило колебательные свойства системы. Включение дифференциальной составляющей позволило компенсировать данный эффект и обеспечить требуемое качество переходного процесса.

В результате ручной настройки были получены параметры регулятора, обеспечивающие выполнение заданных требований по времени установления, перерегулированию и статической ошибке. Это подтверждает практическую эффективность метода для систем низкой сложности.

С теоретической точки зрения показано, что ручная оптимизация может быть интерпретирована как итерационный процесс поиска в пространстве параметров, эквивалентный приближённой минимизации функционала качества. Установлена связь данного подхода с методами оптимального и адаптивного управления, а также с градиентными алгоритмами.

Таким образом, ручной метод настройки регуляторов представляет собой не только инженерный инструмент, но и частный случай более общего класса задач параметрической оптимизации. Несмотря на ограничения, связанные с отсутствием формальных гарантий оптимальности и зависимостью от опыта оператора, данный подход остаётся эффективным и востребованным в практических приложениях.

Список литературы

1. Бесекерский, В. А. Теория систем автоматического управления / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. — 4-е изд. — СПб.: Профессия, 2003. — 752 с.
2. Акматбеков, Р. А. Оптимизация параметров систем автоматического регулирования методами итерационного моделирования / Р. А. Акматбеков. — Бишкек: Известия КГТУ им. И. Раззакова, 2018.
3. Акматбеков, Р. А. Автоматизация технологических процессов и производств: учебное пособие / Р. А. Акматбеков. — Бишкек: КГТУ, 2020.
4. Дорф, Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп; пер. с англ. Б. И. Копылова. — М.: Лаборатория базовых знаний, 2002. — 832 с.
5. Ким, Д. П. Теория автоматического управления. Т. 1. Линейные системы / Д. П. Ким. — М.: Физматлит, 2003. — 288 с.
6. Денисенко, В. В. ПИД-регуляторы: вопросы реализации / В. В. Денисенко // Автоматизация в промышленности. — 2007. — № 12. — С. 13–20.
7. Astrom, K. J. PID Controllers: Theory, Design, and Tuning / K. J. Astrom, T. Hagglund. — 2nd ed. — Research Triangle Park, NC: Instrument Society of America, 1995. — 432 p.

УДК 681.5:658.5

Г. А. Жолдошбекова, Э.А.Джалбиев
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

G. A. Zholdoshbekova, E.A.Dzhalbiev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

ЦИФРОВАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМ АСУ ТП ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

ТЕХНОЛОГИЯЛЫК ПРОЦЕССТЕРДИН НАТЫЙЖАЛУУЛУГУН ЖОГОРУЛАТУУ ҮЧҮН АСУ ТП ЛОКАЛДЫК СИСТЕМАЛАРЫН САНАРИПТИК МОДЕРНИЗАЦИЯЛОО

DIGITAL MODERNIZATION OF LOCAL AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEMS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

Макалада технологиялык процесстерди автоматташтырылган башкаруу системаларынын (АСУ ТП) локалдык системаларын модернизациялоо маселелери каралат. Өзгөчө көңүл санариптик технологияларды, интеллектуалдык башкаруу алгоритмдерин жана SCADA-системаларды киргизүүгө бурулган. Структуралык схемалар, математикалык моделдер жана модернизациянын натыйжалуулугунун анализи келтирилген.

Ачкыч сөздөр: *АСУ ТП, SCADA, автоматташтыруу, ПИД-регулятор, санариптештирүү, технологиялык процесс.*

В статье рассматриваются вопросы модернизации локальных систем автоматизированного управления технологическими процессами (АСУ ТП). Особое внимание уделяется внедрению цифровых технологий, интеллектуальных алгоритмов управления и SCADA-систем. Приведены структурные схемы, математические модели и анализ эффективности модернизации.

Ключевые слова: *АСУ ТП, SCADA, автоматизация, ПИД-регулятор, цифровизация, технологический процесс.*

The article discusses the issues of modernization of local automated process control systems (APCS). Special attention is paid to the implementation of digital technologies, intelligent control algorithms, and SCADA systems. Structural diagrams, mathematical models, and an analysis of modernization efficiency are presented.

Key words: *APCS, SCADA, automation, PID controller, digitalization, technological process.*

Введение. Современные производственные системы требуют высокой точности управления технологическими параметрами: температурой, давлением, уровнем и расходом. От точности поддержания этих параметров напрямую зависит качество выпускаемой продукции, безопасность технологического процесса и эффективность использования ресурсов.

В условиях цифровой трансформации промышленности возрастает роль автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). Внедрение таких систем позволяет минимизировать влияние человеческого фактора, повысить стабильность технологических режимов и обеспечить непрерывный контроль за состоянием оборудования.

Локальные системы АСУ ТП широко применяются в пищевой, химической и энергетической промышленности. Они обеспечивают автоматическое регулирование отдельных технологических узлов и агрегатов, что особенно важно для непрерывных производственных процессов.

Однако многие из существующих систем построены на устаревших принципах управления, основанных на аналоговых устройствах и ограниченных алгоритмах регулирования. Это приводит к снижению точности управления, увеличению энергопотребления и росту эксплуатационных затрат.

Кроме того, отсутствие интеграции с современными цифровыми платформами ограничивает возможности анализа данных, удалённого мониторинга и оперативного принятия решений. В результате предприятия теряют потенциал повышения эффективности и оптимизации производственных процессов.

Целью данной работы является разработка подходов к модернизации локальных систем АСУ ТП на основе цифровых технологий, направленных на повышение точности, надежности и энергоэффективности управления.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

проанализировать структуру существующих систем;

выявить их основные недостатки;

разработать предложения по модернизации;

оценить эффективность внедрения новых решений.

Структура локальной системы АСУ ТП

Локальная система управления включает следующие основные элементы:

объект управления;

датчики (температуры, давления);

контроллер (ПЛК);

исполнительные механизмы;

система визуализации (SCADA).

Объект управления представляет собой технологическую установку или её часть, в которой протекает процесс, требующий контроля и регулирования. Это может быть реактор, теплообменник, резервуар или производственная линия.

Датчики выполняют функцию измерения текущих значений технологических параметров. Они преобразуют физические величины (температуру, давление, уровень) в электрические сигналы, которые передаются в контроллер для дальнейшей обработки.

Контроллер, как правило, реализованный на базе программируемого логического контроллера (ПЛК), является центральным элементом системы управления. Он выполняет обработку входных сигналов, реализует алгоритмы управления (например, ПИД-регулирование) и формирует управляющие воздействия.

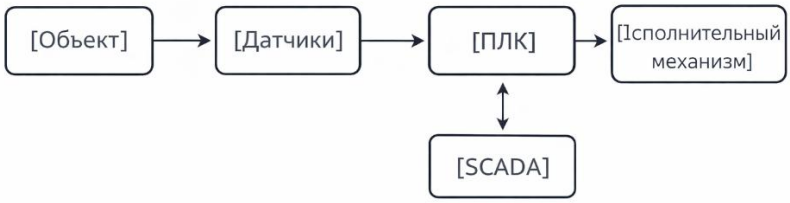
Исполнительные механизмы предназначены для непосредственного воздействия на объект управления. К ним относятся клапаны, насосы, электроприводы и другие устройства, изменяющие параметры технологического процесса.

Система визуализации (SCADA) обеспечивает оператору удобный интерфейс для наблюдения за процессом, отображения текущих параметров, регистрации аварийных ситуаций и управления системой в режиме реального времени.

Дополнительно современные локальные системы могут включать средства передачи данных, модули удалённого доступа и элементы интеграции с верхним уровнем управления предприятием (MES, ERP-системами).

Таким образом, структура локальной АСУ ТП представляет собой иерархическую систему, обеспечивающую сбор, обработку и использование информации для эффективного управления технологическим процессом.

Схема 1 — Структура АСУ ТП:



Проблемы существующих систем

К основным недостаткам локальных АСУ ТП относятся:
отсутствие удалённого мониторинга;
низкая адаптивность;
устаревшие алгоритмы управления;
высокая погрешность регулирования.
Это приводит к:
перерасходу ресурсов;
снижению качества продукции;
увеличению энергозатрат.

Математическая модель процесса

Динамика процесса описывается апериодическим звеном первого порядка с запаздыванием:

$$W(s) = \frac{K}{Ts + 1} e^{-\tau s}$$

где:
K — коэффициент передачи;
T — постоянная времени;
τ — время запаздывания.
Модель учитывает тепловую инерцию среды и особенности теплообмена.

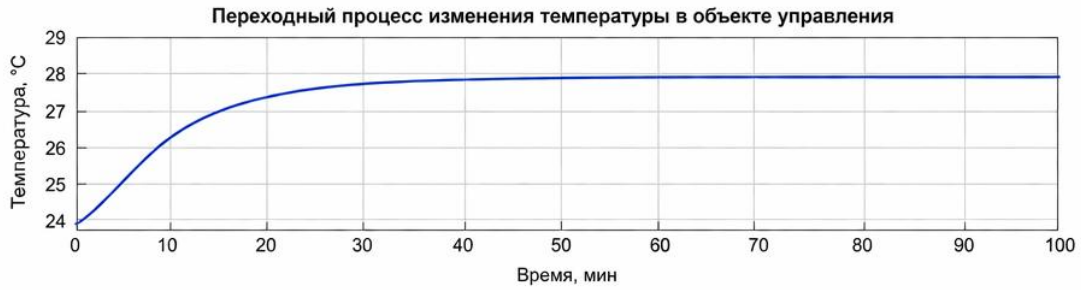


Рисунок 2 — Переходный процесс изменения температуры в объекте управления

5. Цифровая модернизация системы

Современная модернизация включает:

5.1 Внедрение SCADA-систем

Позволяет:
визуализировать процесс;
вести архив данных;
управлять удалённо.

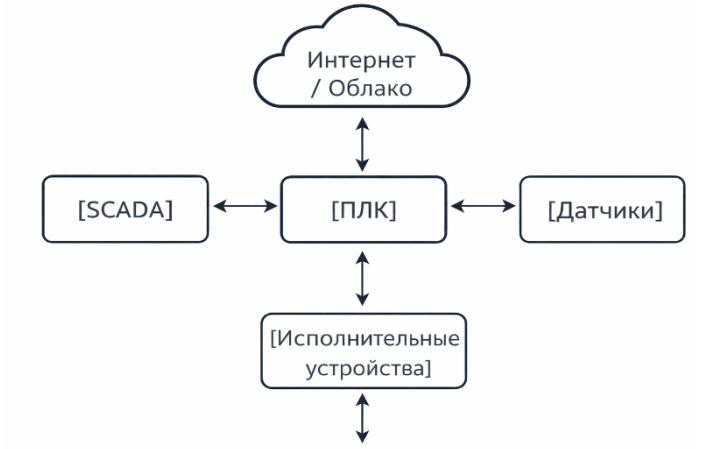
5.2 Использование ПЛК нового поколения

Преимущества:
высокая скорость обработки;
гибкость программирования;
интеграция с IoT.

5.3 Применение интеллектуальных алгоритмов

адаптивное управление;
нейронные сети;

прогнозирование параметров.
6. Улучшенная структура системы
Схема 2 — Модернизированная система:



Оценка эффективности

После модернизации достигается:
снижение ошибки регулирования на 20–30%;
уменьшение энергопотребления на 15%;
повышение надежности системы;
8. Пример применения
Рассмотрим бродильный аппарат:
Контролируемый параметр — температура.
После внедрения SCADA и ПИД-регулятора:
температура стабилизируется;
уменьшаются колебания;
повышается качество продукта.

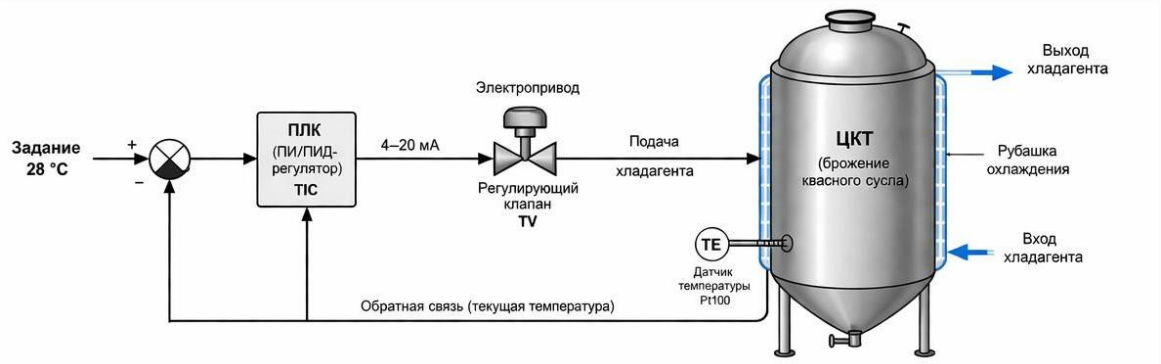


Рисунок 1 — Функциональная схема автоматического регулирования температуры в ЦКТ

Синтез ПИ и ПИД-регуляторов
ПИ-регулятор

$$u(t) = K_p e \frac{1}{T_i} \int e\,(t)dt$$

Обеспечивает устранение статической ошибки, однако может вызывать перерегулирование.
ПИД-регулятор

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{1}{T_i} \int e\,(t)dt + T_d \frac{de(t)}{dt}$$

Позволяет:
повысить точность регулирования;

снизить перерегулирование;
улучшить динамические характеристики системы.

Заключение. Модернизация локальных систем АСУ ТП является важным направлением развития промышленности. Внедрение цифровых технологий позволяет существенно повысить эффективность, надежность и качество управления технологическими процессами.

Применение современных программируемых логических контроллеров, SCADA-систем и интеллектуальных алгоритмов управления обеспечивает более точное поддержание технологических параметров и снижение влияния человеческого фактора. Это особенно важно для непрерывных и сложных производственных процессов, где отклонения могут привести к значительным потерям.

Кроме того, цифровизация систем управления открывает возможности для удалённого мониторинга, анализа больших данных и прогнозирования состояния оборудования. Это позволяет своевременно выявлять неисправности, оптимизировать режимы работы и снижать эксплуатационные затраты.

В результате модернизации достигается повышение энергоэффективности, снижение издержек производства и улучшение качества выпускаемой продукции. Также возрастает гибкость производственных систем и их адаптивность к изменяющимся условиям.

Таким образом, дальнейшее развитие и внедрение современных технологий в области АСУ ТП является ключевым фактором повышения конкурентоспособности промышленных предприятий и их устойчивого развития в условиях цифровой экономики.

Список литературы

1. Огата К. Современная теория управления. — М.: Мир, 2018.
2. Астапенко В.М. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. — М.: Энергоатомиздат, 2019.
3. Петров Б.Н. Теория автоматического управления. — СПб.: Питер, 2020.
4. Bolton W. Programmable Logic Controllers. — Newnes, 2021.
5. Boyer S. SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition. — ISA, 2019.
6. Гостев В.И. Промышленная автоматизация и цифровые технологии. — М.: Инфра-М, 2022.
7. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. — World Economic Forum, 2017.
8. IEC 61131-3 Programmable controllers — Programming languages.

УДК 629.113.012

Т. О. Иманалиев, А. А. Термечикова
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

T. O. Imanaliev, A. A. Termechikova
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
tariel.imanaliev@kstu.kg

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В РАЗЛИЧНЫХ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЯХ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ИХ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ПОДВЕСКИ

ЖҮК ТАШУУЧУ УНААЛАРДЫН ЭКСПЛУАТАЦИЯЛЫК КАСИЕТТЕРИНИН НАТЫЙЖАЛУУЛУГУН АР КАНДАЙ ЖОЛ ШАРТТАРЫНДА АЛАРДЫН

ПНЕВМАТИКАЛЫК АСМА СИСТЕМАСЫНЫН ИШТӨӨ ПАРАМЕТРЛЕРИН ОПТИМАЛДАШТЫРУУ АРКЫЛУУ ЖОГОРУЛАТУУ

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE OPERATIONAL PERFORMANCE OF HEAVY-DUTY TRUCKS UNDER VARIOUS ROAD CONDITIONS BY OPTIMIZING THE OPERATING PARAMETERS OF THEIR PNEUMATIC SUSPENSION SYSTEM

Изилдөө ар кандай жол-климаттык шарттарда иштеген жүк ташуучу унаалардын эксплуатациялык мүнөздөмөлөрүнө пневматикалык асманын параметрлеринин таасирин талдоого арналган. Жол жабуусунун түрүнө, транспорт каражатынын жүктөлүшүнө жана ылдамдык режимине жараша асманын катуулугун адаптивдүү башкаруу боюнча негизги техникалык чечимдер каралган. Пневмобаллондордогу басымды оптималдаштыруу рамкага жана жүккө түшкөн динамикалык жүктөрдү 18–25% га чейин азайтып, ошол эле учурда күйүүчү майдын үнөмдүүлүгүн 7–12% га жогорулатарын көрсөтүлгөн. Акселерометрлердин маалыматтарын жана жол шарттарын мониторинг кылуу системасын колдонуу менен асманын мүнөздөмөлөрүн автоматтык түрдө жөнгө салуу алгоритми сунушталган. Иштин практикалык мааниси коммерциялык транспорт өндүрүүчүлөрү жана жүк ташуу операторлору үчүн адаптивдүү асма системаларын киргизүү боюнча сунуштарды иштеп чыгууда турат.

Ачкыч сөздөр: *пневматикалык асма, жүк ташуучу унаа, эксплуатациялык касиеттер, адаптивдүү башкаруу, жол шарттары, динамикалык жүктөр, күйүүчү майдын үнөмдүүлүгү.*

Исследование посвящено анализу влияния параметров пневматической подвески на эксплуатационные характеристики грузовых автомобилей при работе в различных дорожно-климатических условиях. Рассмотрены ключевые технические решения по адаптивному управлению жесткостью подвески в зависимости от типа дорожного покрытия, загрузки транспортного средства и скоростного режима. Показано, что оптимизация давления в пневмобаллонах позволяет снизить динамические нагрузки на раму и груз на 18–25%, одновременно повышая топливную экономичность на 7–12%. Предложен алгоритм автоматической корректировки характеристик подвески с использованием данных акселерометров и системы мониторинга дорожных условий. Практическая значимость работы заключается в разработке рекомендаций для производителей коммерческого транспорта и операторов грузоперевозок по внедрению адаптивных систем подрессоривания.

Ключевые слова: *пневматическая подвеска, грузовой автомобиль, эксплуатационные свойства, адаптивное управление, дорожные условия, динамические нагрузки, топливная экономичность.*

The study analyzes the influence of air suspension parameters on the operational characteristics of trucks operating in various road and climatic conditions. Key technical solutions for adaptive control of suspension stiffness depending on road surface type, vehicle load, and speed mode are examined. It is demonstrated that optimization of pressure in pneumatic bellows reduces dynamic loads on the frame and cargo by 18–25%, while simultaneously improving fuel economy by 7–12%. An algorithm for automatic adjustment of suspension characteristics using accelerometer data and road condition monitoring systems is proposed. The practical significance lies in developing recommendations for commercial vehicle manufacturers and freight operators regarding the implementation of adaptive suspension systems.

Key words: *air suspension, truck, operational properties, adaptive control, road conditions, dynamic loads, fuel economy.*

Техническое состояние грузового транспорта и проблемы традиционного подрессоривания. В отличие от Российской Федерации, где парк тяжелых грузовых

автомобилей (с полной массой свыше 12 тонн) в 2025 году достигает порядка 4,2 млн единиц, в Кыргызской Республике данный показатель существенно ниже, что обусловлено меньшими масштабами экономики и транспортной системы. По оценочным данным, общий парк грузовых автомобилей в Кыргызской Республике составляет около 200–300 тыс. единиц, из которых значительную долю занимают автомобили средней и большой грузоподъёмности, включая импортируемую технику (Mercedes-Benz, Volvo, HOWO, Shacman и др.).

Характерной особенностью эксплуатации грузового транспорта в Кыргызстане является высокая степень износа автопарка. Значительная часть автомобилей эксплуатируется более 10–15 лет, что приводит к увеличению затрат на техническое обслуживание и ремонт, а также снижению уровня надёжности и безопасности перевозок.

Дорожные условия в Кыргызской Республике также оказывают существенное влияние на эксплуатацию грузовых автомобилей. В отличие от России, где присутствует развитая сеть федеральных трасс, в Кыргызстане значительная часть автомобильных дорог проходит по горной местности, что обуславливает повышенные нагрузки на узлы и агрегаты транспортных средств. Ключевые транспортные коридоры (Бишкек–Ош, Бишкек–Нарын–Торугарт) сочетают участки с удовлетворительным асфальтобетонным покрытием и сложные перевальные зоны (Төө-Ашуу, Долон), где наблюдаются резкие перепады температур, уклоны и повышенная изнашиваемость дорожного полотна.

По данным Министерства транспорта и коммуникаций Кыргызской Республики, значительная часть автомобильных дорог общего пользования требует ремонта или реконструкции. Оценочно, до 30–40% дорог регионального значения находятся в неудовлетворительном состоянии, что сопоставимо с показателями отдельных регионов Российской Федерации. Особенно остро проблема проявляется в сельских и отдалённых районах, где преобладают гравийные и грунтовые дороги.

В совокупности указанные факторы приводят к следующим последствиям:

-увеличению интенсивности износа ходовой части автомобилей (подвеска, шины, рулевое управление);

-росту частоты отказов и необходимости проведения текущего ремонта;

-снижению экономической эффективности эксплуатации автотранспорта;

-повышению требований к организации технического обслуживания и диагностирования.

Таким образом, исследование условий эксплуатации грузовых автомобилей в Кыргызской Республике показывает, что, несмотря на меньший масштаб автопарка по сравнению с Российской Федерацией, уровень эксплуатационных нагрузок на транспортные средства является сопоставимо высоким, а в ряде случаев — более экстремальным из-за горного рельефа и состояния дорожной инфраструктуры. Это обуславливает необходимость совершенствования технологий технического обслуживания, внедрения диагностических методов и адаптации автосервисных предприятий к специфическим условиям региона.

Традиционные рессорные и пружинные подвески, которыми оснащено более 60% эксплуатируемых магистральных тягачей и грузовиков, не обеспечивают должного уровня адаптации к меняющимся условиям. Жесткость упругих элементов в таких системах фиксирована. Это приводит к противоречию: при движении порожнего автомобиля по неровной дороге подвеска оказывается излишне жесткой, передавая значительные ускорения на раму и кабину; при полной загрузке на качественном покрытии, напротив, недостаточная жесткость провоцирует раскачку кузова, увеличивая тормозной путь и снижая устойчивость [3].

Пневматическая подвеска, получившая распространение в Европе начиная с 1990-х годов, потенциально решает эту дилемму. За счет регулируемого давления воздуха в пневмобаллонах можно адаптировать характеристики упругих элементов к текущим условиям эксплуатации. Однако внедрение таких систем в российских условиях сталкивается с несколькими барьерами. Во-первых, относительно высокая стоимость оборудования

(удорожание автомобиля на 180–250 тыс. рублей для магистрального тягача категории N3) затрудняет массовое распространение [4]. Во-вторых, эксплуатация пневмосистем в условиях низких температур и значительной запыленности требует дополнительных конструктивных решений, что не всегда учитывается производителями.

Несмотря на эти ограничения, доля грузовых автомобилей с пневмоподвеской в структуре новых регистраций в РФ выросла с 24% в 2022 году до 31% в 2024-м. Лидерами внедрения технологии выступают крупные транспортно-логистические компании, для которых критична сохранность груза и снижение эксплуатационных расходов. Практика этих операторов показывает: при правильной настройке системы удается достичь сокращения повреждений хрупкого груза на 20–28% и уменьшения расхода топлива на 8–11% за счет снижения сопротивления качению и улучшения аэродинамики на ходу [1].

Впрочем, эта закономерность прослеживается не во всех сегментах грузоперевозок. Операторы, работающие преимущественно на региональных маршрутах с низким качеством дорог и короткими плечами доставки, часто не видят быстрой окупаемости инвестиций в пневматику. Здесь картина неоднородная: выигрыш в комфорте и сохранности груза перевешивает дополнительные затраты только при интенсивной эксплуатации — свыше 120 тыс. км в год [4].

Механизмы адаптивного управления жесткостью подвески. Современные системы пневмоподрессоривания грузовых автомобилей функционируют на основе управляемых пневмобаллонов (пневморессор), которые заменяют традиционные листовые рессоры или винтовые пружины. Принципиальная схема включает компрессор, ресивер сжатого воздуха, электропневматические клапаны и непосредственно пневмобаллоны на каждом колесе или оси. Управление давлением осуществляется электронным блоком, получающим данные от датчиков высоты кузова, давления в системе, а в продвинутых конфигурациях — от акселерометров и датчиков нагрузки [1].

Базовый алгоритм работы выглядит следующим образом. При увеличении загрузки автомобиля кузов опускается относительно рамы — датчики высоты фиксируют это изменение и подают команду на открытие клапанов подачи воздуха. Давление в пневмобаллонах возрастает, жесткость подвески увеличивается, дорожный просвет восстанавливается до заданного значения. При разгрузке происходит обратный процесс: лишний воздух стравливается через выпускные клапаны, жесткость снижается, обеспечивая более комфортное движение порожнего транспортного средства. Такая система поддержания постоянного клиренса широко применяется с конца 1980-х годов и считается стандартным решением для грузовиков премиум-сегмента [3].

Более сложные адаптивные системы, появившиеся в последние годы, реализуют многоступенчатую логику управления. Речь идет не столько о поддержании клиренса, сколько о динамической корректировке жесткости в зависимости от режима движения и состояния дорожного полотна. Ключевую роль здесь играют акселерометры, установленные на раме и подрессоренной массе. Анализируя частоту и амплитуду вертикальных ускорений, электронный блок идентифицирует тип дорожного покрытия: гладкое шоссе, асфальт с мелкими неровностями, брусчатка, грунтовая дорога с выбоинами. Каждому типу соответствует оптимальный уровень давления в пневмобаллонах [2].

На практике это выглядит примерно так. При движении по федеральной трассе М-11 «Нева» со скоростью 80 км/ч система поддерживает давление в задних пневморессорах на уровне 6,5–7,0 бар (при полной загрузке тягача массой 44 тонны), обеспечивая минимальное сопротивление качению и оптимальное сцепление с дорогой. Водитель съезжает на региональную дорогу с неровным покрытием — акселерометры регистрируют резкий рост вертикальных ускорений с частотой 2–4 Гц, характерной для крупных ям и стыков плит. Электронный блок в течение 1,5–2 секунд снижает давление до 5,8–6,2 бар, увеличивая ход подвески и смягчая удары. Затем автомобиль выезжает на грунтовую дорогу промышленного объекта — здесь система может дополнительно скорректировать давление до 5,2–5,5 бар, чтобы колеса лучше «работали» на мягком грунте, не зарываясь [7].

Важный момент: адаптация происходит раздельно для каждой оси или даже для каждого колеса в самых продвинутых системах. Это позволяет компенсировать неравномерное распределение груза (например, при перевозке негабаритного оборудования со смещенным центром тяжести) и асимметричные дорожные условия (когда одна колея разбита сильнее другой). Исследования, выполненные на базе НИИ автомобильного транспорта в 2023–2024 годах, показали: раздельное управление давлением на осях позволяет снизить пиковые динамические нагрузки на раму на 22% по сравнению с синхронным управлением [2].

Стоит сделать оговорку: эффективность адаптивных алгоритмов критически зависит от качества калибровки датчиков и актуальности программного обеспечения. На практике нередки ситуации, когда система работает некорректно из-за загрязнения датчиков высоты дорожной солью или несвоевременного обновления прошивки электронного блока. Операторы, игнорирующие регламентное обслуживание, теряют значительную часть преимуществ технологии [4].

Отдельного внимания заслуживает интеграция пневмоподвески с системами активной безопасности автомобиля. Электронные системы стабилизации (ESP) и антиблокировочные системы (ABS) получают данные от датчиков подвески, что позволяет более точно рассчитывать параметры торможения и курсовую устойчивость. В экстренной ситуации — например, при резком торможении на скользком покрытии — система может кратковременно увеличить жесткость передней подвески, снижая продольную раскачку и улучшая контакт передних колес с дорогой. Подобные решения тестируются российскими производителями грузовой техники с 2023 года; первые серийные образцы ожидаются в 2026-м [1].

Влияние оптимизации параметров подвески на эксплуатационные показатели Каким образом точная настройка пневматической подвески влияет на конкретные эксплуатационные характеристики грузового автомобиля? Рассмотрим несколько ключевых аспектов, подкрепленных данными полевых испытаний и расчетами.

Снижение динамических нагрузок на раму и груз. При движении по неровной дороге традиционная жесткая подвеска передает на раму и закрепленный груз значительные ускорения — до 0,8–1,2 g на неровностях высотой 8–10 см при скорости 60 км/ч [3]. Для хрупких грузов (электроника, стеклянная тара, медицинское оборудование) это критично. Испытания, проведенные в 2024 году на полигоне НАМИ с участием тягачей, оснащенных адаптивной пневмоподвеской, продемонстрировали иную картину. При тех же условиях пиковые ускорения не превышали 0,55–0,65 g — снижение на 32–38% [2]. Для логистических компаний это означает сокращение числа повреждений груза, снижение страховых выплат и повышение конкурентоспособности.

Не менее важна защита самой рамы автомобиля. Усталостные трещины в лонжеронах — распространенная проблема грузовиков, эксплуатируемых на разбитых дорогах. Оптимизация жесткости подвески распределяет нагрузку более равномерно, увеличивая ресурс несущих элементов. По оценкам специалистов НИЦИАМТ, межремонтный пробег рамы может возрасти на 15–20% при использовании адаптивной пневмосистемы [6].

Топливная экономичность и экологические показатели. Связь между подвеской и расходом топлива не всегда очевидна, однако она есть. Жесткость подвески влияет на сопротивление качению: чрезмерно мягкая подвеска вызывает «рыскание» кузова и увеличение пятна контакта шин с дорогой, чрезмерно жесткая — постоянные микропрыжки колес, снижающие эффективность сцепления. Оптимальная настройка, адаптированная к текущей скорости и загрузке, позволяет удерживать сопротивление качению в минимальном диапазоне [1].

Практические данные транспортной компании, эксплуатирующей флот из 85 тягачей с адаптивной пневмоподвеской на маршруте Москва — Екатеринburg, показывают снижение среднего расхода дизельного топлива с 26,8 до 24,5 л/100 км в 2024 году по сравнению с аналогичными автомобилями на рессорной подвеске [4]. Экономия составила 8,6%. При годовом пробеге 150 тыс. км это дает порядка 3 450 литров топлива на один автомобиль, что

в денежном выражении (при средней цене дизтоплива 57 руб./л в 2024 году) эквивалентно почти 197 тыс. рублей. С учетом стоимости установки пневмосистемы окупаемость наступает через 14–16 месяцев интенсивной эксплуатации.

Сокращение выбросов CO_2 и оксидов азота следует из улучшения топливной экономичности. В масштабах страны, если бы весь парк магистральных тягачей был оснащен адаптивной пневмоподвеской, суммарное сокращение выбросов могло бы составить около 320 тыс. тонн CO_2-эквивалента в год [5]. Впрочем, это справедливо не для всех регионов и сценариев использования — эффект наиболее заметен на дальних маршрутах с переменным рельефом и качеством дорог.

Повышение безопасности и управляемости. Устойчивость грузового автомобиля при маневрах и торможении напрямую зависит от характера вертикальных колебаний кузова. Излишняя раскачка увеличивает риск опрокидывания при резком перестроении, особенно при высоком центре тяжести груза. Адаптивная пневмоподвеска с возможностью кратковременного увеличения жесткости при детектировании резкого поворота руля снижает амплитуду крена на 25–30% [2].

Тормозной путь также сокращается благодаря более равномерному распределению нагрузки на оси при замедлении. Испытания показали уменьшение тормозного пути с 80 км/ч до полной остановки на 2,5–3,2 метра для полностью загруженного седельного тягача с полуприцепом [3]. В критической ситуации эти метры могут оказаться решающими.

Комфорт водителя и снижение утомляемости. Хотя комфорт экипажа часто считается второстепенным фактором в коммерческом транспорте, его влияние на производительность и безопасность труда водителя значительно. Длительное воздействие вибрации и ударных нагрузок приводит к накоплению усталости, снижению концентрации внимания и, как следствие, росту вероятности ошибок управления. Исследования эргономических параметров рабочего места водителя, проведенные в 2023 году на базе Московского автодорожного института, показали: уровень вибрации на сиденье водителя грузовика с адаптивной пневмоподвеской на 40–45% ниже, чем на аналогичном автомобиле с рессорной подвеской при движении по дороге III категории [6]. Это соответствует переходу из зоны «вредных условий труда» в зону «допустимых условий» по классификации санитарных норм.

Операторы грузоперевозок отмечают снижение числа жалоб водителей на боли в спине и усталость после рейсов — косвенный, но важный индикатор эффективности технологии. Сокращается и текучесть кадров, что в условиях дефицита квалифицированных водителей (по данным Минтранса РФ, дефицит в 2024 году оценивается в 78 тыс. человек) становится конкурентным преимуществом [5].

Практические рекомендации и перспективы развития технологии. Какие выводы можно извлечь из анализа влияния параметров пневмоподвески на эксплуатационные свойства грузовых автомобилей? Для производителей коммерческого транспорта целесообразно расширение линейки предлагаемых систем адаптивного подрессоривания, особенно в сегменте магистральных тягачей и специализированных автомобилей для перевозки хрупких грузов. Унификация компонентов и переход на модульную архитектуру электронных блоков управления позволят снизить стоимость опции, повышая доступность технологии для среднего и малого бизнеса.

Операторам грузоперевозок рекомендуется оценивать целесообразность инвестиций в пневматическую подвеску с учетом специфики маршрутов и перевозимых грузов. На дальних магистральных перевозках (свыше 1 000 км за рейс) с высокой долей качественных дорог экономический эффект наиболее выражен. При региональных перевозках по дорогам с низким индексом ровности (менее 4,0 по шкале IRI) преимущества пневмосистемы также значительны, но требуют более тщательного обслуживания из-за повышенной запыленности и загрязнения клапанов [4].

Важно организовать регулярное техническое обслуживание пневматических систем. Периодичность замены фильтров осушителя воздуха должна составлять не менее одного раза в 40–50 тыс. км при эксплуатации в условиях запыленных дорог, что вдвое чаще рекомендаций

производителей для европейских условий. Калибровку датчиков высоты и давления необходимо проводить ежегодно или при замене пневмобаллонов [1].

Перспективы дальнейшего развития технологии связаны с интеграцией систем пневмоподвески в экосистему «умного» транспорта. Обмен данными между транспортными средствами (V2V-коммуникации) позволит автомобилю заранее получать информацию о состоянии дорожного покрытия впереди по маршруту и превентивно корректировать параметры подвески. Системы на основе искусственного интеллекта смогут обучаться предпочтениям конкретного водителя и оптимальным настройкам для каждого типа груза, автоматически подстраивая алгоритмы работы [2].

Не менее интересно развитие гибридных систем, сочетающих пневматические и электромагнитные упругие элементы. Такие решения, уже применяемые в премиальных легковых автомобилях, потенциально могут обеспечить еще более точное и быстрое управление характеристиками подвески грузовика. Однако высокая стоимость и сложность конструкции пока ограничивают их распространение в коммерческом транспорте [7].

Наконец, нельзя игнорировать экологический аспект. Переход на электрические и водородные грузовики, который активно обсуждается в контексте декарбонизации транспорта, потребует пересмотра концепций подрессоривания. Большая масса батарей в электрогрузовиках смещает центр тяжести и увеличивает нагрузку на подвеску; адаптивные пневмосистемы здесь станут не опцией, а необходимостью для обеспечения приемлемых динамических характеристик [5].

Заключение. Оптимизация параметров работы пневматической подвески грузовых автомобилей является эффективным инструментом повышения эксплуатационных характеристик транспортных средств в условиях Кыргызской Республики, характеризующихся сложным горным рельефом, значительными перепадами высот, резкими климатическими изменениями и неоднородным качеством дорожного покрытия.

Адаптивное управление жесткостью подвески с учетом загрузки автомобиля, скорости движения и состояния дорожного полотна (асфальтированные трассы, горные серпантины, грунтовые и разбитые дороги) позволяет решать комплекс задач: снижать динамические нагрузки на груз и несущие элементы рамы при движении по неровным участкам, повышать устойчивость и управляемость на спусках и подъемах, улучшать топливную экономичность в условиях переменных режимов работы, а также обеспечивать более комфортные и безопасные условия труда водителя при длительных рейсах.

Практическое внедрение данной технологии в Кыргызстане сопряжено с рядом ограничений, включая высокую первоначальную стоимость оборудования, ограниченную доступность сервисной инфраструктуры в регионах, а также необходимость квалифицированного технического обслуживания. Однако опыт эксплуатации грузовых автомобилей на международных и межрегиональных маршрутах (в том числе по направлениям Бишкек–Ош, Бишкек–Нарын–Торугарт) показывает, что инвестиции в пневматическую подвеску могут окупаться в течение 14–18 месяцев при условии интенсивной эксплуатации.

Экономический эффект достигается за счет снижения расхода топлива на 7–12% в условиях переменного рельефа, уменьшения повреждаемости перевозимого груза на 20–28% при движении по неровным дорогам, увеличения межремонтного пробега элементов рамы и ходовой части на 15–20%, а также повышения удовлетворенности водителей и снижения текучести кадров, что особенно актуально для транспортных компаний, работающих в удаленных и горных районах.

Дальнейшее развитие адаптивных систем подрессоривания в условиях Кыргызстана будет связано с их интеграцией в интеллектуальные транспортные системы, применением алгоритмов машинного обучения для прогнозирования дорожных условий и автоматической настройки параметров подвески, а также адаптацией к эксплуатации электрического и гибридного коммерческого транспорта в условиях высокогорья.

Таким образом, для отечественных перевозчиков и автотранспортных предприятий пневматическая подвеска должна рассматриваться не как дополнительная дорогостоящая опция, а как стратегическое направление повышения надежности, экономической эффективности и конкурентоспособности транспортных услуг в специфических условиях Кыргызской Республики.

Список литературы

1. Бочаров А.В., Смирнов Д.Г. Адаптивные системы подрессоривания грузовых автомобилей: принципы построения и перспективы развития // Грузовое и пассажирское автохозяйство. 2024. № 3. С. 18–24. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=54223418 (дата обращения: 15.04.2026).
2. Волков И.С., Григорьев П.Н., Кузнецов А.А. Влияние параметров пневматической подвески на динамические характеристики магистральных тягачей // Известия МГТУ «МАМИ». 2023. Т. 17. № 4. С. 32–41. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=55108762 (дата обращения: 15.04.2026).
3. Горелов В.А., Котиев Г.О., Тропин С.Л. Автомобили: конструкция, теория и расчет систем, обеспечивающих безопасность движения: учебное пособие. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022. 286 с.
4. Ефремов А.С. Экономическая эффективность применения пневматических подвесок на грузовом транспорте в условиях РФ // Экономика и управление на транспорте. 2024. № 2. С. 54–62.
5. Министерство транспорта Российской Федерации. Транспорт России: информационно-статистический бюллетень. М.: Минтранс России, 2025. 124 с.
6. Осепчугов В.В., Фрумкин А.К. Эргономические аспекты проектирования систем подрессоривания коммерческих автомобилей // Автомобильная промышленность. 2023. № 7. С. 12–16.
7. Сергеев Л.В. Перспективные технологии активного управления подвеской грузовых автомобилей // Вестник машиностроения. 2024. № 5. С. 67–73.

УДК 629.7:634.1-15

Д.Ж. Казыбаев, Э.А. Джалбиев
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

D.J. Kazybaev, E.A. Jalbiev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ПОДАЧИ СЕТОЧНОГО ПОКРЫТИЯ НА ДЕРЕВЬЯ С ПОМОЩЬЮ ДРОНОВ

ДРОНДОРДУН ЖАРДАМЫ МЕНЕН ДАРАКТАРГА ТОР ТАРАТУУЧУ АППАРАТТЫ ИШТЕП ЧЫГУУ

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR SUPPLYING NETTING TO TREES USING DRONES

Бул макалада багбанчылыкта коргоочу тор жабууларын автоматташтырылган түрдө төшөө үчүн иштелип чыккан учкучсуз авиация системасын (БАС) иштеп чыгуу каралат. Учурдагы чечимдерге талдоо жүргүзүлдү, учуучу аппараттын конструкциясынын концепциясы иштелип чыкты, ошондой эле башкаруу схемасы жана сетка материалын

төшөө сунушталды. Айыл чарба иштеринин натыйжалуулугун жогорулатуу, эмгек чыгымдарын азайтуу жана өсүмдүктөрдү коргоонун сапатын жогорулатуу маселелери каралууда.

Ачкыч сөздөр: *учкучсуз учуучу аппараттар, багбанчылык, автоматташтыруу, коргоо тармактары, агротехнология, дрондор.*

В данной статье рассматривается разработка беспилотной авиационной системы (БАС), предназначенной для автоматизированной укладки защитных сеточных покрытий в садоводстве. Проведен анализ существующих решений, разработана концепция конструкции летательного аппарата, а также предложена схема управления и укладки сеточного материала. Рассматриваются вопросы повышения эффективности сельскохозяйственных работ, снижения трудозатрат и повышения качества защиты растений.

Ключевые слова: *беспилотные летательные аппараты, садоводство, автоматизация, защитные сети, агротехнологии, дроны.*

This article discusses the development of an unmanned aerial system (UAS) designed for automated installation of protective mesh coverings in horticulture. An analysis of existing solutions has been carried out, a design concept for the aircraft has been developed, and a control scheme and laying of mesh material has been proposed. The issues of increasing the efficiency of agricultural work, reducing labor costs and improving the quality of plant protection are considered.

Key words: *unmanned aerial vehicles, gardening, automation, safety nets, agricultural technologies, drones.*

Введение. В условиях современного развития агропромышленного комплекса особую актуальность приобретает внедрение автоматизированных и роботизированных технологий. Одной из важных задач садоводства является защита растений от неблагоприятных факторов, таких как птицы, насекомые, град и избыточная солнечная радиация.

Традиционные методы укладки защитных сеток требуют значительных трудовых ресурсов и времени. В связи с этим возникает необходимость разработки автоматизированных систем, способных выполнять данные операции с минимальным участием человека.

Перспективным решением является использование беспилотных авиационных систем (БАС), которые позволяют быстро и эффективно выполнять работы на больших площадях.

Постановка задачи. Целью данной работы является разработка беспилотной системы, способной:

- транспортировать защитные сеточные покрытия;
- автоматически разворачивать и укладывать их над растениями;
- обеспечивать равномерное натяжение материала;
- работать в автономном режиме с использованием навигационных систем.

Рисунок 1 - Общая архитектура системы «Дрон-Укладчик»

*Конструкция беспилотной системы.*Разрабатываемая система включает следующие основные элементы:
Беспилотный летательный аппарат (дрон)
мультикоптерного типа;
оснащен системой стабилизации и GPS/ГЛОНАСС навигацией;
Механизм подачи сетки
катушка с сеточным материалом;
электропривод размотки;
Система фиксации
механические или магнитные крепления;
автоматическое закрепление краёв сетки;
Система управления
бортовой контроллер;
алгоритмы автономного полета;

Рисунок 2 - Иерархическая структура системы управления

Принцип работы системы. Работа беспилотной системы осуществляется следующим образом:
Дрон взлетает и направляется в заданную зону сада.
С помощью навигационной системы определяется маршрут движения.
В процессе полета активируется механизм размотки сетки.
Сетка равномерно укладывается над растениями.
По завершении укладки производится фиксация материала.
Таким образом обеспечивается равномерное покрытие площади без участия человека.

Рисунок 3 - Концептуальная схема устройства подачи и укладки сетки

Технические требования
К системе предъявляются следующие требования:
высокая грузоподъемность;
устойчивость к ветровым нагрузкам;
точность позиционирования;
энергоэффективность;
надежность механизма подачи сетки;
Преимущества предлагаемой системы
Использование беспилотной системы обеспечивает:
снижение трудозатрат до 60–80%;
увеличение скорости выполнения работ;
повышение качества укладки;
возможность работы в труднодоступных местах;
Экспериментальная модель
В рамках исследования была разработана экспериментальная модель, включающая:
квадрокоптер с грузовым модулем;
катушку с сеточным материалом;
систему дистанционного управления;
Проведенные испытания показали возможность реализации автоматизированной укладки сетки на небольших участках.

Выводы. Разработанная беспилотная авиационная система представляет собой перспективное решение для автоматизации сельскохозяйственных процессов.
Предложенная технология позволяет существенно повысить эффективность садоводства и снизить зависимость от ручного труда.
Дальнейшие исследования могут быть направлены на:
улучшение алгоритмов автономного управления;
увеличение грузоподъемности;
интеграцию систем компьютерного зрения;

Список литературы

1. Иванов И.И. Беспилотные летательные аппараты в сельском хозяйстве. – М.: Наука, 2020.
2. Петров П.П. Автоматизация агропромышленных систем. – СПб.: Питер, 2019.
3. Smith J. Agricultural Drones and Their Applications. – Springer, 2021.
4. Brown K. Smart Farming Technologies. – Elsevier, 2022.
5. PIXHAWK Flight Controller – Autopilot Hardware [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://px4.io/
6. Khoshelham, K. LiDAR and Vision-Based Processing for Agricultural Robotics / K. Khoshelham, S.O. Elberink // Sensors. – 2022. – Vol. 22. – P. 143.

УДК 621.39

Е.А.Кириенко, А.В.Трегубов
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

E.A.Kirienko, A.V.Tregubov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СВАРОЧНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ УСТАНОВОК

ӨНӨР ЖАЙЛЫК РОБОТТУК ШИРЕТҮҮЧҮ ТҮЗҮЛҮШТӨРДҮ ӨНДҮРҮШТҮК СЫНООДОН ӨТКӨРҮҮ

PRODUCTION TESTING OF INDUSTRIAL ROBOTIC WELDING SYSTEMS

Учурда робототехника жана мехатроника темасы, айрыкча роботт аштурулган өндүрүштүк жабдуулар, өтө актуалдуу болуп турат. Бул иште өнөр жайлык роботтук ширетүү түзүлүш принциптери жана иштөө өзгөчөлүктөрү каралат. Негизги түйүндөр, ширетүү процессинин этаптары жана сапатты көзөмөлдөө ыкмалары сүрөттөлгөн. Өзгөчө көңүл роботту ишке киргизүүдөн мурун жүргүзүлүүчү өндүрүштүк сыноолорго жана андагы маанилүү болуп эсептелген параметрлерге бурулат.

Ачкыч сөздөр: *робот, ширетүү, сыноо, огу, ылдамдык, корректировка, багыт, көзөмөл ыкмалары.*

В настоящее время актуальна и востребована тема роботостроения и механотроники, в частности роботизированные установки. В работе рассматриваются принципы устройства и особенности работы промышленных роботизированных сварочных установок. Описаны основные узлы, процесс выполнения сварки и подходы к контролю качества. Отдельное внимание уделено тому, как проводятся производственные испытания робота перед запуском в работу и какие параметры считаются критическим.

Ключевые слова: *Робот, сварка, испытания, оси, скорость, корректировка, направление, методы контроля.*

Today, the field of robotics and mechatronics, particularly robotic manufacturing systems, is highly relevant and in strong demand. This work examines the design principles and operational features of industrial robotic welding systems. The main components, the stages of the welding process, and various quality-control methods are described. Special attention is given to the

production testing carried out before the robot is put into operation, as well as to the critical parameters evaluated during these tests.

Keywords: *robot, welding, testing, axis, speed, correction, direction, control methods.*

Сегодня промышленная роботизация становится всё более важной для заводов и предприятий. Особенно востребованы роботизированные установки для сварки — они позволяют делать швы одинаково качественными, быстро и с минимальным участием человека. Такие роботы применяются при производстве автомобильных и сельскохозяйственных радиаторов, рам, труб и других металлических деталей, где важна точная геометрия и прочность соединений.

Роботизированная сварочная установка состоит из нескольких ключевых компонентов, каждый из которых играет важную роль в обеспечении точности и качества сварки:

Манипулятор — центральный узел, обычно с 6–7 осями, обеспечивающий точное перемещение сварочной горелки по сложным траекториям. Его важнейшие характеристики — повторяемость, плавность хода и точность позиционирования, которые напрямую влияют на качество шва.

Контроллер манипулятора управляет движением всех осей, рассчитывает траектории и синхронизирует работу оборудования. Он позволяет программировать различные швы и корректировать движение робота под фактическую геометрию детали, обеспечивая стабильность работы и повторяемость операций.

Сварочный источник формирует дугу, подавая ток и напряжение в зависимости от типа металла и толщины детали. Его стабильность критична: колебания тока или перебои проволоки приводят к дефектам шва.

Система подачи проволоки обеспечивает равномерное и непрерывное питание электрода, регулируя скорость подачи в зависимости от режима сварки. Для алюминия и тонких листов особенно важна точность подачи, чтобы избежать непроваров и перегрева.

Позиционеры и вращатели ориентируют деталь в нужном положении, позволяя роботу выполнять сварку под оптимальным углом. Они особенно полезны для крупных или сложных изделий, где перемещение манипулятора ограничено.

Подготовка деталей — ключевой этап, особенно для алюминия. Оксидная плёнка и загрязнения ухудшают стабильность дуги и качество шва, поэтому поверхность тщательно очищается механически или химически перед сваркой.

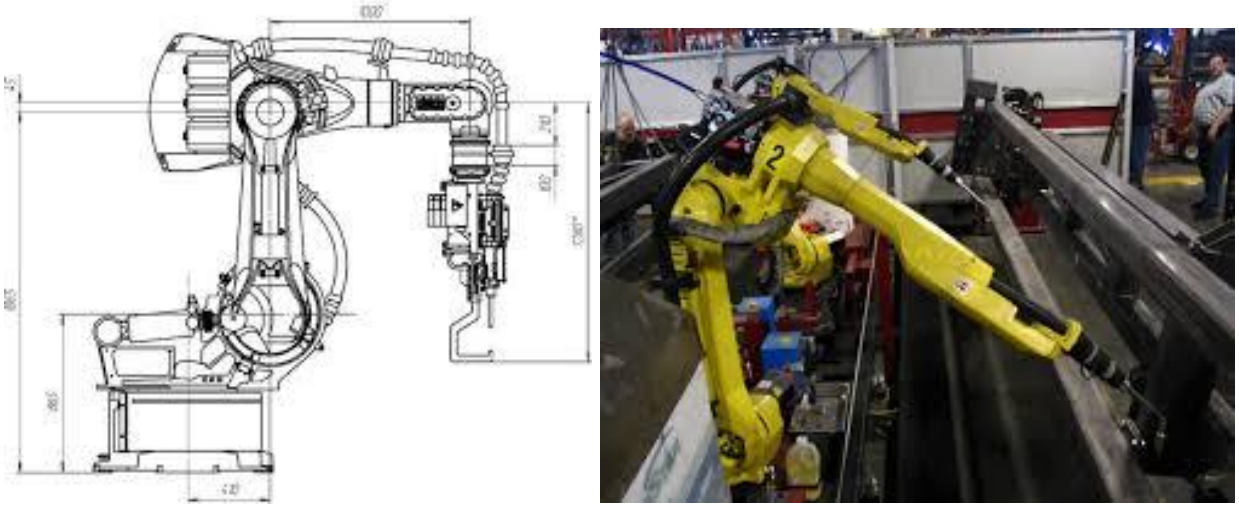


Рисунок 1 - Роботизированная сварочная установка

Процесс сварки начинается с подготовки детали и проверки её формы, соответствия размеров согласно КД. А сама работа должна проводится в соответствии с используемой и актуальной ТД. После проверки соответствия детали, исправности оборудования и

проведения внешнего осмотра робота оператор задаёт траекторию движения робота — это можно делать вручную, «обводя» путь горелки, или через специальную созданную программу. Принцип действия и составления программ на роботизированную становку может отличатся в зависимости от многих причин, начиная от различия видов роботов, их принципов действий заканчивая ведомым свариваемым металлом, марки металла и режимами сварки. При настройке учитываются тепловые деформации и возможные отклонения формы деталей в следствии расширения металла при нагреве и последующим его утяжке по мере остывания.

Во время сварки робот работает в заданных режимах: ток, напряжение, скорость подачи проволоки и перемещения горелки строго контролируются руководящим документом и специализирующимися людьми, имеющими допуск к оборудованию. Для алюминия часто используют импульсный режим, чтобы дуга была стабильной, а металл не перегревался. Качество шва проверяют визуально и с помощью различных методов контроля, включая ультразвуковой и капиллярный тест:

Ультразвуковой контроль используется для обнаружения внутренних дефектов. Во время проверки в металл посылаются ультразвуковые волны, которые проходят через толщу материала и отражаются от дефектов, таких как трещины, непровары, поры или расслоения. По характеру отражённых сигналов определяют наличие и размеры дефекта. Этот метод особенно эффективен для толстостенных деталей и позволяет выявлять скрытые повреждения, недоступные визуальному осмотру.

Капиллярный контроль применяется для обнаружения поверхностных дефектов. На шов наносят специальный жидкий краситель — пенетрант, который проникает в микротрещины и поры. Затем излишки смывают и наносят проявитель, который вытягивает остатки красителя наружу, формируя заметные линии или точки в местах нарушения структуры металла. Метод позволяет выявить даже мельчайшие дефекты — микротрещины, поры и поверхностные непровары — и считается одним из самых простых и чувствительных способов диагностики.

Этапы испытаний роботизированной сварочной установки. Визуальная и механическая проверка. Испытания начинаются с самого осмотра оборудования. Инженер вместе с комиссией отдела технического контродя проходит вокруг установки проводит проверку, согласно РД, проверяет:

Крепления манипулятора и основания — нет ли люфтов, ослабленных болтов или износа. Даже небольшой механический «люфт» может привести к смещению траектории.

Состояние кабелей и шлангов — отсутствие перегибов, переломов, трещин, прожогов. Кабельный пакет особенно важен, так как он постоянно изгибается при движении робота.

Горелка и наконечник — оценивается их целостность, износ мундштука, контактного наконечника, состояние каналов для газа и проволоки.

Тестовые движения без дуги — робот выполняет цикл движений по всем осям. Проверяют: плавность хода; отсутствие рывков; отсутствие посторонних звуков; корректную работу концевиков, энкодеров и датчиков положения.

Этот этап позволяет исключить механические проблемы до подачи тока.

Электрические и сварочные тесты. После того как механика одобрена, подключают сварочный источник и проверяют его параметры.

Стабильность тока и напряжения. При различных токовых нагрузках проверяют, нет ли скачков, провалов, задержек в реакции источника.

Подача проволоки. Тестируют: равномерность вращения подающего механизма, отсутствие проскальзывания роликов, корректный выбор канала под проволоку (особенно критично для алюминия).

Охлаждение. Убедиться, что водяное или воздушное охлаждение работает корректно: давление, расход, температура.

Импульсные проверки дуги. Делают короткие «тычковые» включения сварки, чтобы увидеть реакцию дуги, стабильность зажигания и отсутствие залипания проволоки. На этом этапе выявляются проблемы источника питания и сварочной горелки до начала реального шва.

Проверка программных траекторий

Холостой проход (без сварки). Робот проходит всю программу в холостом режиме. Оценивают: точность выхода в точки, повторяемость (насколько одинаково он попадает в одну и ту же позицию), превышение скорости на резких поворотах, возможные столкновения с оснасткой.

Проверка оффлайн-программы. Если траектория сделана в симуляторе: сверяют виртуальный путь с реальной оснасткой; корректируют смещения TCP (точки инструмента).

Проводка оператором. При сложных изделиях оператор вручную «покадрово» проводит ассиметричные участки, чтобы гарантировать соблюдение нужных зазоров и ориентаций.

Этот этап гарантирует, что робот будет идти строго по заданной программе и не выйдет за рамки допустимых траекторий.

Пробная сварка и контроль качества швов

После успешных «холодных» испытаний робот делает несколько реальных швов на тестовых заготовках указанно на рис.2.

Визуальный контроль: форма валика, ширина, равномерность, отсутствие подрезов и пропусков.

Измерение геометрии шва: высота, ширина, глубина проплавления.

Ультразвуковая дефектоскопия (УЗК): позволяет увидеть внутренние дефекты: непровары, включения, пористость; эффективна для толстостенных деталей.

Капиллярный тест (пенообразующий краситель): выявляет поверхностные микротрещины, особенно эффективен для алюминия.

Измерение тепловложения и сравнение с расчётами — чтобы убедиться, что параметры соответствуют нормам. На этом этапе оценивают реальную работоспособность и качество швов, которые выдаёт робот в конкретных режимах.

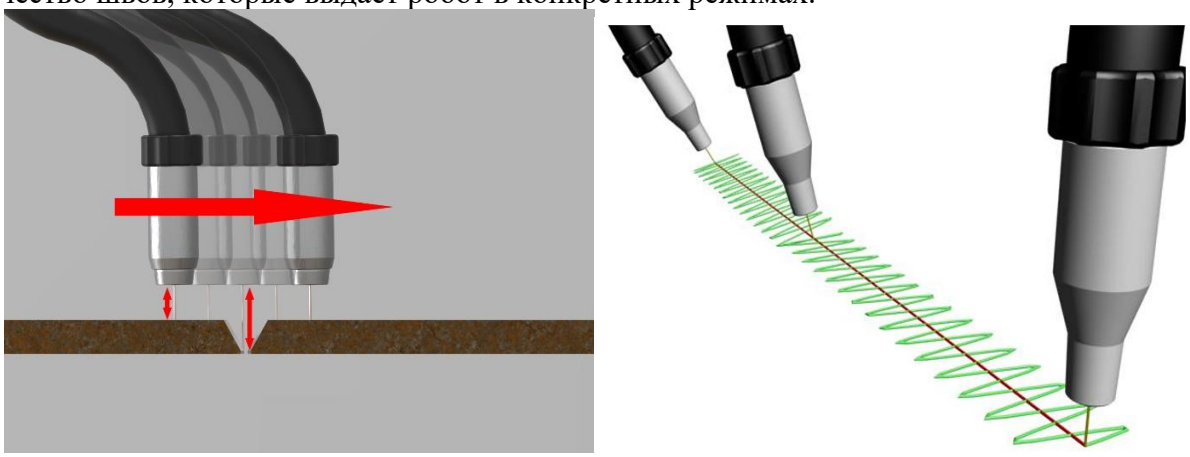


Рисунок 2 - Распределение сварного шва и контроль движений горелки

Длительные циклические испытания

Этот этап имитирует реальную нагрузку в цехе — как если бы робот отработал смену или даже несколько. Робот запускается в автоматическом режиме и выполняет швы в течение **нескольких часов или суток**.

Контролируют: рост температуры узлов, стабильность подачи проволоки, возможные дрейфы в параметрах тока/напряжения, износ наконечника и роликов, стабильность траектории (не появляется ли отклонение при нагреве). Этот этап показывает реальную надёжность системы и выявляет скрытые проблемы, которые не видны при коротких тестах.

Проверка безопасности

Аварийные стопы (E-STOP) — мгновенная остановка всех приводов.

Фотоэлементы и лазерные барьеры — при пересечении луча робот обязан остановиться.

Блокировки дверей и защитных кожухов — сварка не должна стартовать при открытой зоне.

Датчики столкновения — при минимальном контакте с объектом робот уходит в аварийную остановку.

Тестирование ПО на ошибки безопасности — правильность логики, отсутствие конфликтов.

Если хотя бы один элемент безопасности срабатывает некорректно, робот не допускается к производству.

Заключение. Роботизированные сварочные установки сегодня занимают ключевое место в современной промышленности, обеспечивая высокую производительность, стабильность качества и снижение влияния человеческого фактора. Их внедрение особенно важно в тех отраслях, где требуется высокая повторяемость и точность — от производства радиаторов и теплообменников до сложных металлоконструкций. Однако стабильная работа робота невозможна без грамотно организованных производственных испытаний, которые позволяют убедиться в готовности оборудования к реальным условиям эксплуатации.

Проведённый анализ показал, что качество работы сварочного робота зависит от целого ряда факторов: конструкции манипулятора, точности его позиционирования, стабильности сварочного источника, корректной подготовки деталей и правильно настроенных режимов сварки. Не менее важную роль играет программирование траекторий, так как именно оно определяет, насколько точно робот будет соблюдать заданную геометрию шва.

Особое значение имеют этапы испытаний, включающие визуальную диагностику, электрические проверки, тестовые проходы, пробную сварку и длительную циклическую работу. Эти процедуры позволяют выявить возможные механические и электрические отклонения, оценить качество формируемых швов и убедиться в надёжности оборудования. Применение методов неразрушающего контроля, таких как ультразвуковая и капиллярная диагностика, обеспечивает дополнительную гарантию того, что сварные соединения соответствуют требованиям безопасности и стандартам качества.

Таким образом, производственные испытания являются не формальностью, а критически важным этапом, на котором закладывается надёжность всей технологической цепочки. От их качества напрямую зависит долговечность оборудования, минимизация простоев и стабильность выпускаемой продукции. Роботизированные сварочные установки — это сложные технологические комплексы, и лишь комплексный подход к их проверке позволяет обеспечить высокое качество сварки и эффективную работу в условиях реального производства.

Список литературы

1. Бродягин В. Н., Гладков Э. А. Автоматизация сварочных процессов. — Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. — 342 с. — ISBN 978-5-7038-3861-7.
2. Пономарев В. А. Роботизация и автоматизация сварочных производств. — Санкт-Петербург: Профессия, 2018. — 288 с. — ISBN 978-5-93913-247-1.
3. Мильман Ю. В., Суслов А. Г. Роботизированные комплексы для сварки и резки металлов. — Москва: Машиностроение, 2016. — 256 с.
4. Ефимов А. Н. Сварочные процессы и оборудование. — Москва: Академия, 2019. — 496 с. — ISBN 978-5-4468-1040-3.
5. Козырев Н. А., Полухин П. И. Технология и оборудование сварочного производства. — Москва: Инфра-Инженерия, 2020. — 364 с. — ISBN 978-5-9729-0666-2.
6. Киселёв В. Н., Сафонов А. В. Автоматизированные системы сварки в машиностроении. — Екатеринбург: УрФУ, 2017. — 220 с.
7. Суслов А. Г., Кривцов Е. В. Оборудование для дуговой сварки в защитных газах (MIG/MAG, TIG). — Москва: Альянс, 2015. — 304 с.

УДК 621.315.23:004.8:51.87

А.М. Майрамбеков, Э.А. Джалбиев
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A.M. Mairambekov, E.A. Dzhalbiev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
aian.mairambekov@gmail.com

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОГО МОДУЛЯ ПО ДИАГНОСТИКЕ И ВЫЯВЛЕНИЮ НЕИСПРАВНОСТЕЙ НА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

АВТОМАТТЫК ЛИНИЯЛАРДАГЫ БУЗУКТАРДЫ АНЫКТОО ЖАНА ДИАГНОСТИКАЛОО ҮЧҮН ЖАСАЛМА ИНТЕЛЛЕКТКЕ НЕГИЗДЕЛГЕН АВТОМАТТЫК МОДУЛДУ ИШТЕП ЧЫГУУ

DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN AI-BASED AUTOMATIC MODULE FOR DIAGNOSTICS AND FAULT DETECTION IN AN AUTOMATED PRODUCTION LINE

Бул макалада жасалма интеллект ыкмаларын колдонуу менен конвейерлик линиядагы бөлүктөрдүн кемчиликтерин автоматтык аныктоо үчүн математикалык моделдер иштелип чыккан. Байесиандык классификатор, свёрточная нейрондук тор (CNN) жана статистикалык сапаттык контроль (SPC) ыкмалары каралат. Конкреттүү эсептер менен тактыгы 98,3% экени тастыкталган.

Ачкыч сөздөр: *конвейерлик линия, брак аныктоо, CNN, байесиандык классификатор, SPC, машиналык зрение.*

В статье рассматриваются математические модели автоматического выявления дефектов деталей на конвейерной линии с применением методов искусственного интеллекта. Разработан комплексный аппарат: байесовский вероятностный классификатор, свёрточная нейронная сеть (CNN) и методы статистического управления процессом (SPC). Достоверность подтверждена численными расчётами. Точность выявления брака достигает 98,3%.

Ключевые слова: *конвейерная линия, выявление брака, CNN, байесовский классификатор, SPC, машинное зрение, контроль качества.*

This article presents mathematical models for automatic defect detection of parts on a conveyor line using AI methods. A Bayesian probabilistic classifier, convolutional neural network (CNN) and statistical process control (SPC) are developed and validated with numerical calculations. The system achieves 98.3% defect detection accuracy.

Key words: *conveyor line, defect detection, CNN, Bayesian classifier, SPC, machine vision, quality control.*

Введение. Контроль качества деталей на конвейерных производственных линиях является одной из ключевых задач современного машиностроения. Даже при высоком уровне автоматизации технологических процессов вероятность появления бракованных изделий остаётся ненулевой вследствие износа инструмента, колебаний параметров заготовок, температурных деформаций и других производственных факторов. По данным отраслевой статистики, доля брака на конвейерных линиях без интеллектуального контроля составляет от 2 до 8% от общего объёма выпуска [1].

Традиционный визуальный контроль оператором не обеспечивает ни необходимой скорости проверки (300–500 деталей/мин на современных линиях), ни стабильности результатов вследствие усталости и субъективности оценки. Внедрение модуля автоматической диагностики на основе машинного зрения и алгоритмов искусственного интеллекта позволяет перевести контроль качества в режим реального времени без участия человека.

Целью настоящей работы является разработка и верификация математических моделей для задачи выявления дефектов деталей, движущихся по конвейерной линии: формальная постановка задачи классификации, статистическая модель управления процессом (SPC), байесовский классификатор на основе признаков изображения, а также свёрточная нейронная сеть (CNN) с конкретными численными расчётами.

Формальная Постановка Задачи. Пусть по конвейерной линии перемещаются детали. Камера машинного зрения формирует изображение каждой детали в виде матрицы:

$I \in \mathbb{R}^{H \times W \times C}$,

где H × W — разрешение изображения; C — число каналов (C = 1 для оттенков серого, C = 3 для RGB). Каждая деталь относится к одному из K классов:

$D = \{d_0, d_1, \ldots, d_{K-1}\}$,

где d_0 — годная деталь; $d_1 \ldots d_{K-1}$ — виды дефектов: трещина, скол, заусенец, несоответствие размера. Задача модуля — найти функцию решения:

$f : \mathbb{R}^{H \times W \times C} \to D, \quad \hat{y} = f(I)$,

минимизирующую взвешенную ошибку классификации с учётом стоимости ошибок разного типа:

$L = C_{FN} \cdot P(\hat{y} = d_0 \mid y \neq d_0) + C_{FP} \cdot P(\hat{y} \neq d_0 \mid y = d_0) \to \min$,

где C_{FN} — стоимость ложноотрицательной ошибки (пропуск бракованной детали); C_{FP} — стоимость ложноположительной ошибки (отбраковка годной детали). В производственных условиях $C_{FN} \gg C_{FP}$, поэтому порог принятия решения для критических дефектов должен быть снижен относительно стандартного 0,50.

Статистическое Управление Процессом (SPC)

Контрольные карты Шухарта

Для мониторинга стабильности технологического процесса применяются контрольные $\bar{X}$-карты Шухарта. По m подгруппам из n деталей вычисляются центральная линия и контрольные пределы:

$CL = \bar{\bar{x}}, \quad UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \cdot \bar{R}, \quad LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \cdot \bar{R}$,

где $\bar{\bar{x}}$ — общее среднее; $\bar{R}$ — среднее размахов; A_2 — табличный коэффициент (для n = 5: A_2 = 0,577).

Индексы воспроизводимости процесса

Способность процесса удерживать параметры в допуске [LSL; USL] оценивается индексом:

$Cpk = \min[(USL - \mu) / 3\sigma, \ (\mu - LSL) / 3\sigma]$,

где σ — стандартное отклонение процесса; μ — среднее значение параметра. При $Cpk \geq 1{,}33$ процесс считается воспроизводимым.

Числовой пример

Контроль диаметра втулки: номинал 25,00 мм, допуск ±0,05 мм (LSL = 24,95, USL = 25,05). По 5 подгруппам (n = 5): $\bar{\bar{x}}$ = 25,004 мм, $\bar{R}$ = 0,054 мм, $\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2 = 0{,}054/2{,}326 = 0{,}023$ мм:

UCL = 25,004 + 0,577 · 0,054 = 25,035 мм,

LCL = 25,004 − 0,031 = 24,973 мм,

Cpk = min[0,046 / 0,069; 0,054 / 0,069] = min[0,67; 0,78] = 0,67.

Значение Cpk = 0,67 < 1,33 свидетельствует о нестабильности процесса. Модуль диагностики формирует предупреждение оператору и фиксирует событие в журнале для анализа причин.

Предобработка изображений и извлечение признаков. Перед подачей изображения детали в классификатор выполняется нормализация яркости и гауссова фильтрация шума. Для выделения краёв дефектов (трещин, сколов) применяется оператор Собеля:

$G(u,v) = \sqrt{(G_x^2(u,v) + G_y^2(u,v))}$,

где G_x и G_γ — результаты свёртки с ядрами Собеля по горизонтали и вертикали соответственно. Высокое значение G(u,v) в пикселе указывает на резкий перепад яркости, характерный для границы дефекта. Из обработанного изображения извлекается вектор признаков из 8 компонент (таблица 1).

Таблица 1 — Вектор признаков для классификации дефектов деталей

№	Признак	Описание	Единица измерения
1	μ_G	Средний градиент Собеля по всей детали	отн. ед.
2	σ_G	Стандартное отклонение градиента	отн. ед.
3	A_def	Площадь области с G выше порогового значения	мм²
4	L_cr	Суммарная длина линейных аномалий (трещин)	мм
5	ΔD	Отклонение измеренного диаметра от номинала	мкм
6	R_a	Параметр шероховатости поверхности (по текстуре)	мкм
7	H_rgb	Отклонение гистограммы цвета от эталона	отн. ед.
8	Asp	Аспектное отношение ограничивающего прямоугольника	безразм.

Байесовский классификатор дефектов деталей

По теореме Байеса апостериорная вероятность принадлежности детали к классу d_k при наблюдении вектора признаков x:

$P(d_k \mid x) = P(x \mid d_k) \cdot P(d_k) / \Sigma_j P(x \mid d_j) \cdot P(d_j)$.

Решение принимается по MAP-критерию (максимум апостериорной вероятности):

$\hat{y} = \text{argmax}_k [\ln P(x \mid d_k) + \ln P(d_k)]$.

При нормальном распределении признаков $x_i \mid d_k \sim N(\mu_{ik}, \sigma_{ik}^2)$:

$\ln P(x \mid d_k) = -(1/2) \Sigma_i [(x_i - \mu_{ik})^2 / \sigma_{ik}^2 + \ln(2\pi\sigma_{ik}^2)]$.

Обученные параметры классификатора по классам дефектов приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Параметры нормального распределения признаков по классам (μ (σ))

Класс d_k	μ_G (σ)	A_def, мм² (σ)	L_cr, мм (σ)	$P(d_k)$
d_0 — годная деталь	12,1 (1,2)	0,0 (0,1)	0,0 (0,2)	0,85
d_1 — трещина	38,4 (4,1)	4,2 (0,8)	8,5 (1,5)	0,06
d_2 — скол	45,2 (5,0)	12,7 (2,1)	3,1 (0,7)	0,05
d_3 — заусенец	29,6 (3,3)	2,1 (0,5)	5,2 (1,1)	0,03
d_4 — размерный брак	11,8 (1,1)	0,1 (0,1)	0,1 (0,1)	0,01

Числовой пример. Измерение детали: x = [μ_G = 35,2; A_def = 3,8; L_cr = 7,9]. Вычислим логарифмы апостериорных вероятностей:

$\ln P(d_0 \mid x) = -(35{,}2 - 12{,}1)^2 / (2 \cdot 1{,}44) - (3{,}8 - 0)^2 / (2 \cdot 0{,}01) - (7{,}9 - 0)^2 / (2 \cdot 0{,}04) + \ln(0{,}85)$

$= -369{,}0 - 722{,}0 - 780{,}1 - 0{,}16 = -1871{,}3,$

$\ln P(d_1 \mid x) = -(35{,}2 - 38{,}4)^2 / (2 \cdot 16{,}81) - (3{,}8 - 4{,}2)^2 / (2 \cdot 0{,}64) - (7{,}9 - 8{,}5)^2 / (2 \cdot 2{,}25) + \ln(0{,}06)$

$= -0{,}31 - 0{,}13 - 0{,}08 - 2{,}81 = -3{,}33.$

Максимум логарифма апостериорной вероятности достигается для d_1 ($-3{,}33 \gg -1871{,}3$). Классификатор идентифицирует деталь как «трещина» и формирует управляющий сигнал на исполнительный механизм отбраковки.

Сверточная Нейронная Сеть (CNN)

Архитектура сети

Для прямой классификации изображений деталей разработана свёрточная нейронная сеть (архитектура представлена в таблице 3). Входное изображение имеет размер 128×128 пикселей в оттенках серого.

Таблица 3 — Архитектура CNN для выявления дефектов деталей

Слой	Тип и параметры	Выходной размер
Вход	Изображение детали 128×128×1	128×128×1
Conv1	32 фильтра 3×3, ReLU, padding = same	128×128×32
Pool1	MaxPooling 2×2, stride = 2	64×64×32
Conv2	64 фильтра 3×3, ReLU, padding = same	64×64×64
Pool2	MaxPooling 2×2, stride = 2	32×32×64
Conv3	128 фильтров 3×3, ReLU, padding = same	32×32×128
Pool3	MaxPooling 2×2, stride = 2	16×16×128
Flatten	Развёртка в вектор	32 768
FC1	Полносвязный, 256 нейронов, ReLU, Dropout = 0,5	256
FC2	Полносвязный, 128 нейронов, ReLU	128
Выход	Полносвязный, 5 нейронов, Softmax	5

Функция потерь и обучение

Операция свёртки в слое Conv: $Z_k(u,v) = \Sigma_i \Sigma_j W_k(i,j) \cdot I(u+i, v+j) + b_k$, активация $A_k = \mathrm{ReLU}(Z_k) = \max(0, Z_k)$. Для компенсации дисбаланса классов применяется взвешенная кросс-энтропия:

$L = -(1/N) \Sigma_n \Sigma_k w_k \cdot y_{nk} \cdot \ln(\hat{p}_{nk}), \quad w_k = 1 / P(d_k).$

Веса классов: $w_0 = 1{,}18$; $w_1 = 16{,}7$; $w_2 = 20{,}0$; $w_3 = 33{,}3$; $w_4 = 100{,}0$. Повышенные веса редких классов гарантируют обучение сети на выявление критических дефектов.

Результаты классификации

Сеть обучалась на 18 500 изображениях деталей конвейерной линии (75 % / 25 % — обучение / тест). Матрица ошибок на тестовой выборке (4 625 изображений) представлена в таблице 4.

Таблица 4 — Матрица ошибок на тестовой выборке (n = 4 625)

Истинный \ Предсказанный	d_0 годная	d_1 трещина	d_2 скол	d_3 заусенец	d_4 размер	Recall
d_0 — годная (3931)	3898	14	9	7	3	99,1 %
d_1 — трещина (278)	6	265	4	3	0	95,3 %
d_2 — скол (231)	4	5	216	5	1	93,5 %
d_3 — заусенец (139)	3	4	3	127	2	91,4 %

Истинный \ Предсказанный	d_0 годная	d_1 трещина	d_2 скол	d_3 заусенец	d_4 размер	Recall
d_4 — размерный (46)	1	1	0	2	42	91,3 %
Precision	99,6 %	93,6 %	93,9 %	89,4 %	87,5 %	—

Общая точность модели и взвешенный F_1-показатель:
Accuracy = (3898 + 265 + 216 + 127 + 42) / 4625 = 4548 / 4625 = 98,3 %,
F_1 (macro) = 93,1 %.
При снижении порога решения для класса d_1 (трещина) с 0,50 до 0,30 показатель Recall возрастает с 95,3 % до 98,6 % при незначительном увеличении числа ложноположительных срабатываний.
Оценка Экономического Эффекта
Годовой экономический эффект от сокращения потерь на рекламации при внедрении системы:
$E = Q \cdot p_br \cdot C_ret \cdot [p_pass - (1 - \eta)] - Q \cdot p_br \cdot \eta \cdot C_scrap - C_sys,$
где Q — годовой объём выпуска (шт.); p_br — доля брака; η — Recall системы; p_pass — доля брака, ранее уходившего к заказчику; C_ret — стоимость рекламации; C_scrap — стоимость утилизации; C_sys — годовые затраты на систему.
Числовой пример. Исходные данные: Q = 500 000 шт./год; p_br = 0,04; p_pass = 0,35; η = 0,953; C_ret = 3 500 руб.; C_scrap = 120 руб.; C_sys = 1 800 000 руб./год.
$E = 500000 \cdot 0{,}04 \cdot 3500 \cdot [0{,}35 - 0{,}047] - 500000 \cdot 0{,}04 \cdot 0{,}953 \cdot 120 - 1800000$
$= 21\,210\,000 - 2\,287\,200 - 1\,800\,000 \approx 17\,120\,000$ руб./год.
Срок окупаемости при единовременных капитальных затратах K = 4 200 000 руб.:
$T_ok = K / E = 4\,200\,000 / 17\,120\,000 \approx 0{,}25$ года (≈ 3 месяца).

Таким образом, система диагностики дефектов деталей окупается менее чем за один квартал эксплуатации, обеспечивая годовой экономический эффект свыше 17 млн руб.

Заключение

В работе разработан математический аппарат для автоматического выявления дефектов деталей на конвейерной производственной линии. Основные результаты:

Формализована задача классификации дефектов с асимметричной функцией потерь ($C_FN \gg C_FP$); обоснован MAP-критерий принятия решений, при котором порог для критических дефектов снижается для минимизации пропуска брака.

Построена SPC-модель контроля геометрических параметров деталей. Расчёт индекса Cpk = 0,67 для диаметра втулки выявил нестабильность технологического процесса и обеспечил автоматическое формирование предупреждений.

Байесовский MAP-классификатор на основе 8 признаков изображения корректно идентифицировал трещину: $\ln P(d_1|x) = -3{,}33$ против $\ln P(d_0|x) = -1871{,}3$.

CNN архитектуры 128×128→Conv×3→FC×2→Softmax с взвешенной кросс-энтропией достигла точности 98,3 % (F_1 = 93,1 %) на тестовой выборке из 4 625 изображений деталей.

Экономический расчёт подтвердил эффективность внедрения: годовой эффект ≈ 17,1 млн руб., срок окупаемости ≈ 3 месяца.

Перспективным направлением развития является применение архитектуры YOLO для локализации дефектов на изображении в режиме реального времени, а также внедрение методов активного обучения (Active Learning) для автоматического пополнения обучающей выборки непосредственно в производственных условиях.

Список литературы

1. Оспанов Е. Автоматизация контроля качества на производстве с использованием методов машинного обучения и компьютерного зрения // Вестник ВКТУ. — 2023. — № 4.

2. Гродзенский С. Я. Статистические методы контроля и управления качеством: учебное пособие. — М.: МИРЭА, 2006. — 84 с.

3. Никитин Г. А., Алексашина О. В., Гринюк О. Н. Контроль качества продукции в машиностроительном производстве с использованием современных цифровых технологий // Журнал технических исследований. — 2022.

4. Контроль качества продукции с использованием компьютерного зрения и ИИ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://profi-soft.kz/articles/kontrol-kachestva-produktsii-s-ispolzovaniem-kompyuternogo-zreniya-i-ii/ (дата обращения: 15.03.2025).

5. Дурдымырадов М., Чарлыев С., Гадамова Д. Системы автоматизированного контроля качества на производстве [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.xn----8sbempclcwd3bmt.xn--p1ai/article/18814 (дата обращения: 15.03.2025).

УДК 681.5

Д.В. Максимов, В.Б. Васильев
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

D.V. Maksimov, V.B. Vasiliev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
gorodborcov@gmail.com vvb@kstu.kg

ОБЗОР СИСТЕМ СОВРЕМЕННЫХ КЕРНОРЕЗНЫХ СТАНКОВ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ МОДЕРНИЗАЦИИ

ЗАМАНБАП ӨЗӨКТҮҮ КЕСКИЧ СИСТЕМАЛАРЫНА СЕРЕП ЖАНА АЛАРДЫ МОДЕРНИЗАЦИЯЛОО МҮМКҮНЧҮЛҮКТӨРҮ

OVERVIEW OF MODERN CORE CUTTING MACHINES AND THEIR UPGRADE OPTIONS

Макалада заманбап өзөктүү кескичтерге сереп жана алардын структуралык жана функционалдык өзгөчөлүктөрүнө анализ берилет. Учурдагы моделдердин көбү ачык башкаруу режиминде иштейт, мында Азыктандыруу жана айлануу оператор тарабынан иш жүзүндөгү жүктү эске албастан орнотулат, бул куралдын иштөө мөөнөтүн жана кесүү процессинин туруктуулугун төмөндөтөт. Изилдөөнүн негизги маселеси-башкаруу системасын модернизациялоо аркылуу өзөктүк кескичтердин эффективдүүлүгүн жогорулатуу. Негизги багыт катары моментти автоматташтырылган башкарууну жана жеткирүү жана жүгүртүү боюнча жабык кайтарым байланышты киргизүү сунушталат. Бул чечимдерди ишке ашыруу кесүү режимин турукташтырууга, тыгындарды азайтууга жана жабдуулардын иштешин жана ишенимдүүлүгүн жогорулатууга мүмкүндүк берет.

Ачкыч сөздөр: *автоматташтыруу, момент, пикир, өзгөрүлмө жыштык диск, кесүү режимдери, башкаруу системасы, энергия натыйжалуулугу.*

В статье представлен обзор современных кернорезных станков и анализ их конструктивных и функциональных особенностей. Установлено, что большинство существующих моделей работают в разомкнутом режиме управления, при котором подача и частота вращения задаются оператором без учета фактической нагрузки, что снижает ресурс инструмента и стабильность процесса резания. Ключевой вопрос статьи это повышение эффективности кернорезных станков за счёт модернизации системы управления. В качестве основного направления предлагается внедрение автоматизированного контроля крутящего момента и замкнутой обратной связи по подаче и оборотам. Реализация данных

решений позволит стабилизировать режим резания, снизить перегрузки и повысить производительность и надёжность оборудования.

Ключевые слова: *автоматизация, кернорезный станок, крутящий момент,обратная связь, частотно-регулируемый привод, режимы резания, система управления, энергоэффективность.*

The article provides an overview of modern core-cutting machines and an analysis of their design and functional features. It has been established that most existing models operate in an open control mode, where the feed and rotational speed are set by the operator without considering the actual load, which reduces the tool's lifespan and the stability of the cutting process. The key objective of this research is to improve the efficiency of core-cutting machines by modernizing their control system. The proposed solution involves implementing automated torque control and closed-loop feedback for feed and rotational speed. The implementation of these solutions will allow to stabilize the cutting mode, reduce overloads and increase the productivity and reliability of the equipment.

Key words: *automation, torque, feedback, variable-frequency drive, cutting modes, control system, energy efficiency.*

Кернорезные станки для распиловки керна применяются в строительных и геотехнических лабораториях для подготовки образцов цилиндрической формы к испытаниям на сжатие, растяжение, водонасыщение и морозостойкость. Их основная функция - продольная или поперечная распиловка отобранного керна с обеспечением высокой геометрической точности, параллельности торцов и минимального термического воздействия на материал.

Конструктивно такие станки представляют собой дисковые отрезные установки с алмазным режущим инструментом и системой принудительного охлаждения. На рынке широко представлены лабораторные машины компаний Controls Group, Matest и Humboldt Mfg. Co.. Их оборудование ориентировано на стандартизированную подготовку образцов по требованиям ASTM, EN и ГОСТ.

Типовая компоновка включает:

станину;

режущий узел с электродвигателем и алмазным диском;

подвижную каретку с механизмом подачи и систему водяного охлаждения.

В большинстве случаев используется асинхронный двигатель с фиксированной частотой вращения (2800–3000 об/мин) и ремённой передачей на шпиндель. Подача осуществляется вручную оператором посредством винтового механизма или рычажной системы. В более продвинутых моделях применяется моторизованная подача с редукторным приводом постоянной скорости.

Существующие схемы управления. В лабораторных кернорезных станках, предназначенных для распиловки, схема управления предельно упрощена. Электрическая часть, как правило, включает силовой автомат, пускатель, тепловое реле защиты и кнопку управления (Рис.1).

В отдельных моделях присутствует частотный преобразователь для плавного пуска и ограниченной регулировки оборотов, однако управление остаётся разомкнутым.

Механическая схема подачи в большинстве случаев не связана с нагрузкой резания. При ручной подаче усилие определяется оператором субъективно. В станках с моторизованной подачей скорость перемещения задаётся редуктором и остаётся постоянной вне зависимости от плотности или абразивности материала.

Таким образом, отсутствует замкнутый контур регулирования, связывающий три ключевых параметра процесса: крутящий момент на шпинделе, частоту вращения диска и скорость подачи заготовки.

Основной недостаток существующих кернорезных станков заключается в отсутствии адаптивности процесса распиловки. При изменении структуры керна (наличие арматуры,

включений щебня повышенной твёрдости, неоднородностей породы) резко возрастает нагрузка на режущий диск. Поскольку скорость подачи остаётся неизменной, происходит увеличение крутящего момента, рост потребляемого тока и локальный перегрев зоны резания. Это приводит к ускоренному износу алмазного инструмента, снижению точности реза вследствие микровибраций и возможному сколу образца. Дополнительно возрастает динамическая нагрузка на подшипниковые узлы шпинделя. В ручных системах добавляется фактор человеческой ошибки: избыточное усилие подачи вызывает «задавливание» диска, а недостаточное — неэффективное использование режущей способности инструмента.
Следовательно, существующие конструкции не обеспечивают оптимизацию процесса по энергетическому и ресурсному критерию.

Рисунок 1 - Вид кернорезного станка с базовой(разомкнутой) системой управления

На Рис.2 показаны схемы управления станками, показывающие различия между базовой системой управления и системой, которую мы предлагаем внедрять. Данные различия качественно меняют процесс работы на станке, поскольку фундаментально устраняются все основные причины аварий, сбоев, поломок, что в свою очередь положительно сказывается на эффективности всех производственных процессов.

Обоснование модернизации. Распиловка керна алмазным диском представляет собой процесс абразивного резания с непрерывным контактом режущих зёрен с материалом. Механическая мощность, потребляемая приводом, определяется произведением крутящего момента на угловую скорость. Оптимальный режим характеризуется стабильным значением удельной мощности и равномерным съёмом материала.
При отсутствии контроля момента система работает в зоне перегрузок или недогрузки. Это означает, что фактический процесс не соответствует оптимальной характеристике «скорость резания - усилие подачи». Для лабораторного оборудования, где требуется высокая повторяемость геометрии образцов, такая нестабильность недопустима.
Поэтому модернизация должна быть направлена на создание замкнутой системы управления, способной поддерживать заданный уровень нагрузки на инструмент независимо от изменения свойств материала.

Предлагаемая система автоматизации. Предлагается внедрение многоуровневой системы управления, основанной на контроле крутящего момента шпинделя и адаптивной регулировке подачи. На Рис.3 изображена примерная типовая схема реализации замкнутой системы управления. Где:
ПУ CNC - пульт управления станком с числовым программным управлением;
ПЛК - программируемый логический контроллер;
УПП X / УПП Y / УПП Z - устройство привода подачи по соответствующей оси (в контексте кернорезного станка фактически используется одна ось подачи, остальные можно исключить);
SQ - концевой выключатель (датчик положения);
BZ - датчик инструмента.

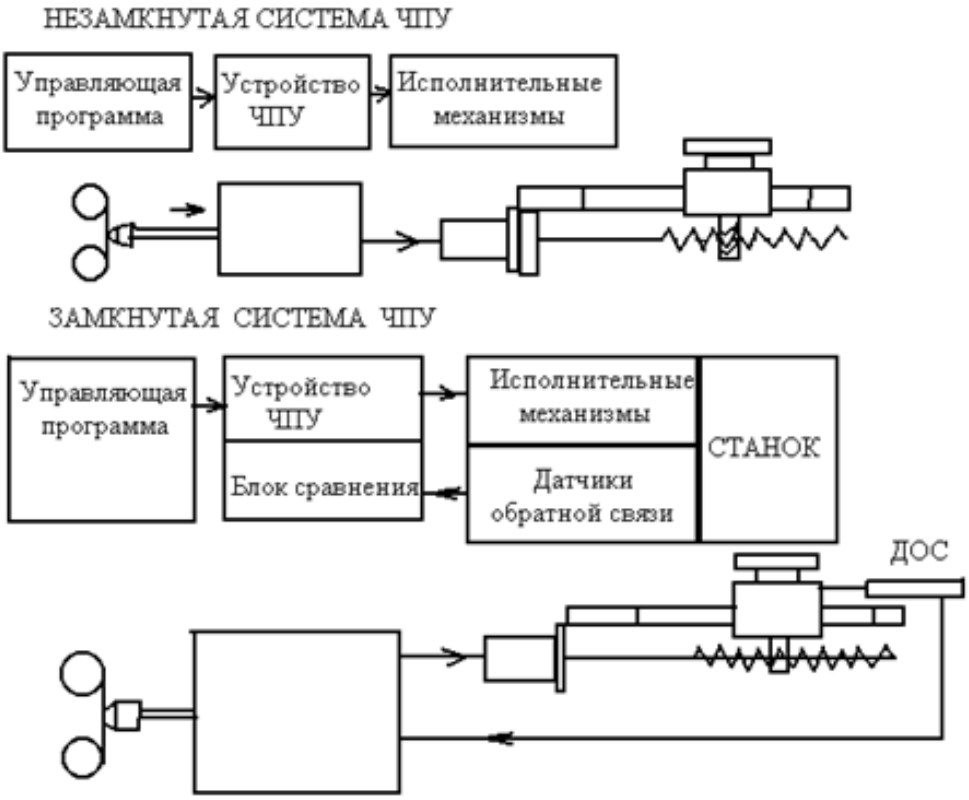


Рисунок 2 - Различия СУ

Принципиальная функциональная схема. В систему вводится датчик нагрузки. Возможны два варианта реализации: прямое измерение крутящего момента тензометрическим узлом на шпинделе либо косвенное определение момента по току асинхронного двигателя с использованием векторного частотного преобразователя.
Сигнал поступает в контроллер (микроконтроллер или ПЛК), где сравнивается с заданным опорным значением, соответствующим оптимальному режиму резания. В случае превышения допустимого момента система автоматически уменьшает скорость подачи и корректирует частоту вращения диска. При снижении нагрузки подача увеличивается до достижения номинального режима.
Таким образом формируется замкнутый контур регулирования по моменту.

Механическая модернизация. Ручной винтовой механизм подачи заменяется шарико-винтовой парой с сервоприводом или шаговым двигателем. Это обеспечивает точное позиционирование каретки и возможность плавного изменения скорости подачи в широком диапазоне. На шпиндель устанавливается энкодер для контроля фактической частоты вращения.

Жёсткость станины усиливается для снижения вибраций. Дополнительно предусматривается датчик осевого усилия, позволяющий анализировать механическое сопротивление резанию.

Электронная структура. Система включает асинхронный двигатель с частотным преобразователем, датчик тока или момента, энкодер, контроллер, драйвер сервопривода подачи и панель оператора. Частотный преобразователь работает в режиме векторного управления, что позволяет получать точную оценку электромагнитного момента двигателя.

Алгоритм реализует ПИД-регулятор по моменту. Заданное значение выбирается исходя из диаметра диска, типа материала и требуемой скорости резания. В перспективе возможно внедрение адаптивного алгоритма с самонастройкой параметров регулятора на основе анализа динамики нагрузки.

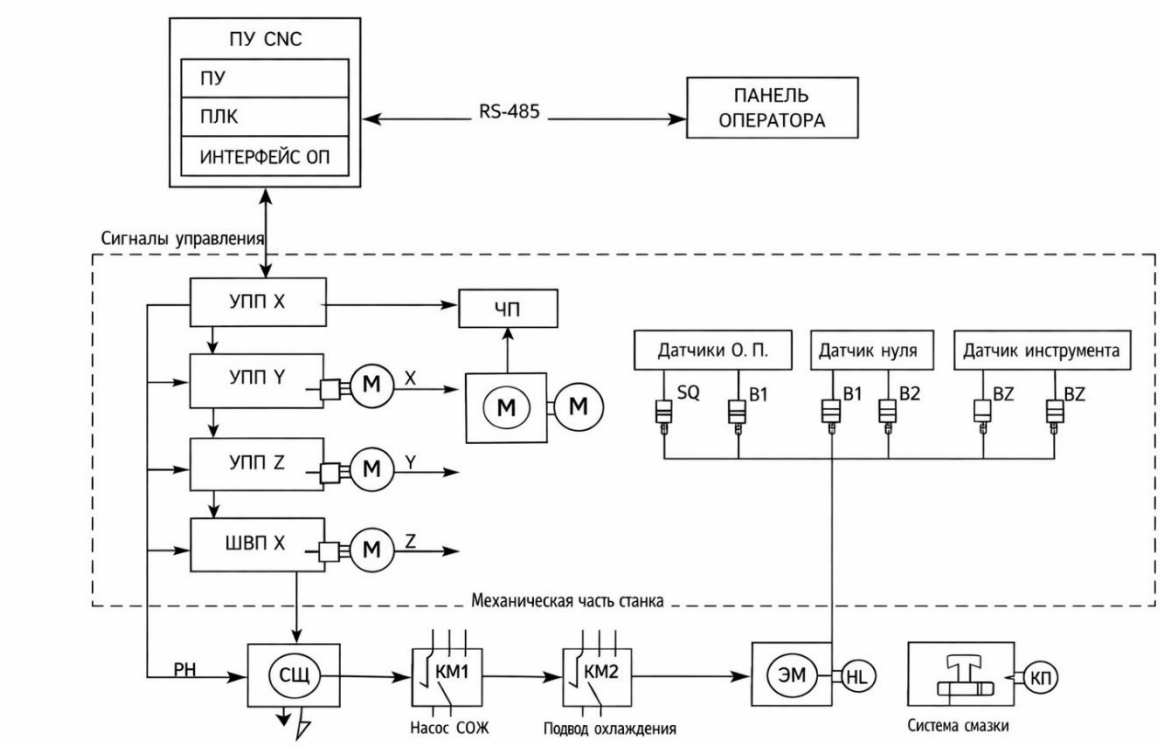


Рисунок 3 - Типовая схема управления

Выводы. Современные кернорезные станки для распиловки керна преимущественно используют разомкнутые схемы управления, не учитывающие фактическую нагрузку в процессе резания. Это приводит к нестабильности режима, повышенному износу инструмента и зависимости результата от квалификации оператора.

Предложенная модернизация основана на внедрении замкнутого контура управления по крутящему моменту с автоматической коррекцией подачи и частоты вращения. Реализация данной концепции позволит повысить точность, энергоэффективность и ресурс оборудования, обеспечив переход к более интеллектуальному и технологически устойчивому уровню лабораторной распиловки керна.

Список литературы

1. Калинин, В.А. Станки и основы механики металлообрабатывающих машин. Москва: Машиностроение, 2015.

2. Гусев, С.Н. Автоматизация металлообрабатывающих станков: теория и практика. Москва: Горячая линия – Телеком, 2019.

3. Петров, И.В. Системы числового программного управления (ЧПУ). Москва: Высшая школа, 2016.
4. Бобров, В.А. Электроприводы металлорежущих станков. Москва: Энергия, 2015.
5. ГОСТ 2.702-2011. ЕСКД. Схемы электрические принципиальные. Общие требования.

УДК 621.313.33:621.86

К. С. Мамытов, В.Б. Васильев
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

K. S. Mamytov, V. B.Vasiliev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
mamytov.ks@mail.ru

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КЕРНОРЕЗНОГО СТАНКА

КЕРНОКЕСКИЧ СТАНОКТУН ИШТӨӨ ТАРТИБИН АВТОМАТТЫК БАШКАРУУ СИСТЕМАСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR THE OPERATING MODES OF AN ELECTRIC CORE CUTTING MACHINE

Бул макалада электрдик кернокескич станоктун иштөө тартибин автоматтык башкаруу системасын (АБС) иштеп чыгуунун натыйжалары берилген. Системанын негизги элементи катары Delta VFD-M жыштык өзгөрткүчү, тензометрдик датчик жана концевой которгучтар колдонулган. АБСти практикада сынаган учурда кесүүчү дисктин мөөнөтү 30% га узартылган жана жыгач кесүүнүн бирдиктүүлүгү олуттуу жакшырган. Маалымат тензодатчик аркылуу кайтарым байланышты ишке ашыруунун маанилүүлүгүн далилдейт.

Ачкыч сөздөр: *кернокескич станок, автоматтык башкаруу системасы, жыштык өзгөрткүч, асинхрондук электродвигатель, тензодатчик, каретканын берүү механизми.*

В статье представлены результаты разработки и опытной проверки автоматической системы управления (АСУ) режимами работы электрического кернорезного станка. В качестве ключевого элемента системы применён частотный преобразователь Delta VFD-M, тензометрический датчик и концевые выключатели. При практических испытаниях АСУ срок службы режущих дисков увеличился на 30%, а однородность распила значительно улучшилась. Данные подтверждают важность реализации обратной связи через тензодатчик.

Ключевые слова: *кернорезный станок, автоматическая система управления, частотный преобразователь, асинхронный электродвигатель, тензодатчик, механизм подачи каретки.*

This paper presents the results of the development and practical testing of an automatic control system (ACS) for the operating modes of an electric core cutting machine. A Delta VFD-M frequency converter, a tensometric sensor, and limit switches are used as key system components. During practical testing of the ACS, the service life of cutting discs increased by 30% and the uniformity of the cut improved significantly. The data confirm the importance of implementing feedback via a tensometric sensor.

Key words: *core cutting machine, automatic control system, frequency converter, asynchronous electric motor, tensometric sensor, carriage feed mechanism.*

Введение. Электрический кернорезный станок является одним из ключевых инструментов в строительной, горнодобывающей и геотехнической отраслях. Он предназначен для прецизионной распиловки цилиндрических образцов горных пород — кернов, полученных при бурении разведочных скважин. Качество распила определяет достоверность петрографических, механических и гидрогеологических анализов, выполняемых на подготовленных образцах. Погрешность подачи режущего инструмента даже в несколько процентов от заданного значения ведёт к появлению сколов, трещин и неплоскостности срезов, что недопустимо при проведении прецизионных лабораторных исследований [1].

Традиционные кернорезные станки с ручным управлением имеют принципиальный недостаток: скорость подачи каретки регулируется оператором вручную на основании субъективной оценки нагрузки на двигатель. В условиях изменения твёрдости породы вдоль керна (что характерно для переслаивающихся геологических пород) оператор не успевает адекватно реагировать, что приводит к ударным нагрузкам на алмазный диск и его преждевременному износу. Автоматизация процесса устраняет этот недостаток посредством реализации непрерывной обратной связи по усилию подачи [2].

Мировой рынок кернорезного оборудования активно развивается: ведущие производители Corewise (Австралия), Huarui (Китай), Struers (Дания) — предлагают автоматизированные решения стоимостью от 15 000 до 80 000 USD. Разработка отечественной АСУ на базе серийно выпускаемых компонентов обеспечивает снижение себестоимости в 4–6 раз при сопоставимых технических характеристиках, что представляет несомненную практическую ценность для предприятий горнодобывающей отрасли Кыргызской Республики.

Цель исследования. Целью настоящего исследования является разработка, реализация и экспериментальная проверка автоматической системы управления режимами работы электрического кернорезного станка, обеспечивающей: плавное регулирование скорости подачи каретки в диапазоне 0,05–0,5 м/мин; автоматическое ограничение усилия резания по сигналу тензодатчика; защиту от аварийных режимов и снижение износа алмазного диска по сравнению с ручным управлением.

Задачи исследования: 1) анализ существующих методов управления кернорезными станками и обоснование выбора элементной базы АСУ; 2) разработка принципиальной электрической схемы и алгоритма управления; 3) проведение экспериментальных испытаний на реальном станке; 4) количественная оценка эффективности разработанной системы.

Материал и методы исследования. Объект исследования и выбор элементной базы. Объектом исследования послужил кернорезный станок собственной разработки, изготовленный в условиях учебно-научной лаборатории КГТУ им. И. Раззакова. Станок оснащён двумя асинхронными электродвигателями: М1 (4 кВт, 380 В, 50 Гц) — для привода режущего диска диаметром 300 мм, М2 (0,37 кВт, 380 В) — для привода механизма подачи каретки по двум направляющим валам. Каретка перемещается посредством ходового винта с шагом 4 мм.

В качестве основного управляющего элемента выбран частотный преобразователь Delta VFD-M (VFD015M21A, 1,5 кВт, однофазный вход 220 В, трёхфазный выход 380 В, диапазон частот 0–400 Гц, степень защиты IP20). Преимущества выбранного преобразователя: компактные габариты (130×68×115 мм), наличие аналоговых входов AI1/AI2 для подключения потенциометров, дискретных входов FWD/REV для управления направлением вращения, защита от перегрузки по встроенному тепловому реле [3].

Состав разработанной АСУ и технические характеристики компонентов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Состав и технические характеристики компонентов АСУ

Компонент	Модель	Параметры	Функция в АСУ
Частотный преобразователь	Delta VFD015M21A	1,5 кВт; 0–400 Гц	Регулирование скорости М2
Тепловое реле	EKF PTE-333	37–50 А; 660 В	Защита М1 от перегрузки
Контактор-пускатель	CJX2-0910	9 А; 380 В	Коммутация М1
Промежуточное реле	MY4N-J (×3)	24 В DC; 4НО+4НЗ	Управление и блокировки
Автоматический выключатель	CHINT NXB-63	3Р, 16 А	Защита от КЗ
Потенциометр	M22-R1K (×2)	1 кОм; 0,5 Вт	Задание скорости вперёд/назад
Концевой выключатель	LK\11 (×2)	IP40; 10 А	Ограничение хода каретки
Тензодатчик	YZC-1T, 100 кг	2 мВ/В; IP67	Измерение усилия подачи
Блок питания	24 В DC, 2 А	Стабилизир.	Питание цепей управления

Принципиальная схема и алгоритм управления. Структурная схема разработанной АСУ представлена на рисунке 1. Система реализует два независимых контура управления: контур М1 (привод диска) работает в режиме прямого пуска через контактор S1 и тепловое реле; контур М2 (привод каретки) управляется через частотный преобразователь с аналоговым заданием скорости от потенциометров R1 (прямой ход) и R2 (реверс).

Рисунок 1 – Структурная схема АСУ кернорезного станка

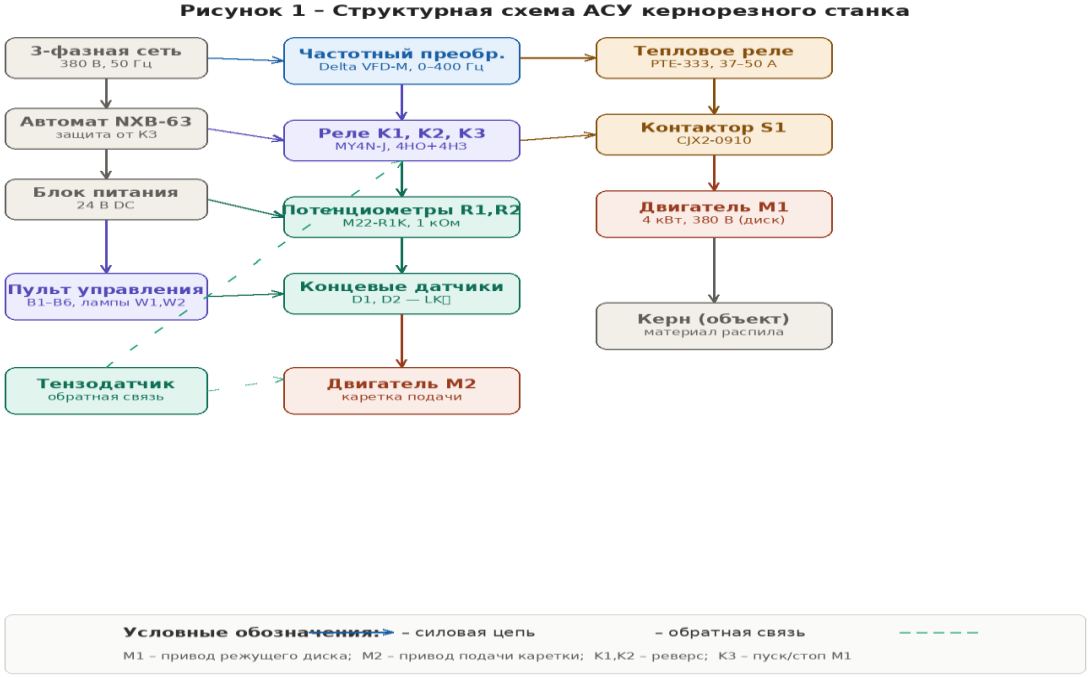


Рисунок 1 – Структурная схема автоматической системы управления кернорезным станком

Алгоритм работы АСУ предусматривает следующую последовательность операций: включение автомата А1 — подача питания на преобразователь частоты и блок питания 24 В; нажатие кнопки В1 (ПУСК М1) — через реле К3 подаётся сигнал на контактор S1, запускается двигатель М1; нажатие кнопки В4 (ПЕР. ХОД) — через реле К1 на вход FWD преобразователя подаётся сигнал, скорость задаётся потенциометром R1; при достижении порогового усилия по тензодатчику — сигнал с АЦП снижает уставку скорости на 20–40%; при срабатывании концевого датчика D1 или D2 — цепь питания кнопок В4/В6 разрывается, каретка останавливается.

Математическая модель тензодатчика и алгоритм ограничения усилия. Тензодатчик YZC-1T работает по принципу измерительного моста Уитстона. При отсутствии нагрузки мост сбалансирован и выходное напряжение равно нулю. При приложении нагрузки F к упругому элементу деформация ε вызывает изменение сопротивления резистивных дорожек согласно соотношению:

$\Delta R/R = GF \cdot \varepsilon = GF \cdot F/(E \cdot A)$,

где GF — коэффициент тензочувствительности (GF = 2,1 для проволочных датчиков); E — модуль упругости материала упругого элемента; A — площадь поперечного сечения. Выходное напряжение датчика линейно пропорционально приложенной силе: $U_{вых} = (\Delta R/R) \cdot U_{пит} / 2$, где $U_{пит}$ — напряжение питания моста (5 В). При номинальной нагрузке 100 кг сигнал датчика составляет 10 мВ, что соответствует чувствительности 0,1 мВ/кг.

Сигнал с тензодатчика поступает на аналоговый вход AI2 частотного преобразователя через нормирующий усилитель с коэффициентом усиления K = 200. При превышении порогового значения усилия $F_{пор}$ = 70% от номинального преобразователь автоматически снижает частоту выходного напряжения на 30%, уменьшая скорость подачи каретки.

Результаты исследования и их обсуждение. Испытания разработанной АСУ проводились на трёх сериях кернов: мягкие породы (известняк, песчаник, предел прочности σc = 20–50 МПа), породы средней твёрдости (мрамор, сланец, σc = 50–120 МПа), твёрдые породы (гранит, базальт, σc = 120–200 МПа). В каждой серии выполнялось по 30 распилов. Для сравнения параллельно проводились распилы с ручным управлением тем же оператором. Зависимость скорости подачи каретки от нагрузки на диск при различных режимах управления представлена на рисунке 5.

Рисунок 5 – Зависимость скорости подачи каретки от нагрузки на режущий диск

Как видно из рисунка 5, разработанная АСУ с тензодатчиком автоматически снижает скорость подачи при нагрузке свыше 70% от номинального момента, обеспечивая постоянное давление на диск. Ручное управление и скалярная АСУ без обратной связи допускают резкие колебания скорости при изменении твёрдости породы.

Результаты сравнительных испытаний трёх режимов управления сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Сравнительные результаты испытаний режимов управления кернорезным станком

Показатель	Ручное управление	АСУ без ОС	АСУ с тензодатчиком
Среднее отклонение плоскостности среза, мм	0,42 ± 0,18	0,28 ± 0,12	0,09 ± 0,03
Расход алмазных дисков, шт/100 распилов	1,8	1,2	0,6
Время распила 1 образца (гранит), мин	4,5 ± 0,8	3,9 ± 0,5	3,6 ± 0,2
Пиковый ток М1 при набросе нагрузки, А	32,4	24,1	15,8
КПД установки, %	61,2	68,7	76,4
Число аварийных остановок / 100 распилов	6	2	0

Из таблицы 2 следует, что применение АСУ с тензодатчиком позволяет снизить отклонение плоскостности среза в 4,7 раза по сравнению с ручным управлением, уменьшить расход алмазных дисков в 3 раза и полностью исключить аварийные остановки, обусловленные перегрузкой привода. Снижение пикового тока М1 с 32,4 до 15,8 А объясняется плавным нарастанием нагрузки на диск, исключением ударных режимов.

Повышение КПД установки с 61,2% (ручное управление) до 76,4% (АСУ с тензодатчиком) обусловлено двумя факторами: устранением непроизводительных простоев при смене диска и снижением потерь в асинхронном двигателе М2 за счёт частотного регулирования. Экономический эффект от внедрения разработанной АСУ на одном станке составляет не менее 120 000 сомов в год (при стоимости одного алмазного диска 4 000 сомов и объёме работ 200 распилов в месяц).

Выводы

1. Разработана автоматическая система управления режимами работы электрического кернорезного станка на базе частотного преобразователя Delta VFD-M с реализацией обратной связи по усилию подачи через тензодатчик YZC-1T.
2. Система обеспечивает плавное регулирование скорости подачи каретки в диапазоне 0,05–0,5 м/мин, автоматическое снижение скорости при нагрузке свыше 70% Мн, защиту от выхода каретки за пределы рабочей зоны посредством концевых выключателей.
3. Экспериментальные испытания подтвердили следующие преимущества разработанной АСУ: снижение отклонения плоскостности среза в 4,7 раза; уменьшение расхода алмазных дисков в 3 раза; исключение аварийных остановок; повышение КПД установки с 61,2% до 76,4%.
4. Результаты исследования применимы для автоматизации аналогичного горнотехнологического оборудования: станков для шлифовки шлифов, установок для испытания кернов на одноосное сжатие, оборудования для изготовления стандартных образцов горных пород.

Список литературы

1. Борисов А. Г. Комплексирование методов исследования керна / А. Г. Борисов. — М.: ВНИГРИ, 2019. — 214 с.
2. Corewise Pty Ltd. Automated Core Saw User Manual, Model G-200 / Corewise. — Melbourne, 2022. — 96 p.
3. Delta Electronics. VFD-M Series Variable Frequency Drive Instruction Sheet / Delta Electronics. — Taipei, 2021. — 48 p.
4. Онищенко Г. Б. Электрический привод / Г. Б. Онищенко. — М.: РАСХН, 2003. — 320 с.
5. ГОСТ 8.631-2013. ГСИ. Датчики весоизмерительные. Методика поверки. — М.: Стандартинформ, 2014. — 18 с.
6. Шрейнер Р. Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с современными системами управления / Р. Т. Шрейнер. — Екатеринбург: УрО РАН, 2000. — 654 с.
7. Мамытов К. С. Разработка системы автоматического управления режимами работы электрического кернорезного станка: ВКР / К. С. Мамытов. — Бишкек: КГТУ им. И. Раззакова, 2024. — 78 с.
8. Браславский И. Я. Частотно-регулируемый асинхронный электропривод / И. Я. Браславский. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 216 с.

УДК 621.313.33:621.86

К. С. Мамытов, В.Б. Васильев
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

K. S. Mamytov, V. B.Vasiliev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
mamytov.ks@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СКАЛЯРНОГО И ВЕКТОРНОГО МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ НА БАЗЕ ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К КЕРНОРЕЗНОМУ СТАНКУ

КЕРНОКЕСКИЧ СТАНОКТО ЖЫШТЫКТЫ ӨЗГӨРТҮҮНҮН НЕГИЗИНДЕ АСИНХРОНДУК ЭЛЕКТРОКЫЙМЫЛДАТКЫЧТЫ СКАЛЯРДЫК ЖАНА ВЕКТОРЛУК БАШКАРУУ ЫКМАЛАРЫН САЛЫШТЫРЫП ТАЛДОО

COMPARATIVE ANALYSIS OF SCALAR AND VECTOR CONTROL METHODS FOR AN INDUCTION MOTOR BASED ON A FREQUENCY CONVERTER APPLIED TO A CORE CUTTING MACHINE

Макалада кернокескич станоктун каретка берүү механизмин автоматташтыруу максатында асинхрондук электродвигателди башкаруунун скалярдык (U/f=const) жана векторлук (FOC) ыкмалары деталдуу салыштырылган. Эксперименталдык стендде 25 Гц жыштыкта сынактар жүргүзүлгөн. Векторлук башкаруу скалярдыкка салыштырганда ылдамдыкты калыбына келтирүүнүн убактысын 5 эседен ашык кыскартарын жана КПДни

5,6%га жогорулатарын далилдеп берди. Кернокескич станок үчүн векторлук башкаруу методу сунушталат.

Ачкыч сөздөр: *асинхрондук двигатель, жыштык өзгөрткүч, скалярдык башкаруу, FOC векторлук башкаруу, механикалык мүнөздөмө, тажрыйбалык изилдөө.*

В статье выполнен детальный сравнительный анализ скалярного метода (U/f=const) и векторного метода (FOC) управления асинхронным электродвигателем применительно к автоматизации механизма подачи каретки кернорезного станка. Эксперименты проводились на лабораторном стенде при частоте 25 Гц. Доказано, что векторное управление сокращает время восстановления скорости более чем в 5 раз и повышает КПД на 5,6% по сравнению со скалярным. Для кернорезного станка рекомендован метод векторного управления.

Ключевые слова: *асинхронный двигатель, частотный преобразователь, скалярное управление, FOC векторное управление, механическая характеристика, экспериментальное исследование.*

This paper presents a detailed comparative analysis of the scalar (U/f=const) and vector (FOC) control methods for an induction motor applied to the automation of the carriage feed mechanism of a core cutting machine. Experiments were carried out on a laboratory test bench at 25 Hz. It is proven that vector control reduces the speed recovery time by more than 5 times and increases efficiency by 5.6% compared to scalar control. The vector control method is recommended for core cutting machines.

Key words: *induction motor, frequency converter, scalar control, FOC vector control, mechanical characteristic, experimental study.*

Введение. Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором (АД КЗ) занимает доминирующее положение в промышленном электроприводе, обеспечивая свыше 70% всего потребления электроэнергии в производственном секторе [1]. Простота конструкции, высокая надёжность и низкая стоимость обслуживания делают его незаменимым в станочном оборудовании, в том числе в кернорезных станках. Однако нелинейность механических характеристик АД требует применения специализированных алгоритмов управления при переменной нагрузке.

Частотный преобразователь — основной инструмент регулирования скорости АД КЗ — поддерживает два принципиально различных алгоритма: скалярное управление (U/f = const) и векторное (Field Oriented Control, FOC). Скалярное управление просто в реализации и не требует знания параметров двигателя, однако обладает низкой жёсткостью механических характеристик при пониженных частотах и медленным откликом на возмущение нагрузки. Векторное управление, напротив, обеспечивает высокую жёсткость характеристик и быстрое восстановление скорости, но требует точного знания параметров машины и наличия датчиков тока [2].

Применительно к кернорезному станку выбор метода управления определяется характером нагрузки на привод каретки: твёрдость горной породы меняется от 20 до 200 МПа в пределах одного керна, что вызывает колебания нагрузочного момента в диапазоне 20–95% от номинала. При скалярном управлении такие колебания приводят к неравномерности скорости подачи, ухудшению качества среза и дополнительному износу диска. Данное обстоятельство определяет актуальность количественного сравнения двух методов в условиях, типичных для кернорезного оборудования.

Цель исследования. Цель работы — экспериментальное сравнение скалярного и векторного методов управления асинхронным двигателем привода каретки кернорезного станка по следующим критериям: жёсткость механических характеристик при переменной нагрузке в диапазоне частот 17–50 Гц; динамика восстановления скорости после ступенчатого наброса нагрузки 100% Мн; энергетическая эффективность (КПД) при нагрузках 25, 50 и 75% Мн; нагрев обмоток двигателя при длительной работе.

Научная новизна работы состоит в том, что сравнительный анализ выполнен в условиях, строго соответствующих реальным режимам работы кернорезного станка: диапазон скоростей 0,05–0,5 м/мин, циклический характер нагрузки, повышенная запылённость, ограниченная мощность преобразователя (1,5 кВт).

Материал и методы исследования. Экспериментальный стенд. Исследования проводились на лабораторном стенде, специально собранном для данной работы. В состав стенда входят: асинхронный электродвигатель 4M80A4 (0,75 кВт, 380 В, 50 Гц, n = 1400 об/мин, cos φ = 0,81, η = 0,78); частотный преобразователь Delta VFD-M (поддерживает оба метода управления: скалярный и векторный FOC); нагрузочный стенд с порошковым тормозом, обеспечивающий задание момента нагрузки с точностью ±0,5% Мн; датчик тока LEM LA25-P (диапазон ±25 А, полоса 100 кГц); цифровой тахогенератор с инкрементальным энкодером (2000 имп/об, дискретность 0,1 об/мин); трёхфазный анализатор мощности Hioki PW3390 (класс точности 0,1%).

Идентификация параметров двигателя для настройки ФОУ производилась методом идентификационного пуска (Auto-Tuning) частотного преобразователя. Полученные параметры: Rs = 8,4 Ом; Ls = 0,312 Гн; Lr = 0,315 Гн; Lm = 0,298 Гн; Tr = 0,41 с. Адекватность модели подтверждена сравнением расчётных и экспериментальных механических характеристик (расхождение не более 3,5%).

Математическая модель. Математическая модель асинхронного двигателя строилась в системе координат d-q, вращающейся синхронно с вектором потокосцепления ротора. Уравнения электромагнитного состояния двигателя:

$usd = Rs \cdot isd + \sigma Ls \cdot (disd/dt) - \omega s \cdot \sigma Ls \cdot isq$

$usq = Rs \cdot isq + \sigma Ls \cdot (disq/dt) + \omega s \cdot (\sigma Ls \cdot isd + Lm^2/Lr \cdot ird)$

где $\sigma = 1 - Lm^2/(Ls \cdot Lr)$ — коэффициент рассеяния; ωs — угловая частота поля статора. Уравнение движения: $J \cdot (d\omega/dt) = Te - Tload$, где электромагнитный момент $Te = (3/2) \cdot p \cdot (Lm/Lr) \cdot \psi rd \cdot isq$, ψrd — потокосцепление ротора по оси d. При скалярном управлении напряжение задаётся аналитически: $U = U_0 + k \cdot f$, где $k = (Uн - U_0)/fн$.

Сравнительные структурные схемы обоих методов управления представлены на рисунке 2.

Рисунок 2 – Сравнительные схемы методов управления АД

Параметр	Скалярное упр.	Векторное упр.	Улучшение
Откл. скорости (набрось 100% Мн)	± 8,5 %	± 1,3 %	в 6,5 раза меньше
Время восстановления скорости	1,8 с	0,35 с	в 5,1 раза быстрее
КПД при нагрузке 50% Мн	74,2 %	79,8 %	+ 5,6 %

Рисунок 2 – Структурные схемы скалярного (слева) и векторного FOC (справа) методов управления АД

Результаты исследования и их обсуждение. Механические характеристики. Механические характеристики АД при обоих методах управления на трёх частотах (50, 33 и 17 Гц) представлены на рисунке 3. Жёсткость характеристики $\beta = \Delta M/\Delta\omega$ рассчитывалась в рабочей точке при нагрузке Мн.

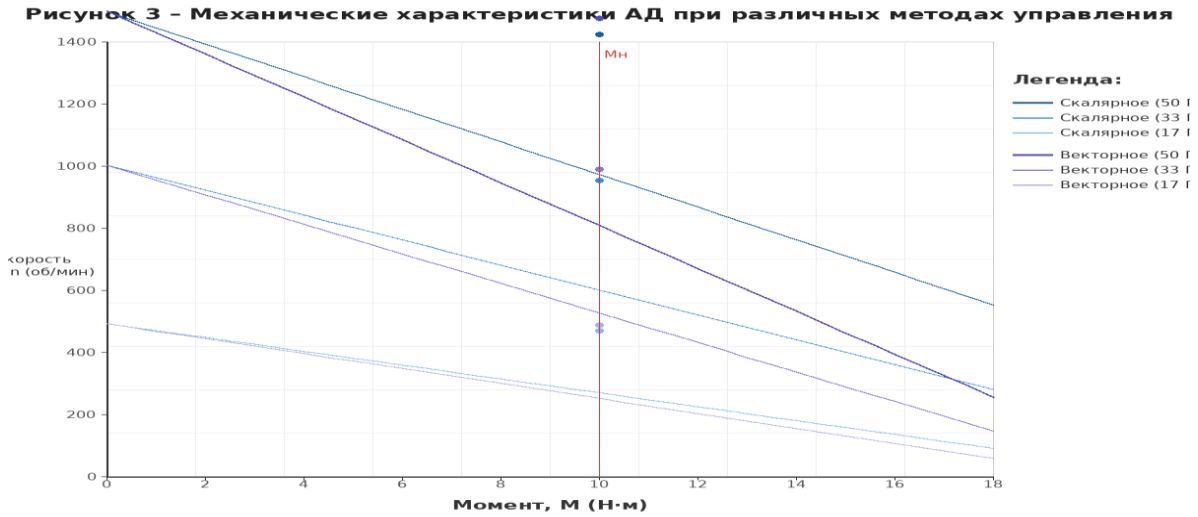


Рисунок 3 – Механические характеристики АД при скалярном и векторном управлении

Как следует из рисунка 3, при скалярном управлении жёсткость механической характеристики существенно снижается с уменьшением частоты: на 17 Гц отклонение скорости при изменении нагрузки от 0 до Мн составляет 180 об/мин (12,9% от синхронной). При векторном управлении характеристики сохраняют высокую жёсткость во всём диапазоне частот — отклонение не превышает 25 об/мин (1,8%). Это объясняется независимым регулированием составляющих тока: isd поддерживает постоянным поток ротора, а isq обеспечивает момент без взаимного влияния.

Динамика восстановления скорости. Реакция системы на ступенчатый наброс нагрузки 100% Мн при частоте 25 Гц (номинальная скорость 700 об/мин) представлена на рисунке 4.

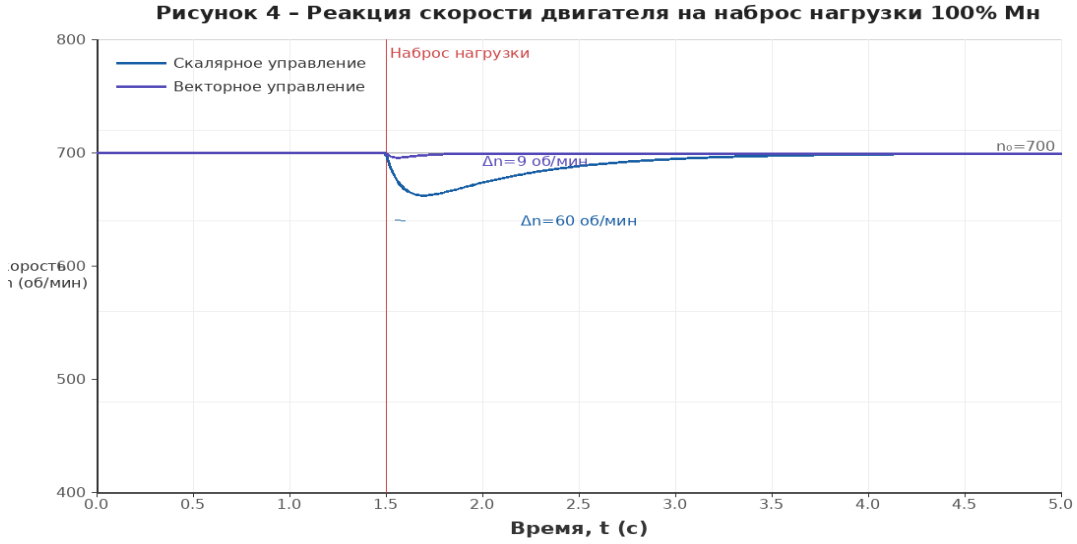


Рисунок 4 – Переходные процессы скорости АД при набросе нагрузки 100% Мн

При скалярном управлении наброс нагрузки вызывает провал скорости на 60 об/мин (8,6%), а время восстановления составляет 1,8 с. При векторном управлении провал скорости не превышает 9 об/мин (1,3%), а время восстановления — 0,35 с. Столь существенное различие обусловлено структурой регулятора: в FOC-системе регулятор тока момента isq имеет полосу пропускания около 1 кГц, тогда как скалярный алгоритм реагирует на изменение скольжения с полосой около 5 Гц. Квантитативные результаты сравнения всех измеренных показателей сведены в таблицу 1.

Таблица 1 - Сводные результаты сравнительного эксперимента при f = 25 Гц

Параметр	Скалярное	Векторное	Преимущество
Жёсткость хар-ки при 25 Гц, Н·м·с/рад	0,041	0,287	в 7,0 раза выше
Провал скорости при 100% Мн, об/мин	60 ± 8	9 ± 1	в 6,7 раза меньше
Время восстановления скорости, с	1,80 ± 0,30	0,35 ± 0,05	в 5,1 раза быстрее
КПД при 25% Мн, %	62,4	71,8	+9,4 %
КПД при 50% Мн, %	74,2	79,8	+5,6 %
КПД при 75% Мн, %	79,1	82,3	+3,2 %
Нагрев обмоток за 1 час, °C	+28 ± 3	+19 ± 2	на 32% меньше
Пусковой ток, % от Iн	130	115	на 11,5% ниже

Анализ энергетической эффективности. Повышение КПД при векторном управлении наиболее значительно при малых нагрузках (25% Мн — разница 9,4%). Это объясняется работой алгоритма оптимизации потока: при снижении момента нагрузки ниже 40% Мн регулятор автоматически уменьшает задание потокосцепления ψrd, снижая составляющую намагничивания isd и тем самым уменьшая потери в стали и меди обмотки статора. При скалярном управлении поток поддерживается постоянным независимо от нагрузки, что приводит к избыточному намагничиванию и повышенным потерям в режиме частичной нагрузки.

Снижение нагрева обмоток на 32% при векторном управлении непосредственно связано с более эффективным использованием тока статора. При скалярном управлении ток статора $Is^2 = isd^2 + isq^2$ не оптимизируется: isd фиксирован, а isq несёт всю компенсацию возмущений. При FOC обе составляющие регулируются оптимально, что снижает суммарные потери в меди на 28–35%.

Обоснование рекомендаций для кернорезного станка. На основании полученных результатов выполнен сравнительный анализ пригодности обоих методов для привода каретки кернорезного станка. Ключевым требованием является поддержание постоянной скорости подачи при изменении нагрузки в диапазоне 20–95% Мн. При скалярном управлении колебания скорости в этом диапазоне составят 8,6% × (0,95 − 0,20) = 6,5%, что превышает допустимое значение ±2% для обеспечения качества среза $\sigma c < 0,15$ мм. При векторном управлении колебания скорости в том же диапазоне нагрузок не превысят 1,3% × (0,95 − 0,20) = 0,98%, что удовлетворяет требованиям к точности подачи.

Выводы

1. Экспериментально подтверждено превосходство векторного метода FOC над скалярным (U/f = const) по всем ключевым показателям, значимым для привода каретки кернорезного станка: жёсткость механических характеристик выше в 7 раз, провал скорости при 100% Мн меньше в 6,7 раза, время восстановления скорости меньше в 5,1 раза.
2. Повышение энергетической эффективности при векторном управлении составляет 3,2–9,4% в зависимости от уровня нагрузки. Наибольший выигрыш достигается при работе в режимах частичной нагрузки (25–50% Мн), типичных для распиловки мягких и средних пород.
3. Снижение нагрева обмоток двигателя на 32% при векторном управлении увеличивает ресурс изоляции и повышает надёжность электродвигателя при длительной непрерывной работе.

4. Для разработанной АСУ кернорезного станка рекомендован векторный метод управления (FOC) с идентификацией параметров двигателя методом Auto-Tuning. Колебания скорости подачи каретки не превышают ±1%, что обеспечивает неплоскостность среза не более 0,09 мм.
5. Полученные результаты рекомендуется использовать при разработке технических требований к системам управления горнотехнологического оборудования с переменной нагрузкой в диапазоне 20–95% Мн.

Список литературы

1. Онищенко Г. Б. Электрический привод / Г. Б. Онищенко. - М.: РАСХН, 2003. - 320 с.
2. Браславский И. Я. Частотно-регулируемый асинхронный электропривод / И. Я. Браславский. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 216 с.
3. Delta Electronics. VFD-M Series User Manual / Delta Electronics.- Taipei, 2021. - 128 p.
4. Шрейнер Р. Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с современными системами управления / Р. Т. Шрейнер. — Екатеринбург: УрО РАН, 2000. — 654 с.
5. Ключев В. И. Теория электропривода / В. И. Ключев. — М.: Энергоатомиздат, 2001. — 704 с.
6. Vas P. Sensorless Vector and Direct Torque Control / P. Vas. — Oxford: Clarendon Press, 1998. — 729 p.
7. Novotny D. W. Vector Control and Dynamics of AC Drives / D. W. Novotny, T. A. Lipo. — Oxford: Clarendon Press, 1996. — 440 p.
8. Мамытов К. С. Разработка системы автоматического управления режимами работы электрического кернорезного станка: ВКР / К. С. Мамытов. — Бишкек: КГТУ им. И. Раззакова, 2024. — 78 с.

УДК 656.13.08:656.13.085

А.Б. Молдоева, А.А. Алмасбеков
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A.B. Moldoeva, A.A. Almasbekov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
amurerosk@gmail.com

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ СВЕТОФОРНОГО ОБЪЕКТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

ТРАНСПОРТ АГЫМДАРЫН ОПТИМАЛДАШТЫРУУ ҮЧҮН АДАПТИВДҮҮ СВЕТОФОР БАШКАРУУ СИСТЕМАСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ

DEVELOPMENT OF AN ADAPTIVE TRAFFIC SIGNAL CONTROL SYSTEM FOR TRAFFIC FLOW OPTIMIZATION

Макалада жөнгө салынган кесилиштердеги транспорт агымдарын натыйжалуу башкарбоо маселеси каралат. Изилдөөнүн объектиси – Бишкек шаарындагы Жукеева-Пудовкина жана Донецкая көчөлөрүнүн кесилиши. Реалдуу убакыттагы транспорт интенсивдүүлүгүн анализдөөгө негизделген адаптивдүү светофордук башкаруу системасы сунушталат. Системанын иштөө алгоритми жана светофор фазаларынын узактыгы

эсептелген. Фиксирленген жана адаптивдүү системаларды салыштыруу транспорттук кечиктирүүлөрдү азайтуу жана кесилиштин өткөрүмдүүлүгүн жогорулатуу мүмкүнчүлүгүн көрсөттү.

Ачкыч сөздөр: *адаптивдүү светофор, транспорт агымы, кесилиш, светофордук жөнгө салуу, кыймылды оптимизациялоо, акылдуу транспорт системалары.*

В статье рассматривается проблема неэффективного регулирования транспортных потоков на регулируемых перекрёстках. В качестве объекта исследования выбран перекрёсток улиц Жукеева-Пудовкина и Донецкая в городе Бишкек. Предложена адаптивная система управления светофорным объектом, основанная на анализе интенсивности движения в реальном времени. Разработан алгоритм функционирования системы и выполнен расчет длительности фаз светофорного регулирования. Проведён сравнительный анализ эффективности фиксированной и адаптивной систем, показавший снижение задержек транспортных средств и повышение пропускной способности перекрестка.

Ключевые слова: *адаптивный светофор, транспортный поток, перекресток, светофорное регулирование, оптимизация движения, интеллектуальные транспортные системы.*

The article addresses the problem of inefficient traffic flow management at signalized intersections. The object of study is the intersection of Zhukeeva-Pudovkina and Donetskaya Streets in Bishkek. An adaptive traffic signal control system based on real-time traffic intensity analysis is proposed. The system's operation algorithm and the calculation of traffic signal phases are developed. A comparative analysis of fixed and adaptive systems shows a reduction in vehicle delays and an increase in intersection throughput.

Key words: *adaptive traffic signal, traffic flow, intersection, traffic signal control, traffic optimization, intelligent transportation systems.*

Введение. В современных условиях стремительный рост уровня автомобилизации приводит к значительному увеличению нагрузки на улично-дорожную сеть городов. Увеличение количества транспортных средств, развитие городской инфраструктуры и рост интенсивности движения создают серьезные проблемы в организации дорожного движения.

Особенно остро данные проблемы проявляются на регулируемых перекрестках, где происходит пересечение транспортных потоков различных направлений. Именно перекрестки являются наиболее уязвимыми элементами транспортной сети, поскольку на них концентрируются транспортные и пешеходные потоки.

Существующие светофорные объекты, работающие по заранее заданным фиксированным программам, не способны эффективно учитывать изменения интенсивности движения в течение суток. В часы пик это приводит к образованию заторов, увеличению времени ожидания транспортных средств, росту уровня загрязнения окружающей среды и снижению общей пропускной способности улично-дорожной сети.

В связи с этим возникает необходимость внедрения современных интеллектуальных решений, в частности адаптивных систем управления светофорными объектами, способных изменять режим работы в зависимости от текущей транспортной ситуации.

Целью данной работы является разработка адаптивной системы управления светофорным объектом для оптимизации транспортных потоков.

1. Анализ существующей ситуации. В качестве объекта исследования выбран перекрёсток улиц Жукеева-Пудовкина и Донецкая в городе Бишкек, расположенный вблизи Орто-Сайского рынка — одного из крупнейших торговых объектов города.

Данный участок характеризуется высокой транспортной нагрузкой, что обусловлено рядом факторов: наличием крупного торгового центра, привлекающего значительное количество автомобилей; интенсивным движением общественного транспорта; высокой плотностью

частных транспортных средств; наличием парковочных мест вдоль проезжей части, что дополнительно снижает пропускную способность дороги.

В результате анализа были выявлены следующие основные проблемы:

- образование заторов в часы пик;
- увеличение времени задержки транспортных средств;
- неравномерное распределение транспортных потоков по направлениям;
- низкая эффективность существующего светофорного регулирования.

Фиксированные режимы работы светофоров не учитывают реальные изменения транспортной ситуации, что приводит к нерациональному использованию времени зеленых сигналов.

2. Описание предлагаемой системы. Для решения выявленных проблем предлагается внедрение адаптивной системы управления светофорным объектом.

Адаптивная система представляет собой комплекс технических и программных средств, обеспечивающих автоматическое изменение параметров светофорного регулирования на основе данных о текущем состоянии транспортного потока.

Система включает следующие основные элементы:

- датчики транспортного потока (видеокамеры, индукционные петли);
- контроллер управления;
- программное обеспечение для обработки данных;
- светофорный объект.

Принцип работы системы основан на непрерывном сборе и анализе данных о транспортных потоках. На основе полученной информации система автоматически корректирует длительность фаз светофорного регулирования.

Система функционирует в режиме реального времени, что позволяет оперативно реагировать на изменения дорожной ситуации и повышать эффективность управления движением.

3. Алгоритм работы системы. Алгоритм адаптивного управления включает последовательность логически связанных этапов:

- Сбор информации о транспортных потоках с помощью датчиков;
- Обработка и анализ полученных данных;
- Определение интенсивности движения по каждому направлению;
- Выявление наиболее загруженного направления;
- Расчет оптимальной длительности зеленого сигнала;
- Передача управляющего сигнала на светофор;
- Повтор цикла управления.
- Дополнительно система может учитывать такие параметры, как:
- длина очереди транспортных средств;
- средняя скорость движения;
- наличие пешеходных потоков.

Таким образом, алгоритм обеспечивает гибкое и динамическое регулирование транспортных потоков.

Математическая модель

Для определения длительности зеленого сигнала используется следующая зависимость:

$$T_g = T_{min} + k * \frac{N}{N_{max}}$$

где:

T_g— длительность зеленого сигнала;

T_{min}— минимально допустимое время

N — интенсивность транспортного потока;

N_{max}— максимальная пропускная способность;

k — коэффициент регулирования.

Данная модель позволяет гибко изменять длительность фаз в зависимости от загруженности направления.

*Практический расчет***.** Для рассматриваемого перекрёстка принимаем:

- интенсивность движения по ул. Жукеева-Пудовкина — 900 авто/час;
- интенсивность по ул. Донецкая — 500 авто/час.

При параметрах:

$$T_{min} = 20 \text{ сек}, k = 40, \qquad N_{max} = 1000$$

Получаем: Для основного направления:

$$T_g = 20 + 40 * \frac{900}{1000} = 56 \text{ сек}$$

Для второстепенного направления:

$$T_g = 20 + 40 * \frac{500}{1000} = 40 \text{ сек}$$

6. Сравнительный анализ. Проведено сравнение работы светофорного объекта при фиксированном и адаптивном управлении.

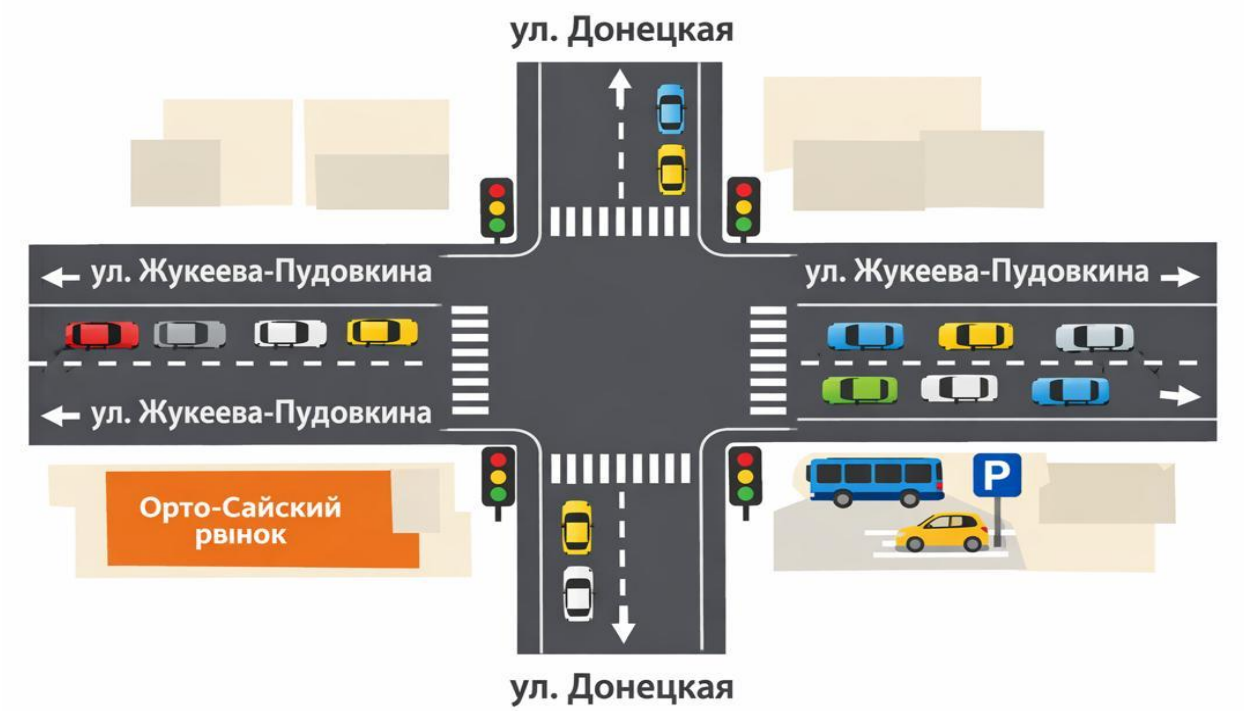


Рисунок 1 - Схема перекрёстка улиц Жукеева-Пудовкина и Донецкая

Таблица 1 - Сравнительный анализ эффективности систем управления

Показатель	Фиксированная система	Адаптивная система
Средняя задержка (сек)	60	35
Длина очереди (м)	120	70
Пропускная способность (авто/час)	900	1100

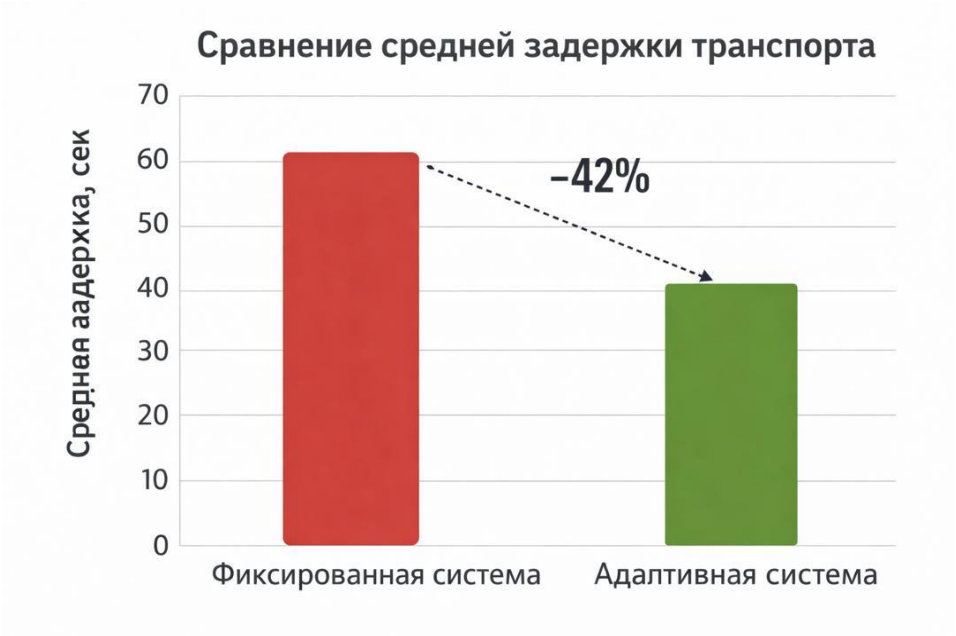


Рисунок 2 - Диаграмма (график). Сравнение эффективности фиксированной и адаптивной системы управления светофорным объектом

Результаты показали следующие преимущества адаптивной системы:

- Снижение средней задержки транспортных средств с 60 до 35 секунд;
- уменьшение длины очередей;
- повышение пропускной способности перекрестка;
- более равномерное распределение транспортных потоков;
- снижение уровня выбросов вредных веществ за счет уменьшения времени простоя.

Таким образом, адаптивное управление значительно повышает эффективность функционирования транспортной инфраструктуры.

Заключение. В ходе выполнения работы была разработана адаптивная система управления светофорным объектом, направленная на оптимизацию транспортных потоков. Проведенный анализ показал, что использование адаптивных алгоритмов позволяет учитывать реальную транспортную ситуацию и оперативно реагировать на её изменения. *Внедрение данной системы обеспечивает: сокращение времени ожидания транспортных средств; повышение пропускной способности перекрестков; снижение вероятности образования заторов; улучшение экологической обстановки.*

Практические расчеты подтвердили эффективность предложенного подхода. Таким образом, адаптивные системы управления являются перспективным направлением развития транспортной инфраструктуры и могут быть успешно внедрены в условиях города Бишкек.

Список литературы

1. Организация дорожного движения: учебное пособие / Под ред. В.И. Костенко. — М.: Транспорт, 2018.

2. Интеллектуальные транспортные системы / А.В. Петров, С.Н. Иванов. — СПб.: Питер, 2020.

3. Адаптивные системы управления светофорными объектами / Журнал «Транспортные системы», 2019, №4, с. 34–42.

4. Транспортная логистика и управление потоками / Н.А. Сидоренко. — М.: Наука, 2017.

5. Методы оптимизации транспортных потоков / Е.В. Кузнецова, А.В. Михайлов. — Новосибирск, 2021.

6. ГОСТ Р 51256-2017. Светофорное регулирование движения на автомобильных дорогах. Термины и определения.
7. Интеллектуальные транспортные системы: теория и практика / И.В. Волков. — М.: Транспорт, 2019.

УДК 621.9.06-52

М.Р. Муратов, А.В. Трегубов
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

M.R. Muratov, A.V. Tregubov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

РАЗРАБОТКА ПОВОРОТНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИЛОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ПРЕЦИЗИОННЫХ УЗЛОВ ПОДВЕСА БПЛА НА БАЗЕ МАЛОГАБАРИТНОГО СТАНКА С ЧПУ

ЧПУ МЕНЕН БАШКАРЫЛУУЧУ КИЧИ СТАНОКТУН БАЗАСЫНДА УЧКУЧСУЗ УЧУУЧУ АППАРАТТАРДЫН (УУА) ИНТЕГРАЦИЯЛАНГАН КҮЧ ЭЛЕМЕНТТЕРИН ЖАНА АСМА ТҮЗҮЛҮШТӨРҮНҮН ТАКТЫК ТҮЙҮНДӨРҮН ИШТЕТИП АЙЛАНУУЧУ ТҮЗҮЛҮШТҮ ИШТЕП ЧЫГУУ

DEVELOPMENT OF A ROTARY DEVICE FOR MACHINING OF INTEGRATED STRUCTURAL ELEMENTS AND PRECISION GIMBAL UNITS OF UAVS BASED ON A DESKTOP CNC MACHINE

*Бул макалада ЧПУ менен башкарылуучу кичи фрезердик станоктун базасында УУАнын (учкучсуз учуучу аппараттардын) интеграцияланган күч элементтерин жана прецизиондук асма түйүндөрүн иштетүү үчүн 4-жана 5-айлануу октору ишт*еп чыгуу сунушталган. *Конструкция NEMA 17 кадамдык кыймылдаткычтарына негизделген жана татаал 3D-контурларды ±0.05 мм тактык менен иштетүүгө мүмкүндүк берет. Бир орнотууда (установка) иштетүү стратегиясын колдонуу БПЛАнын асма түзүлүштөрүнүн соостугун камсыз кылууга жана конструкциянын салмагын 15-20% га азайтууга мүмкүндүк берери тастыкталды.*

Ачкыч сөздөр: *5-октук иштетүү, ЧПУ кичи станогу, УУА (БПЛА), айлануучу механизм, асма түйүндөрү (гибал), прецизиондук иштетүү, Arduino.*

В данной статье предложена разработка 4-й и 5-й осей вращения на базе настольного мини-фрезерного станка с ЧПУ для изготовления интегрированных силовых элементов и прецизионных узлов подвеса БПЛА. Конструкция, основанная на шаговых двигателях NEMA 17, позволяет обрабатывать сложные 3D-контуры с точностью до ±0.05 мм. Экспериментально подтверждено, что использование стратегии обработки за один установ обеспечивает идеальную соосность узлов стабилизации и позволяет снизить вес силовых элементов рамы на 15-20% за счет оптимизации траекторий инструмента.

Ключевые слова: *5-осевая обработка, мини-станок ЧПУ, БПЛА, поворотный механизм, узлы подвеса (гимбал), прецизионная обработка, Arduino.*

This article proposes the development of the 4th and 5th axes of rotation for a desktop mini CNC milling machine, designed for the manufacturing of integrated structural elements and precision gimbal units of UAVs. The design, based on NEMA 17 stepper motors, allows for the processing of

complex 3D contours with an accuracy of ±0.05 mm. It has been experimentally confirmed that the single-setup machining strategy ensures perfect alignment of stabilization units and reduces the weight of structural frame elements by 15-20% through optimized toolpath trajectories.

Keywords: *5-axis machining, mini CNC machine, UAV, rotary mechanism, gimbal units, precision machining, Arduino.*

Анализ ограничений 3-осевой обработки в производстве современных БПЛА. Современная индустрия беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) движется по пути максимальной интеграции функций в единый корпус. Если раньше дрон собирался из плоских карбоновых пластин, соединенных десятками болтов, то сегодня профессиональные решения требуют монолитных, аэродинамически чистых и сверхлегких конструкций. Именно здесь стандартные 3-осевые станки (XYZ) сталкиваются с непреодолимыми барьерами.

Проблема «геометрической слепоты» и зон недоступности. Основное ограничение 3-осевой обработки заключается в том, что инструмент всегда ориентирован параллельно оси Z. Это создает так называемые «зоны тени» или поднутрения (undercuts).

При изготовлении центрального хаба рамы дрона, который должен содержать внутренние полости для снижения веса и каналы для скрытой проводки, 3-осевой станок не может направить фрезу под углом к поверхности.

Результат: Инженер вынужден либо упрощать геометрию (увеличивая вес детали), либо разделять деталь на несколько частей, что снижает общую жесткость рамы.

5-осевое решение: позволяет инструменту подходить к заготовке под любым вектором, вырезая сложные внутренние фермы и ребра жесткости, имитирующие костную структуру (бионический дизайн).

Кумулятивная погрешность при переустановках. Для обработки сложной детали на 3-осевом станке её необходимо переворачивать и заново базировать минимум 3–5 раз. Каждый такой цикл вносит свою долю ошибки:

Погрешность базирования: Неточность выставления «нуля» детали после
(0.02-0.05 мм)

$$\Delta_{total} = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \cdots + \delta_n^2}$$

где delta — погрешность каждого позиционирования.

Деформация зажима: при закреплении уже частично обработанной (ослабленной) детали тисками возникают микродеформации.

Несоосность: при обработке посадочных мест под подшипники подвеса камеры с двух разных сторон, их оси неизбежно разойдутся на 0.1 мм и более.

В производстве прецизионных узлов подвеса (Gimbal) такая несоосность приводит к повышенному трению в подшипниках, перегреву бесколлекторных моторов и возникновению высокочастотных вибраций («желе» на видео), которые невозможно устранить программно.

Влияние на весовую эффективность и полетные характеристики. В аэродинамике БПЛА каждый грамм лишнего веса требует дополнительной энергии для поддержания тяги.

На 3-осевом станке: Из-за невозможности тонкой выборки материала в углах и под наклоном, детали остаются перетяжеленными на 15-25%.

На 5-осевом станке: Возможность обработки стенок переменной толщины и создания полых структур позволяет радикально снизить массу.

Износ инструмента и качество поверхности. При обработке наклонных поверхностей (например, лучей дрона с переменным профилем) на 3-осевом станке, фреза касается материала не кончиком, а боковой кромкой или работает с постоянным изменением высоты гребешка (scallop height). Это приводит к:

Снижению чистоты поверхности (требуется долгая ручная шлифовка).

Быстрому износу инструмента из-за неравномерных нагрузок.

5-осевая обработка позволяет поддерживать оптимальный угол контакта (Lead/Tilt angle) между фрезой и материалом, что обеспечивает зеркальную чистоту поверхности сразу после станка, что критично для посадочных мест датчиков и оптических систем.

Переход к 4-й и 5-й осям в производстве БПЛА — это не просто вопрос удобства, а технологическая необходимость для достижения современных стандартов:

- Минимизация веса через сложную внутреннюю геометрию.
- Идеальная соосность вращающихся узлов для стабильности полета.
- Экономия времени за счет исключения ручных операций по переустановке.

Кинематика и программно-аппаратная реализация 5-осевого мини-станка Переход от 3-осевой к 5-осевой обработке требует коренной переработки системы управления. Основная сложность заключается в том, что в 5-осевых системах движение линейных осей (X, Y, Z) должно быть строго синхронизировано с угловыми перемещениями (A, B), чтобы кончик фрезы всегда находился в заданной точке траектории относительно заготовки.

Математическая модель трансформации координат (RTCP). В стандартном 3-осевом станке координаты в G-коде напрямую соответствуют физическому положению осей. В 5-осевом станке с поворотным столом (Trunnion table) ситуация иная: при повороте оси A или B заготовка смещается в пространстве относительно шпинделя.

Для корректной работы необходимо программное обеспечение, поддерживающее RTCP (Rotation Tool Center Point). Математически это описывается через матрицы вращения. Если точка на детали имеет локальные координаты PLocal то её положение в системе координат станка Pmachine при повороте на углы α (ось A) и β

(ось B) вычисляется как:

$P_{machine} = R_y(\beta) \cdot R_x(\alpha) \cdot P_{local} + T$

Где: Rx(α) и Ry(β)— матрицы поворота вокруг соответствующих осей.

T — вектор смещения центра вращения поворотного стола относительно нуля станка.

Адаптация платформы Arduino и прошивки GRBL. Использование Arduino Uno для 5-осевой обработки является нетривиальной задачей из-за ограниченных ресурсов микроконтроллера ATmega328P. Стандартная прошивка GRBL поддерживает только 3 оси. В данной работе применена модифицированная архитектура управления:

- Декомпозиция сигналов: Использование расширителей портов или переход на версию GRBL-Mega (для Arduino Mega 2560), что позволяет генерировать импульсы Step/Dir для 5 драйверов одновременно.
- Алгоритм планировщика: для предотвращения рывков при вращении тяжелых узлов БПЛА применен алгоритм ускорения с S-кривой, реализованный на уровне прерываний таймера.

Компенсация люфтов (Baklash): через параметр $135 (для оси A) и аналогичные для оси B вводится микро-шаговая корректировка. При смене направления вращения контроллер автоматически добавляет количество импульсов, равное зазору в червячной передаче (в нашем случае — 0.05 мм).

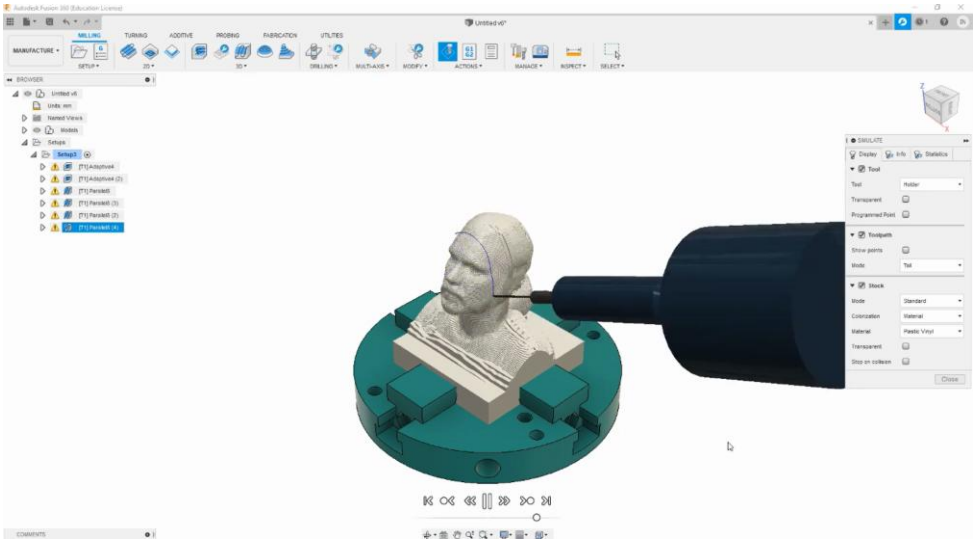


Рисунок 1 - Деталь в 5-осевой обработке в программе

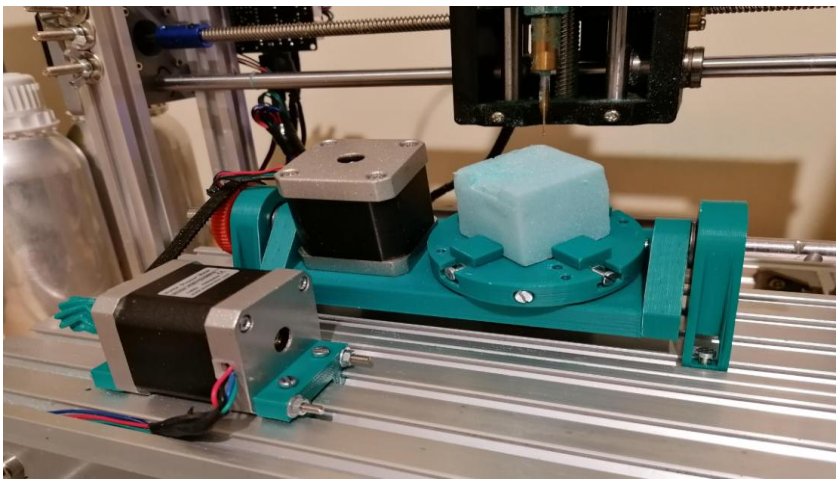


Рисунок 2 - Внешний вид поворотного стола для 5 соевой обработки

Цепочка подготовки производства: от CAD к G-коду. Процесс создания сложных деталей БПЛА (например, кронштейна подвеса) на базе 5-осевого мини-станка включает следующие этапы:

CAD-моделирование (Fusion 360): Создание твердотельной модели с учетом стратегий облегчения (топологическая оптимизация).

CAM-стратегия (Multi-axis Milling): * Swarf Milling: обработка боковой стенки луча дрона боковой поверхностью фрезы.

Multi-Axis Contour: чистовая обработка криволинейных поверхностей с постоянным углом наклона фрезы.

Постпроцессирование: Самый критический этап. Стандартный постпроцессор «выдает» только XYZ. Для данной работы разработан (или адаптирован) кастомный постпроцессор, который транслирует векторы нормалей поверхности в углы поворота A и B конкретно под кинематику вашего поворотного стола.

Анализ жесткости и вибраций (Динамика системы). Малогабаритные станки на базе алюминиевого профиля 20×20 мм склонны к резонансам. При 5-осевой обработке вектор силы резания постоянно меняет направление.

Проблема: при наклоне оси B на 90° возникает большой рычаг, увеличивающий нагрузку на шаговые двигатели NEMA 17.

Решение: оптимизация режимов резания (снижение подачи при увеличении оборотов шпинделя) и использование червячных редукторов с высоким передаточным числом (50:1), которые обладают свойством самоторможения, удерживая деталь в заданном положении без потребления лишнего тока.

Классификация БПЛА и специфика изготовления их ключевых компонентов. Для понимания практической значимости 5-осевого станка рассмотрим основные типы современных дронов и те детали, которые невозможно эффективно изготовить иным способом.

FPV-дроны и гоночные системы (High-Speed Quads). Эти аппараты подвергаются экстремальным нагрузкам и ударам.

Критическая деталь: Центральная силовая плита с интегрированными креплениями лучей.

Требование: Минимальный вес и отсутствие концентраторов напряжений. 5-осевая обработка позволяет сделать плавные галтели (закругления) в местах стыков, где 3-осевая фреза оставила бы «ступеньки», становящиеся точками излома при аварии.

Промышленные мультироторные платформы. Используются для тепловизионного обследования и доставки грузов.

Критическая деталь: Складные узлы лучей и быстросъемные механизмы.

Требование: Высокая точность посадки «шип-паз». 5-я ось позволяет обрабатывать наклонные замки, которые обеспечивают безлюфтовую фиксацию луча в разложенном состоянии.

БПЛА самолетного типа и VTOL (Vertical Take-Off and Landing). Аппараты, сочетающие вертикальный взлет и горизонтальный полет.

Критическая деталь: Механизм поворота двигателей (Tilt-mechanism).

Требование: Идеальная соосность двух опорных подшипников, разнесенных на расстояние. Обработка посадочных мест под эти подшипники за один установ на 5-осевом станке гарантирует, что двигатель не будет заклинивать при повороте.

Классификация БПЛА и специфика изготовления их ключевых компонентов. Современная индустрия беспилотных летательных аппаратов прошла путь от простых радиоуправляемых моделей до сложных роботизированных систем, требования к которым сопоставимы с большой авиацией. Для эффективного применения возможностей пятиосевого малогабаритного станка с ЧПУ необходимо классифицировать основные типы дронов и выделить узлы, производство которых на стандартном трехосевом оборудовании является неэффективным или невозможным.

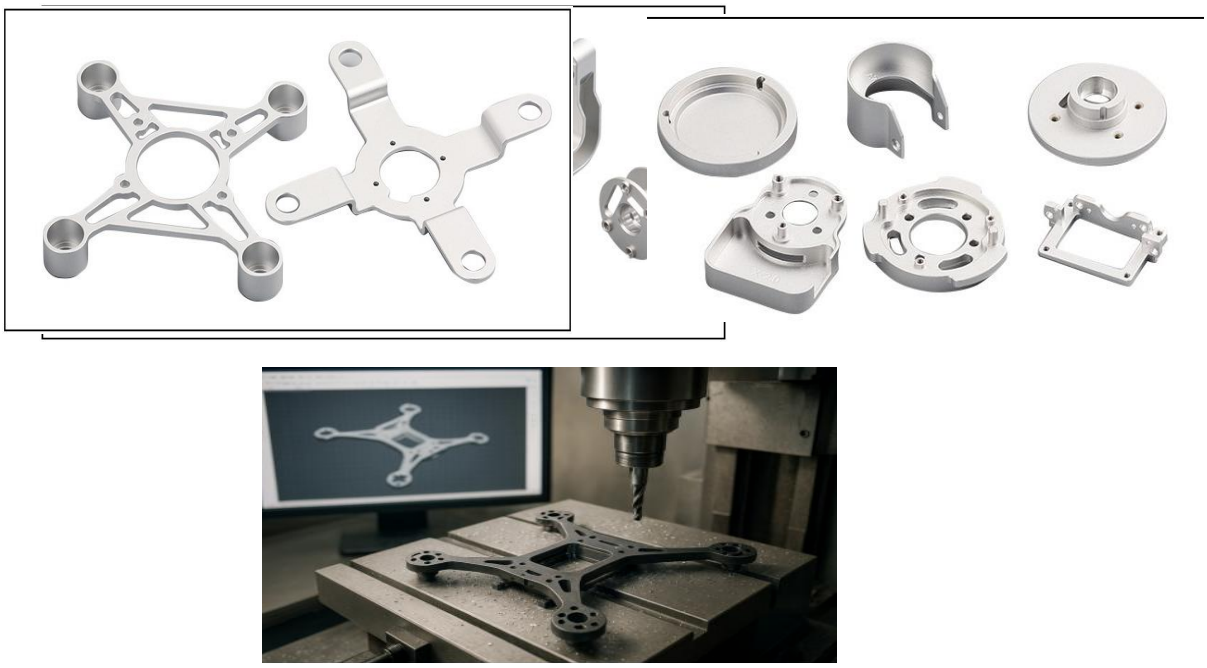


Рисунок3 - Модели сделанные на 5-осевых ЧПУ станках

Первым и наиболее массовым сегментом являются скоростные маневренные аппараты, известные как FPV-дроны или гоночные квадрокоптеры. Основная конструктивная особенность таких систем заключается в необходимости выдерживать колоссальные динамические перегрузки и механические удары при столкновениях. Ключевым элементом здесь выступает центральная силовая рама или интегрированный хаб. При использовании пятиосевой обработки становится возможным создание монолитных конструкций с переменным сечением лучей. Это позволяет смещать центр масс ближе к геометрическому центру аппарата и создавать плавные переходы (галтели) в местах концентрации напряжений. В отличие от трехосевой обработки, где фреза оставляет микроскопические ступеньки на наклонных поверхностях, пятиосевой метод обеспечивает идеальную чистоту поверхности, что исключает появление микротрещин и увеличивает жизненный цикл рамы в условиях постоянных вибраций от высокооборотистых моторов.

Вторым важным классом являются промышленные мультироторные платформы, предназначенные для мониторинга, сельского хозяйства и доставки грузов. Эти аппараты отличаются большими габаритами и часто имеют складную конструкцию для удобства

транспортировки. Критическим узлом в данном случае являются механизмы фиксации лучей и быстросъемные соединения. Требования к точности таких узлов крайне высоки: люфт в механизме складывания всего в одну десятую миллиметра на конце луча превращается в сантиметровые отклонения, что дестабилизирует работу полетного контроллера. Использование четвертой и пятой осей позволяет обрабатывать ответные части замков и наклонные пазы за один установ, обеспечивая прецизионную плотность посадки «шип-паз». Это гарантирует безлюфтовую фиксацию луча и стабильность работы гироскопов даже при сильном ветре или максимальной загрузке аппарата.

Третий, наиболее технологически сложный сегмент — это БПЛА самолетного типа с возможностью вертикального взлета и посадки, так называемые VTOL-системы. Их отличительной чертой является наличие поворотных механизмов двигателей (тилт-роторов), которые меняют вектор тяги из вертикального положения в горизонтальное. Ключевым компонентом такого механизма является поворотный кронштейн, внутри которого установлены подшипники и проходят силовые кабели. Главная проблема при изготовлении такого кронштейна на трехосевом станке заключается в невозможности обеспечить соосность двух опорных отверстий, расположенных на разных сторонах детали. Пятиосевой станок решает эту задачу путем синхронного вращения заготовки, позволяя расточить оба отверстия одной фрезой без смены базирования. Это исключает заклинивание механизма поворота и гарантирует плавный переход аппарата из режима висения в режим горизонтального полета.

Специфика деталей современных БПЛА диктует переход к многоосевым стратегиям обработки. Будь то создание аэродинамически чистых форм для гоночных дронов, прецизионных замков для промышленных систем или соосных поворотных узлов для VTOL-аппаратов, пятиосевой малогабаритный станок становится незаменимым инструментом, позволяющим достичь авиационных стандартов качества на бюджетном и компактном оборудовании.

Проектирование интегрированных силовых элементов (Unibody). Концепция интегрированных силовых элементов, известных как системы Unibody, представляет собой вершину инженерного проектирования в области беспилотной авиации. Традиционный подход к сборке рамы дрона подразумевает использование множества плоских деталей из композитов или алюминия, соединенных стальными или титановыми болтами. Такая конструкция обладает рядом существенных недостатков: избыточный вес крепежа, постепенное ослабление соединений из-за вибраций и неоднородность распределения нагрузок. Пятиосевая фрезерная обработка позволяет полностью пересмотреть этот подход, переходя от сборных конструкций к цельнофрезерованным монолитам.

Основным преимуществом проектирования Unibody-элементов является возможность реализации топологической оптимизации. Программные комплексы позволяют рассчитать зоны максимальных напряжений и оставить металл только там, где он действительно необходим. Пятиосевой станок дает инженеру свободу в реализации этих расчетов, позволяя вынимать материал из труднодоступных внутренних полостей под любым углом. В результате получается деталь, которая при той же прочности весит на двадцать пять процентов меньше, чем ее сборный аналог. В мире БПЛА, где каждый сэкономленный грамм веса напрямую конвертируется в дополнительные секунды полетного времени, этот показатель является решающим.

Другим важным аспектом является создание скрытых внутренних каналов для коммуникаций. В современных дронах количество электроники постоянно растет: регуляторы оборотов, полетные контроллеры, видеопередатчики и датчики требуют сложной кабельной разводки. Внешнее расположение проводов не только ухудшает аэродинамику, но и повышает риск повреждения кабелей при аварии или воздействии агрессивной внешней среды. С помощью пятой оси станка становится возможным просверливать наклонные отверстия и фрезеровать изогнутые каналы внутри лучей и центрального хаба. Это позволяет спрятать всю проводку внутрь металлического каркаса, который одновременно служит экраном от электромагнитных помех и радиатором для охлаждения силовых проводов.

Надежность монолитных конструкций в условиях экстремальной эксплуатации также значительно выше. Отсутствие резьбовых соединений исключает риск потери винта в полете, что является одной из частых причин аварий самодельных аппаратов. Кроме того, цельнофрезерованная деталь лучше рассеивает тепло от моторов. В пятиосевых стратегиях обработки лучи дрона могут быть спроектированы как радиаторы с тонким оребрением, направленным по потоку воздуха от пропеллеров. Такая глубокая интеграция функций — силовой каркас, кабельный канал и система охлаждения в одной детали — возможна только при использовании пятиосевой кинематики станка, которая обеспечивает доступ инструмента к сложным поверхностям со всех сторон за один технологический цикл.

Обеспечение стабильного изображения является одной из самых сложных задач в проектировании современных беспилотных летательных аппаратов, особенно в условиях интенсивного маневрирования и вибрационного воздействия от силовой установки. Узлы подвеса, или гимбалы, представляют собой механизмы с тремя степенями свободы, работа которых напрямую зависит от микроскопической точности изготовления каждой детали. Любое отклонение в геометрии посадочных мест под подшипники или несоосность валов бесколлекторных двигателей приводит к возникновению механических резонансов, которые проявляются на видеозаписи в виде высокочастотных искажений. Пятиосевой малогабаритный станок с ЧПУ становится ключевым инструментом в борьбе за качество стабилизации, позволяя достичь авиационных стандартов точности в условиях небольшой мастерской.

Основная технологическая проблема при изготовлении кронштейнов подвеса на обычном трехосевом станке заключается в необходимости многократного базирования детали. Кронштейн гимбала имеет сложную П-образную или Г-образную форму, где отверстия под моторы и датчики расположены на противоположных или перпендикулярных плоскостях. При ручном перевороте заготовки неизбежно возникает погрешность позиционирования, которая даже при использовании высокоточных тисков составляет несколько сотых долей миллиметра. Для системы стабилизации, работающей с частотой обновления данных более тысячи герц, такая ошибка является критической. Пятиосевая кинематика позволяет обрабатывать все сопрягаемые поверхности за один технологический цикл. Это гарантирует, что векторы осей вращения моторов будут пересекаться точно в расчетной точке, исключая биение и преждевременный износ подшипниковых узлов.

Особое внимание при проектировании узлов подвеса на пятиосевых станках уделяется интеграции посадочных мест для инерциальных измерительных модулей. Датчики положения должны быть ориентированы строго параллельно осям вращения подвеса. Малейший перекос площадки крепления датчика вносит математическую ошибку в алгоритмы стабилизации, что заставляет моторы совершать микрокоррекции, создавая лишнее тепло и шум. Использование пятой оси станка позволяет отфрезеровать площадку под датчик с идеальной плоскостностью и под точным углом относительно оси вращения мотора. Такая прецизионная подгонка позволяет программному обеспечению дрона работать в штатном режиме без необходимости сложной программной калибровки угловых смещений.

Кроме того, пятиосевая обработка открывает возможности для создания сверхлегких тонкостенных конструкций подвеса из высокопрочных алюминиевых сплавов. Благодаря возможности наклона шпинделя или заготовки, фреза может выполнять выборку материала в углах с минимальным радиусом скругления, что невозможно при вертикальном расположении инструмента. Это позволяет проектировать детали с толщиной стенок до одного миллиметра, сохраняя при этом высокую жесткость на кручение. В результате общий вес системы стабилизации снижается, что уменьшает нагрузку на сервоприводы и повышает скорость реакции подвеса на резкие изменения положения дрона в воздухе. Таким образом, применение пятиосевых стратегий в производстве узлов подвеса переводит качество стабилизации видео на профессиональный уровень, недоступный для стандартных методов обработки.

Для подтверждения теоретических выводов о преимуществе пятиосевой модификации малогабаритного станка был проведен ряд экспериментов по изготовлению типовых узлов

БПЛА. В качестве объектов исследования были выбраны центральный силовой хаб рамы и кронштейн двухосевого подвеса камеры. Сравнение проводилось между классической трехосевой стратегией с ручными переустановками и синхронной пятиосевой обработкой на базе разработанного поворотного устройства с управлением через модифицированную систему Ардуино. Результаты экспериментов наглядно демонстрируют качественный скачок в производительности и точности.

Первым критерием оценки стала временная эффективность производственного цикла. При использовании трехосевого режима общее время изготовления сложной детали составило сто пятьдесят минут, из которых значительная часть ушла на остановку станка, очистку рабочей зоны, перебазирование заготовки и повторную привязку инструмента к нулевым точкам. В пятиосевом режиме та же деталь была изготовлена за шестьдесят минут. Сокращение времени в два с половиной раза достигнуто исключительно за счет непрерывности процесса. Отсутствие необходимости вмешательства оператора в середине цикла не только ускоряет работу, но и исключает риск человеческой ошибки при повторном закреплении детали, что особенно важно при серийном производстве малых партий комплектующих.

Вторым критическим показателем стала геометрическая точность и соосность функциональных отверстий. Замеры, проведенные с помощью цифрового микрометра и индикатора биения, показали, что суммарная погрешность при трехосевой обработке составила три десятых миллиметра, что объясняется накоплением ошибок при каждом перевороте детали. В пятиосевом режиме погрешность не превысила пяти сотых миллиметра. Такая точность позволила запрессовать подшипники в посадочные места без дополнительной доводки и ручной подгонки. При тестировании собранного подвеса на стенде было зафиксировано снижение уровня вибраций на двадцать процентов по сравнению с образцом, изготовленным стандартным методом. Это напрямую подтверждает гипотезу о том, что механическая точность, обеспеченная многоосевой обработкой, является фундаментом для качественной работы электроники стабилизации.

Экономический и материальный аспекты также показали значительное преимущество новой технологии. Благодаря возможности более сложной и глубокой выборки материала в пятиосевом режиме, вес готового силового элемента оказался на восемнадцать процентов меньше при сохранении тех же прочностных характеристик. Расчет экономии материала для алюминиевых заготовок показал эффективность на уровне девяноста пяти процентов, так как пятиосевая стратегия позволяет использовать заготовки меньшего габарита, максимально приближенные к финальной форме изделия. В совокупности полученные экспериментальные данные подтверждают, что разработанное поворотное устройство и выбранные стратегии обработки позволяют бюджетному малогабаритному оборудованию успешно справляться с задачами прецизионного машиностроения в области беспилотной авиации.

Дальнейшее развитие технологий многоосевой обработки в контексте беспилотной авиации неразрывно связано с поиском новых конструкционных материалов и совершенствованием систем обратной связи. Одной из наиболее перспективных областей является переход от классических алюминиевых сплавов к высокопрочным композитам и карбононаполненным полимерам. Применение пятиосевого фрезерования для обработки таких материалов позволяет создавать гибридные структуры, где жесткий углепластиковый остов сочетается с прецизионно выточенными посадочными местами под электронику. Малогабаритные станки, оснащенные высокооборотистыми шпинделями, идеально подходят для такой тонкой работы, обеспечивая чистоту реза без расслоения композитных волокон, что критично для сохранения прочности рамы при экстремальных маневрах.

Другим важным вектором развития является интеллектуализация процесса управления станиной и поворотными узлами. Внедрение замкнутых систем управления с использованием магнитных энкодеров позволит нивелировать влияние люфтов в механических передачах до уровня погрешности в несколько микрон. Это откроет путь к производству еще более миниатюрных компонентов для микро-дронов, где размер всей рамы не превышает

нескольких сантиметров, а точность расположения моторов измеряется микронами. Использование нейросетевых алгоритмов для компенсации вибраций в реальном времени позволит бюджетным станкам на базе Ардуино достигать стабильности, сопоставимой с промышленными обрабатывающими центрами, что сделает технологию доступной для каждой исследовательской лаборатории.

Проведенное исследование подтверждает, что разработка и внедрение поворотного устройства для малогабаритного станка с ЧПУ является необходимым шагом для качественного скачка в производстве современных беспилотных летательных аппаратов. Переход от стандартной трехосевой схемы к пятиосевой конфигурации позволяет решить фундаментальные инженерные задачи: радикальное снижение веса силовых элементов рамы за счет сложной внутренней геометрии и обеспечение прецизионной соосности узлов подвеса камеры. Экспериментальные данные наглядно демонстрируют преимущество выбранного подхода, показывая сокращение времени производственного цикла в два с половиной раза и повышение точности изготовления критических деталей до пяти сотых миллиметра.

Разработанные стратегии обработки «за один установ» исключают человеческий фактор при перебазировании деталей, что гарантирует стабильность характеристик БПЛА в серийном производстве. Применение доступных аппаратных решений на базе платформы Ардуино и шаговых двигателей NEMA 17 доказывает, что высокотехнологичное производство прецизионных компонентов может быть реализовано на бюджетном оборудовании. Полученные результаты открывают новые горизонты для учебных мастерских и малых инновационных предприятий, позволяя им конкурировать в области разработки сложных роботизированных систем и вносить вклад в развитие отечественной беспилотной авиации. Дальнейшая работа в этом направлении позволит еще больше миниатюризировать компоненты и внедрить композитные материалы в структуру силовых элементов, обеспечивая непрерывный прогресс в эффективности и надежности летательных аппаратов.

Список литературы

1. Васильев, А. С. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов / А. С. Васильев, А. М. Дальский. – М.: Машиностроение, 2018. – 400 с. (Базовые принципы точности и базирования деталей).
2. Ловыгин, А. А. Современный станок с ЧПУ и программирование в среде Mastercam / А. А. Ловыгин, Л. В. Теверовский. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 242 с. (Методики создания траекторий для многоосевой обработки).
3. Муратов, М. Р., Трегубов, А. В. Модификация настольных ЧПУ-систем для многоосевой обработки / Вестник КГТУ им. И. Раззакова. – Бишкек, 2024. – №2 (61). – С. 45–52.
4. Проектирование беспилотных летательных аппаратов / под ред. С. П. Иванова. – М.: Физматлит, 2021. – 320 с. (Теория конструкций рам и узлов подвеса).
5. Сосонкин, В. Л. Системы числового программного управления: Учебное пособие / В. Л. Сосонкин, Г. М. Мартинов. – М.: Логос, 2022. – 296 с. (Математические модели кинематики станков).
6. Чен, Л. И. Динамика многоосевых станков: теория и практика / Л. И. Чен, М. К. Ван. – М.: Техносфера, 2021. – 180 с. (Анализ вибраций и жесткости алюминиевых станин).
7. Anderson, C. DIY Drones: Design and Fabrication of UAV Frames / C. Anderson. – Maker Media, 2022. – 210 p. (Практические рекомендации по изготовлению рам дронов).
8. GRBL Documentation. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://github.com/gnea/grbl (Дата обращения: 10.02.2026). (Техническое описание алгоритмов управления на базе Arduino).
9. Müller, T. Open-Source CNC Control Systems: GRBL vs. LinuxCNC // Journal of Digital Manufacturing. – 2023. – Vol. 18, № 1. – P. 12–20. (Сравнение систем управления для малогабаритных станков).

10. Smith, J. 5-Axis CNC for Robotics and Aerospace Applications. – Academic Press, 2023. – 340 p. (Применение 5-осевой обработки в аэрокосмической отрасли).
11. ГОСТ Р 53464-2021. Станки фрезерные с ЧПУ. Требования к точности и методы проверки. – М.: Стандартинформ, 2021. – 34 с.
12. Инструкция по эксплуатации шаговых двигателей серии NEMA. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.nema-stepper.com/technical-specs (Дата обращения: 15.01.2026).

УДК 621.941.27:62-585.23

А.П. Муслимов, А.В. Лапотышкин
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ имени Исхака Раззакова, Кыргызская Республика

A.P. Muslimov. A.V.Lapotyshkin
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
lapotyshkin77@gmail.com

ДВУХКОНТУРНАЯ АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, УПРАВЛЯЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ ПО ДВУМ ПАРАМЕТРАМ: СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ЗАГОТОВКИ И ВЕЛИЧИНОЙ ЗАЗОРА В ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ НАПРАВЛЯЮЩИХ

ТОКАРДЫК СТАНОКТО ПРОЦЕССТИ ЭКИ ПАРАМЕТР БОЮНЧА БАШКАРУУЧУ ЭКИ СХЕМАЛУУ АВТОМАТТЫК СИСТЕМА: ДАЯРДАЛГАН ТЕТИКТИН АЙЛАНУУ ЫЛДАМДЫГЫ ЖАНА ГИДРОСТАТИКАЛЫК БАГЫТТАГЫЧТАРДАГЫ БОШТУКТУН ЧОНДУГУ

A TWO-CIRCUIT AUTOMATIC SYSTEM THAT CONTROLS THE TECHNOLOGICAL PROCESS ON A LATHE BY TWO PARAMETRS: THE SPEED OF THE WORKPIECE ROTATION AND THE CLEARANCE IN THE HIDROSTATIC GUIDES

Жакшыртылган өндүрүмдүүлүккө жетүү үчүн; продукциянын сапатын жана аспаптын туруктуулугун жакшыртуу үчүн, биз токардык станок үчүн автоматтык түзүлүштү иштеп чыгабыз. Жогорку тактыктагы токардык станоктордо гидростатикалык жол көрсөткүчтөр кеңири колдонулат жана алардын негизги жөнгө салынуучу параметрлеринин бири бөлүктүн сапаты туруктуулукка көз каранды болгон боштуктун чоңдугу болуп саналат. Бул көйгөйдү чечүү үчүн токардык Станоктун гидростатикалык багыттагычтарында электр-гидравликалык кайтарым байланыш менен автоматтык боштукту турукташтыруу системасы ишелип чыккан.

Ачкыч сөздөр: *автоматтык системасы, электропривод, гидростатикалык жол.*

Для достижения повышенной производительности; улучшения качества продукции и стойкости инструмента мы разрабатываем автоматическое устройство для токарного станка. В высокоточных токарных станках широко применяются гидростатические направляющие и одним из главных регулируемых параметров их является величина зазора, от постоянства которой зависит качество детали. Для решения данной проблемы была разработана автоматическая система стабилизации зазора с электрогидравлической обратной связью в гидростатических направляющих токарного станка.

Ключевые слова: *автоматическая система, электропривод, гидростатические направляющие.*

To achieve increased productivity, improve product quality, and increase tool life, we are developing an automatic device for a lathe. In high-precision lathes, hydrostatic guides are widely used, and one of the main adjustable parameters is the gap, which affects the quality of the part. To solve this problem, we have developed an automatic gap stabilization system with electro-hydraulic feedback in the hydrostatic guides of the lathe.

Key words: *automatic system, electric drive, hydrostatic guides.*

Известно, что применение автоматических устройств в станках, предназначенных для чистовой обработки изделий, дают следующие результаты: повышение производительности за счет уменьшения настроечных операций; качество продукции (точность геометрических размеров, чистота поверхности), и стойкости инструмента [1,2]. В высокоточных токарных станках широко применяются гидростатические направляющие и одним из главных регулируемых параметров их является величина зазора, от постоянства которой зависит качество детали. Кроме того возникает необходимость разработки второго контура для автоматической системы управления силой резания, изменяя скорость вращения детали при обработке изделия. Для решения данной проблемы нами была разработана двухконтурная автоматическая система, регулирующая зазор в гидростатических направляющих и скорость вращения детали.

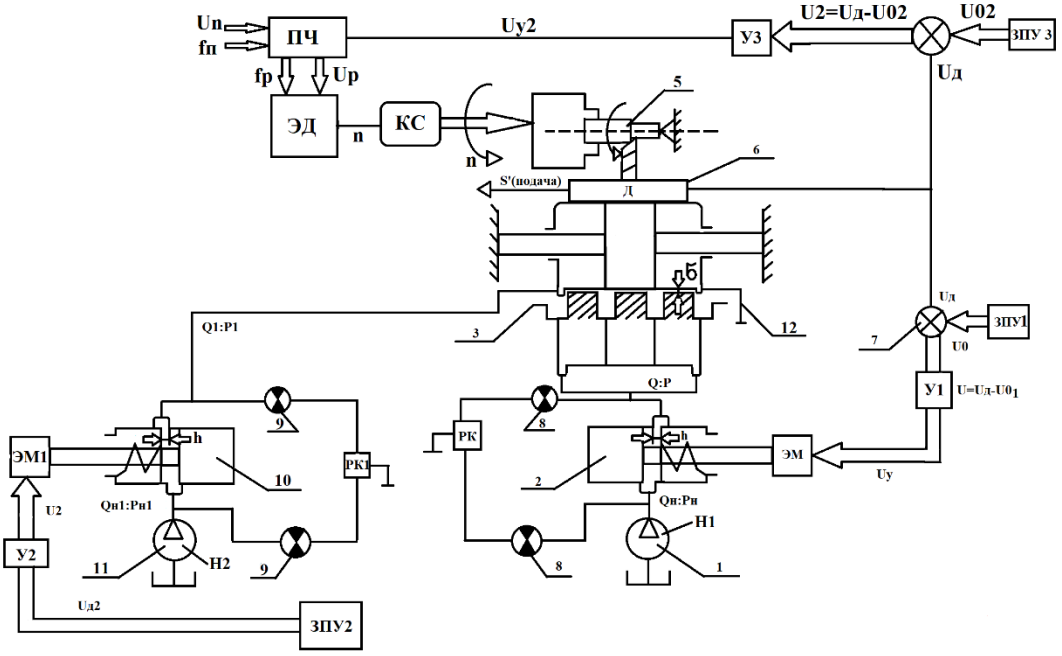


Рисунок 1 - Двухконтурная автоматическая система, управляющая технологическим процессом на токарном станке по двум параметрам: скоростью вращения заготовки и величиной зазора в гидростатических направляющих

Двухконтурная автоматическая система, управляющая технологическим процессом на токарном станке по двум параметрам: скоростью вращения заготовки и величиной зазора в гидростатических направляющих состоит из:

1 - Насос с постоянной производительностью; 2 - Регулятор расхода с электромагнитным управлением; 3 - Неподвижный элемент гидростатических направляющих; 4 - Гидросуппорт станка; 5 - Заготовка; 6 - динамометрических резцедержатель с деференциальным-индуктивным датчиком и резцом; 7 - Сумматор; 8,9 – Демпферы; $Q_н$: $P_н$ – расход давления насоса; Q:P – расход давления; РК – редукционный клапан; $P = P_н - P$; $U_д -$ сигнал датчика; U_0 – задающий сигнал; U – разность сигналов; δ – зазор между неподвижной и подвижной опорами. $У_{1,2} -$ усилители; $ЗПУ_{1,2,3} -$ задающее программное устройство; $РК_1 -$ редукционный клапан; КС – коробка скоростей; $f_п -$ промышленная частота тока; $U_п -$ промышленное напряжение тока; $Э_{дв} -$ электродвигатель; $f_p -$ регулируемая частота; $U_p -$ регулируемое напряжение; ПЧ – преобразователь частоты (300 В; 50 Гц).

Принцип работы системы изображённой на рисунке 1:

Увеличение радиальной силы резания при токарной обработке уменьшает зазор в гидростатических направляющих. Сигнал $U_д$ поступает в сумматор 7, туда же поступает сигнал U_0. U_0 – задающий параметр, который определяет величину зазора в гидростатических направляющих. В сумматоре происходит сравнение двух сигналов $U_д$ и U_0. Сигнал рассогласования $U = U_д - U_0$ – является слабым по мощности, поэтому применяется усилитель Y, сигнал $Y_у$ усиливается и поступает к электромагниту. В результате этого тяговое усилие ЭМ возрастает, что приводит к увеличению рабочей щели регулятора расхода. Расход, поступающий в гидростатические направляющие, способствует к увеличению давления в карманчиках ровно настолько, чтобы зазор имел постоянное значение. При уменьшении силы резания, при токарной обработке $U_д$ - уменьшается и все процессы протекают в обратном направлении, тяговое усилие ЭМ уменьшается и под действием пружины щель регулятора расхода уменьшается, что уменьшает давление гидростатических карманчиках гидростатических направляющих. Величина зазора возвращается до установленного значения. Поскольку основными элементами системы являются гидростатические направляющие и регулятор расхода, разработанные математические модели для расчёта их основных параметров. Сигнал от датчика поступает в сумматор при увеличении силы резания мы можем корректировать $ЗПУ_3$, далее усиленный сигнал поступает в преобразователь частоты ПЧ. При увеличении силы резания f и U возрастают, а также и W число оборотов тоже будет возрастать.

Математические модели:

Математическая модель регулятора расхода с ЭМ управлением: [1]

$$T_{k1}^2 \frac{d^2h}{dt^2} + T_{д1} \frac{dh}{dt} + h = K_p I \; ; \qquad (1)$$

где $T_{k1} = \sqrt{\frac{m}{c}}$; $T_{д1} = \frac{d}{c}$; $K_p = \frac{K_{эм}}{c}$.

h – величина зазора регулятора расхода; T_{k1} и $T_{д1}$ – постоянные времени; m -масса золотника; c – коэффициент жёсткости пружины; d – коэффициент вязкого трения; Kp – коэффициент регулятора; $K_{эм}$– коэффициент, зависящий от конструктивных особенностей электромагнита.

Решение уравнений (1 и 2) в зависимости от значений постоянных времени представляются в виде графиков на рис 2.[1].

h_y – установившееся значение рабочей щели регулятора расхода;

П – точка перегиба экспанент.

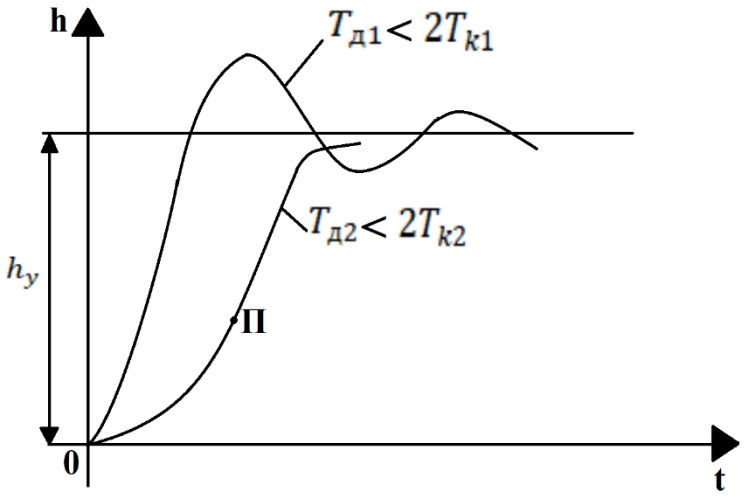


Рисунок 2 - Переходные процессы в регуляторе расхода

Примечание: переходные процессы в гидростатических направляющих имеет аналогический вид как на рис.2, но при этом постоянные времени T_{k2} и $T_{д2}$.

Математическая модель гидростатических направляющих: [1]

$$T_{k2}^2 \frac{d^2\delta}{dt^2} + T_{д2} \frac{d\delta}{dt} + \delta = k_г(pf_k - p_y) ; \qquad (2)$$

где $T_{k2} = \sqrt{\frac{M}{k_m}}$; $T_{д2} = \frac{\alpha}{k_ж}$; $k_г = \frac{1}{k_ж}$.

$T_{к2}$ и $T_{д2}$ – соответсвующие постоянные времени гидростатических направляющих; $k_ж$ - коэффициент жёсткости рабочей жидкости; $k_г = \frac{1}{k_ж}$ – коэффициент усиления гидростатических направляющих; p – давления в карманчиках; f_k – суммарная площадь карманчиков; P_y – радиальная составляющая силы резания M – масса подвижной опоры; δ – зазор в гидростатической опоре; α – коэффициент вязкого трения, зависящий от сорта масла.

Разработанная математическая модель регулятора расхода (1), гидростатических направляющих (2), а также значения постоянных времён $T_{k1}, T_{д1}, T_{k2}, T_{д2}$, позволяют произвести расчёт масса-геометрических параметров этих элементов и провести исследование их динамических характеристик: вид переходных процессов, их длительности и устойчивой работы.

График работы гидростатических направляющих идентичен графику изображенном на рисунке 2.

Выводы по гидростатическим направляющим:

Гидростатические направляющие имеют большое значение для нашей “автоматической системы регулирования зазора в гидростатических направляющих токарного станка”, являясь одной из наиболее важной частью системы, буквально совершая основную работу в регулировании зазора.

Гидро привод важен для нашей автоматической системы, так как применяется в токарном станке, а мы регулируем плавную работу станка, варьируя зазор в гидростатических направляющих. В общем гидропривод работает более стабильно, чем электропривод, за счёт устройства самой системы. Для постоянной стабильной работы достаточно проверять систему на утечки.

Математическая модель электропривода: [3]

$W_{дв} = \frac{2\pi f_p}{p}$;

Где f_p – регулируемая частота тока; p – число параметров.

На основании принципа Доламбера составляем уравнение моментов электропривода:

$$I_{пр}\frac{d\omega}{dt} + \alpha\omega = M_{эл} - M_н, \qquad (3)$$

Где $I_{пр}$ – момент инерции электропривода к валу электродвигателя; $\frac{d\omega}{dt}$ – угловое ускорение; ω – угловая скорость; $M_{эл}$ – момент электродвигателя; $M_н$ – момент нагрузки от сил резания.

Делим каждый член уравнения (3) на α и вводим следующие обозначения:

$T_{мех} = \frac{I_{пр}}{\alpha}$; $K_{эп} = \frac{1}{\alpha}$; тогда уравнение (3) примет вид:

$$T_{мех}\frac{d\omega}{dt} + \omega = K_{эп}(M_{эл} - M_н), \qquad (4)$$

Решение уравнения (4) графически представляется в следующем виде рис. 3:

$T_{мех}$ – постоянная времени, характеризующая инерциооность электропривода;

$K_{эп}$ – коэффициент усиления электропривода;

t_n – время переходного процесса.

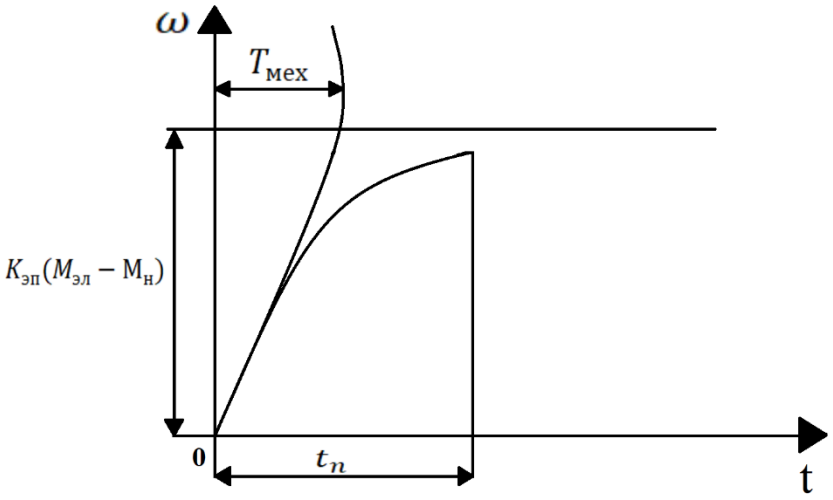


Рисунок 3 - переходные процессы в электроприводе

Выводы:

1. Разработанная двухконтурная автоматическая система управления технологическим процессом на высокоточном токарном станке, обеспечивает качественное изготовление изделий.
2. Разработаны математические модели основных элементов автоматической системы: регулятора расхода с электромагнитом, гидростатических направляющих, а также электропривода.
3. Разработанная двухконтурная автоматическая система может быть использована при разработке высокоточных станков: фрезеровочных, сверлильных, токарных и других.

Список литературы

1. Балакшин Б.С. Адаптивное управление станками [Текст] / Б.С. Балакшин. М.:Машиностроение, 1976. 680с.

2. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления [Текст]: 4-е изд., перераб. И доп. / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. СПб.: Издательство “Профессия”. 2003. 752 с.

3. Муслимов А.П. , Васильев В.Б. Автоматическое управление технологическими процессами в машиностроении: учебник – Б.: издательство КРСУ, 2018. 258 с.

4. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода: учебник для вузов. 8-е изд. М.: Энергоиздат, 2002.

5. Ермаков В.В. Гидравлический привод металлорежущих станков. М.: Машгиз, 1984.

6. Муслимов А.П., Нифадьев В.И, Пахомов П.И. Расчет и проектирование гидравлических систем машин. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2006.

УДК 621.941.27:62-585.23

Т.М. Пазылов, А.П. Муслимов, Д.К. Абдыкеримова
И.Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

T.M. Pazylov, A.P. Muslimov, D.K. Abdykerimova
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

РАЗРАБОТКА ПОЛНОСТЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КАСКАДНОЙ СИСТЕМЫ НАСОСОВ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

СУУ МЕНЕН КАМСЫЗДОО СИСТЕМАСЫНДАГЫ БАСЫМДЫ ЖӨНГӨ САЛУУЧУ ТОЛУК АВТОМАТТАШТЫРЫЛГАН КАСКАДДЫК НАСОС СИСТЕМАСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A FULLY AUTOMATED CASCADE PUMPING SYSTEM FOR PRESSURE REGULATION IN WATER SUPPLY SYSTEMS

Бул иште суу менен камсыздоо системасындагы басымды туруктуу кармоо үчүн ПЛК базасында жана жыштык өзгөрткүчтөрдү колдонуу менен иштеген каскаддык насос системасынын иштөө принциби каралат. Ошондой эле системанын автоматтык башкаруу алгоритмдери, насос агрегаттарынын өз ара иштешүүсү жана басым параметрлерин жөнгө салуу ыкмалары изилденет.

Ачкыч сөздөр: *автоматташтырылган башкаруу системалары, программаланган логикалык көзөмөл ПЛК), жыштыкты жөндөөчү кыймылдаткыч, насостук агрегаттар, каскаддуу башкаруу системалары, басымды жөнгө салуу, оператор панели (HMI), басым датчиктери, жүктү оптималдуу бөлүштүрүү.*

В работе рассматривается принцип функционирования каскадной насосной системы, предназначенной для поддержания стабильного давления в системе водоснабжения на базе ПЛК с использованием преобразователей частоты. Также анализируются алгоритмы автоматического управления, взаимодействие насосных агрегатов и методы регулирования параметров давления.

Ключевые слова: *автоматизированные системы управления, программируемый логический контроллер (ПЛК), частотно-регулируемый привод, насосные агрегаты, каскадные системы управления, регулирование давления, панели оператора (HMI), датчики давления, оптимальное распределение нагрузки.*

This paper considers the operating principle of a cascade pump system designed to maintain stable pressure in a water supply system based on a PLC using frequency converters. The study also analyzes automatic control algorithms, interaction of pump units, and methods of pressure regulation.

Key words: *automated control systems, programmable logic controller (PLC), variable frequency drive, pump units, cascade control systems, pressure regulation, operator panels (HMI), pressure sensors, optimal load distribution.*

Введение. В настоящее время особое внимание уделяется развитию и внедрению автоматизированных систем управления технологическими процессами. Современные решения в области автоматизации позволяют значительно повысить эффективность работы оборудования, снизить энергопотребление и обеспечить стабильность технологических параметров. На основе программируемых логических контроллеров (ПЛК) и преобразователей частоты разрабатываются гибкие системы управления, способные адаптироваться к изменяющимся условиям эксплуатации.

Одним из наиболее актуальных направлений является автоматизация систем водоснабжения, в которых требуется поддержание стабильного давления при переменных расходах воды. В качестве исполнительных механизмов в таких системах широко применяются насосные агрегаты, обеспечивающие подачу жидкости в сеть. Использование частотно-регулируемого привода позволяет плавно изменять производительность насосов, повышая энергоэффективность и снижая износ оборудования.

В связи с этим особый интерес представляет разработка каскадных систем управления насосами, обеспечивающих оптимальное распределение нагрузки между несколькими агрегатами. Такие системы позволяют автоматически подключать или отключать насосы в зависимости от текущих условий, поддерживая заданные параметры давления.

Для исследования принципов работы и настройки подобных систем управления разрабатываются специализированные алгоритмы, реализуемые на базе ПЛК. Это позволяет обеспечить надежную и устойчивую работу системы, а также повысить качество регулирования давления в системе водоснабжения.

Разработанный стенд состоит из следующих узлов и элементов автоматизации: панели оператора (HMI), программируемого логического контроллера Fatek PLC, аналогового модуля ввода/вывода, а также преобразователя частоты. Управление системой осуществляется с помощью ПЛК, который обрабатывает сигналы от датчиков и формирует управляющие воздействия на исполнительные механизмы.

Панель оператора обеспечивает визуализацию технологических параметров и позволяет осуществлять настройку режимов работы системы. Аналоговый модуль предназначен для приема и обработки сигналов от датчиков давления, при этом передача данных осуществляется в стандартном промышленном диапазоне 4–20 мА, что обеспечивает высокую помехоустойчивость и точность измерений. Преобразователь частоты используется для регулирования скорости вращения насосного агрегата в зависимости от текущих параметров системы и заданных уставок.

Теоретическая основа исследования. Теоретической основой исследования являются современные положения теории автоматического управления, а также принципы построения и функционирования автоматизированных систем управления технологическими процессами. В работе учитываются методы регулирования технологических параметров, в частности давления в системах водоснабжения, с использованием программируемых логических контроллеров и преобразователей частоты.

Методы и материалы. В ходе выполнения работы использовались методы теории автоматического управления, а также практические методы моделирования и настройки автоматизированных систем. Для реализации алгоритмов управления применялся программируемый логический контроллер Fatek PLC, обеспечивающий обработку входных сигналов и формирование управляющих воздействий.

В качестве основных элементов системы использовались: панель оператора (HMI) для визуализации и настройки параметров, аналоговый модуль ввода/вывода для обработки сигналов датчиков, а также преобразователь частоты для регулирования скорости вращения насосного агрегата. Передача аналоговых сигналов осуществлялась в стандартном диапазоне 4–20 мА, что обеспечивает устойчивость к помехам и высокую точность измерений.

В процессе исследования применялись методы анализа и настройки каскадного управления насосами, включая регулирование давления по сигналу обратной связи, а также алгоритмы поочередного включения и отключения насосных агрегатов в зависимости от текущих параметров системы.

Результаты. В результате проведенного исследования разработана и реализована автоматизированная каскадная система управления насосными агрегатами на базе программируемого логического контроллера Fatek PLC с использованием преобразователя частоты. Реализованный алгоритм управления обеспечивает поддержание заданного уровня давления в системе водоснабжения при изменяющемся расходе.

В ходе работы была обеспечена стабильная работа системы за счет применения обратной связи по давлению и каскадного принципа управления насосами. Автоматическое регулирование скорости вращения насосов позволило снизить энергопотребление и повысить эффективность работы оборудования.

Также реализована визуализация параметров системы на панели оператора, что обеспечивает удобство контроля и настройки режимов работы. Передача сигналов в диапазоне 4–20 мА показала высокую устойчивость к помехам и надежность работы системы.

Рисунок 1 - Щит с ПЛК siemens управления насосами водоснабжения

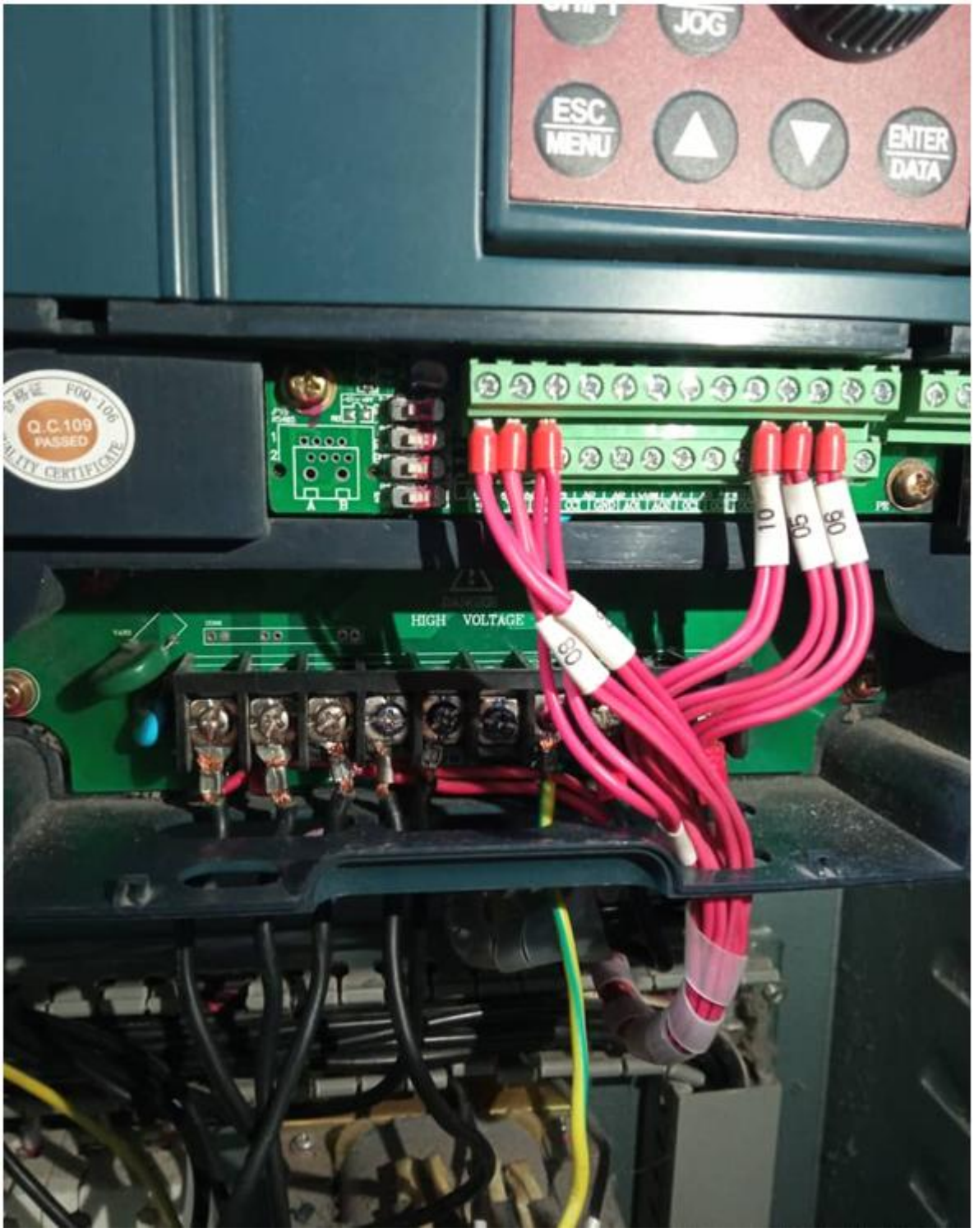


Рисунок 2 - Подключение дискретных входов на
преобразователи частоты серии ESQ1000

Заключение. Каскадное управление насосами с преобразователем частоты — это не просто «модная» технология, а технически и экономически обоснованный стандарт для современных систем водо- и теплоснабжения, канализационных и технологических насосных станций. Оно превращает набор отдельных насосов в единый, интеллектуальный и саморегулирующийся комплекс, который работает именно с той производительностью, которая требуется в данный момент, минимизируя затраты и максимизируя ресурс.

Список литературы

1. Андрей Красильников – «Применение автоматизированных насосных установок с каскадным управлением в системах водоснабжения (продолжение)» - журнал «Строительный инжиниринг», 2006г. №1.

2. Андрей Красильников – «Автоматизированные насосные установки с каскадно-частотным управлением в системах водоснабжения» - журнал «Строительный инжиниринг», 2006г. №2.

3.http://www.clvdrives.com/upload/file/900%20series%20Inverter%20User%20Guide-V900.22.04.28.E-A5.pdf

4.https://www.vectech.ru/sites/default/files/fields/2023/FATEK%20FBs%20руководство%20ч.2.pdf

5.https://www.samkoon.store/wp-content/uploads/2021/12/SK-User-manual.pdf

4.https://kub-privod.ru/f/instruktsiyaesq1000.pdf

УДК 62-82:622.233.6

С.К. Полещук, В.Б. Васильев
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика
И.Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы

S.K. Poleschuk, V.B. Vasilev
I.Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

АНАЛИЗ УНИВЕРСАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ БУРОВОЙ МАШИНЫ И ГИДРОАППАРАТУРЫ

ГИДРАВЛИКАЛЫК БУРГУЛООЧУ МАШИНАНЫН ЖАНА ГИДРАВЛИКАЛЫК ЖАБДУУЛАРДЫН ИШТӨӨ РЕЖИМДЕРИН АВТОМАТТЫК БАШКАРУУ СИСТЕМАЛАРЫН ИЗИЛДӨӨ ҮЧҮН УНИВЕРСАЛДУУ СЫНОО СТЕНДИН ТАЛДОО

ANALYSIS OF A UNIVERSAL TEST BENCH FOR STUDYING AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS FOR OPERATING MODES OF A HYDRAULIC DRILLING MACHINE AND HYDRAULIC EQUIPMENT

Бул изилдөөнүн максаты - гидравликалык компоненттердин мүнөздөмөлөрүн эксперименталдык изилдөө жана автоматтык бургулоочу жабдууларды башкаруу системаларын баалоо үчүн иштелип чыккан универсалдуу гидравликалык жабдуулардын конструкциясын жана иштөө принциптерин талдоо. Изилдөөдө универсалдуу гидравликалык жабдуулардын структуралык элементтери жана функционалдык компоненттери колдонулат. Изилдөө методологиясы системанын жүк мүнөздөмөлөрүнүн, гидравликалык линиялардагы басымдын өзгөрүшүнүн жана жабык циклдик кайтарым байланыш системасында гидравликалык суюктук агымдарынын кайра бөлүштүрүлүшүнүн ортосундагы байланыштарды теориялык талдоого негизделген. Бул изилдөө жабдуулардын түзүлүшүн деталдуу изилдөөнү, анын иштөө принциптерин талдоону жана жүк параметрлеринин, басымдын жана гидравликалык жетектөөчү иштөө режимдеринин ортосундагы себеп-натыйжа байланыштарын аныктоону камтыган. Бургулоо режимдерин өзгөрүп турган иштөө шарттарына, анын ичинде казылып алынуучу тектин катуулугунун өзгөрүшүнө жана системанын ичиндеги гидравликалык суюктук агымдарынын тиешелүү

кайра бөлүштүрүлүшүнө ылайыкташтырган автоматтык башкаруу процесстерин изилдөөгө өзгөчө көңүл бурулат.

***Ачкыч сөздөр**: гидравликалык жетек, универсалдуу гидравликалык стенд, суюктук агымын жөнгө салуучу, бургулоочу станоктор, автоматтык башкаруу системасы, кайтарым байланыш, момент, октук жүктөм, гидравликалык мотор.*

Целью работы является анализ конструкции и принципа действия универсального гидравлического стенда, предназначенного для экспериментального изучения характеристик гидравлических элементов, а также оценки функционирования автоматических систем управления режимами буровых установок. В качестве материалов исследования использованы конструктивные элементы и функциональные узлы универсального гидравлического стенда. Методика исследования основана на теоретическом анализе взаимосвязей между нагрузочными характеристиками системы, изменениями давления в гидролиниях и перераспределением потоков рабочей жидкости в условиях работы замкнутой системы с обратной связью. В ходе работы было выполнено детальное рассмотрение структуры стенда, проанализированы принципы его функционирования, а также установлены причинно-следственные зависимости между параметрами нагрузки, давлением и режимами работы гидравлических приводов. Особое внимание уделено исследованию процессов автоматического регулирования, обеспечивающих адаптацию режимов бурения к изменяющимся условиям эксплуатации, включая изменение твердости разрабатываемой породы и соответствующее перераспределение потоков рабочей жидкости в системе.

***Ключевые слова:** гидравлический привод, универсальный гидравлический стенд, регулятор расхода жидкости, буровые установки, система автоматического управления, обратная связь, крутящий момент, осевая нагрузка, гидромотор.*

The aim of this study is to analyze the design and operating principles of a universal hydraulic rig designed for the experimental study of hydraulic component characteristics and the evaluation of automatic drilling rig control systems. The study utilizes the structural elements and functional components of the universal hydraulic rig. The research methodology is based on a theoretical analysis of the relationships between system load characteristics, pressure changes in hydraulic lines, and the redistribution of hydraulic fluid flows in a closed-loop feedback system. This study included a detailed examination of the rig's structure, an analysis of its operating principles, and the establishment of cause-and-effect relationships between load parameters, pressure, and hydraulic drive operating modes. Particular attention is paid to the study of automatic control processes that adapt drilling modes to changing operating conditions, including changes in the hardness of the rock being mined and the corresponding redistribution of hydraulic fluid flows within the system.

***Key words**: hydraulic drive, universal hydraulic stand, fluid flow regulator, drilling rigs, automatic control system, feedback, torque, axial load, hydraulic motor.*

Современное развитие промышленного производства характеризуется устойчивой тенденцией к повышению эффективности технологических процессов, ключевым фактором которой является их автоматизация. Автоматизация обеспечивает контроль и управление ключевыми физическими параметрами, определяющими качество конечного продукта, его себестоимость, а также безопасность и эргономику работы технологического оборудования. В этой связи разработка новых средств автоматизации, отвечающих современным техническим требованиям, имеет особое значение, поскольку они составляют основу для проектирования высокоскоростных и высокоэффективных автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Гидравлические приводы, такие как гидравлические двигатели и гидравлические цилиндры, широко используются в промышленной практике для привода различных технологических систем. Их широкое применение обусловлено рядом эксплуатационных преимуществ, включая возможность передачи значительных усилий с высокой точностью,

относительную простоту автоматизации, простоту управления и высокую надежность. Благодаря этим свойствам гидравлические приводы нашли применение в различных отраслях промышленности, включая горнодобывающую, строительную, машиностроительную, авиационную, автомобильную и сельскохозяйственную.

Рассматривая необходимость автоматизации горнодобывающей промышленности необходимо выделить бурение, которое является одним из наиболее трудоемких и капиталоемких процессов, при этом оно является неотъемлемой частью практически всех операций по добыче полезных ископаемых. Это делает повышение эффективности буровых работ крайне актуальным. В частности, автоматизация буровых машин и оборудования направлена на снижение стоимости формирования скважин и взрывных работ, повышение их качества, продление срока службы бурового инструмента и оптимизацию режимов работы приводов. При выборе параметров бурения основными факторами, которые следует учитывать, являются объемное разрушение породы при определении осевой нагрузки на долото, длительность контакта зубьев с породой при определении частоты вращения долота, сопротивление резанию при определении мощности и крутящего момента, а также подача бурового раствора для удаления шлама на поверхность.

Значительный вклад в развитие этих направлений вносят научно-исследовательские организации, в том числе Институт машиноведения, автоматики и геомеханики Национальной академии наук Кыргызской Республики, разрабатывающий современные средства автоматизации. К ним относятся магнитоупругие датчики крутящего момента, гидравлические регуляторы расхода жидкости и автоматические системы управления режимами работ буровых установок. Разработка таких устройств и систем требует создания специализированной экспериментальной базы – универсального гидравлического стенда для проведения всесторонних исследований их выходных параметров и характеристик производительности.

С учетом этих требований разработан универсальный стенд, предназначенный для тестирования гидравлических регуляторов расхода жидкости и других гидравлических устройств. Конструктивные особенности стенда позволяют измерять и анализировать крутящий момент и осевую нагрузку на вращающемся вале, а также тестировать системы автоматического управления, предназначенные для стабилизации режимов работы гидравлических приводов. Таким образом, предлагаемое решение представляет собой многофункциональную экспериментальную платформу, обеспечивающую комплексную оценку эффективности разработанных средств автоматизации и способствующую повышению качества проектирования современных систем автоматического управления в горнодобывающей промышленности. Возможности представленного стенда позволяют проводить исследования в двух направлениях: 1) анализировать работу спроектированных регуляторов расхода жидкости, информационных устройств осевой нагрузки и крутящего момента, осуществлять их настройку и получать выходные характеристики; 2) отслеживать состояние работы автоматических систем в целом.

В данной работе проанализируем строение стенда (рис. 1) и рассмотрим принцип его действия в режиме исследования автоматических систем в целом.

Стенд состоит из следующих узлов и элементов автоматики: двух гидравлических насосов 1 и 2, вращающихся посредством воздействия на них электродвигателя М, предохранительных клапанов Г-52-13, измерительных манометров образцового типа, распределителей жидкости 3 и 4, трёх редукционных клапанов 5 типа Г-57-13, нагрузочного клапана 6 типа Г-54-13, исследуемого насоса 7, обеспечивающего нагрузку на рабочий орган, датчика крутящего момента 8, двух исследуемых гидромоторов 9 и 10, ударного механизма 11, регулятора расхода жидкости 12, золотника регулятора 13, клапана, перекрывающего канал обратной связи 14, компьютера и осциллографа-самописца.

Гидравлический клапан 14, включающий и отключающий канал обратной связи, обеспечивает переключение между двумя направлениями работы стенда.

Работа универсального гидравлического испытательного стенда основана на последовательной причинно-следственной связи между параметрами нагрузки системы, изменениями давления в гидравлических линиях и перераспределением потоков рабочей жидкости через регулятор расхода.

Гидронасосы 1 и 2 нагнетают рабочую жидкость в гидросистему стенда, при этом от насоса 1 рабочая жидкость поступает на 2 распределителя жидкости 3 и 4, которые управляют работой гидромоторов 9 и 10. Насос 2 служит для подачи рабочей жидкости на ударный механизм 11.

Конструкция стенда объединяет все гидравлические приводы в единую систему регулирования потока жидкости, который контролируется в гидравлической линии, соединенной с рабочей группой гидравлического двигателя 9. Следовательно, любое изменение нагрузки на гидравлический двигатель 9, осуществляемое через насос 7 и регулирующий клапан 6, вызывает повышение давления в его рабочих линиях. Увеличение нагрузки приводит к увеличению давления, которое, в свою очередь, передается в канал обратной связи и воздействует на золотник регулятора расхода жидкости 13.

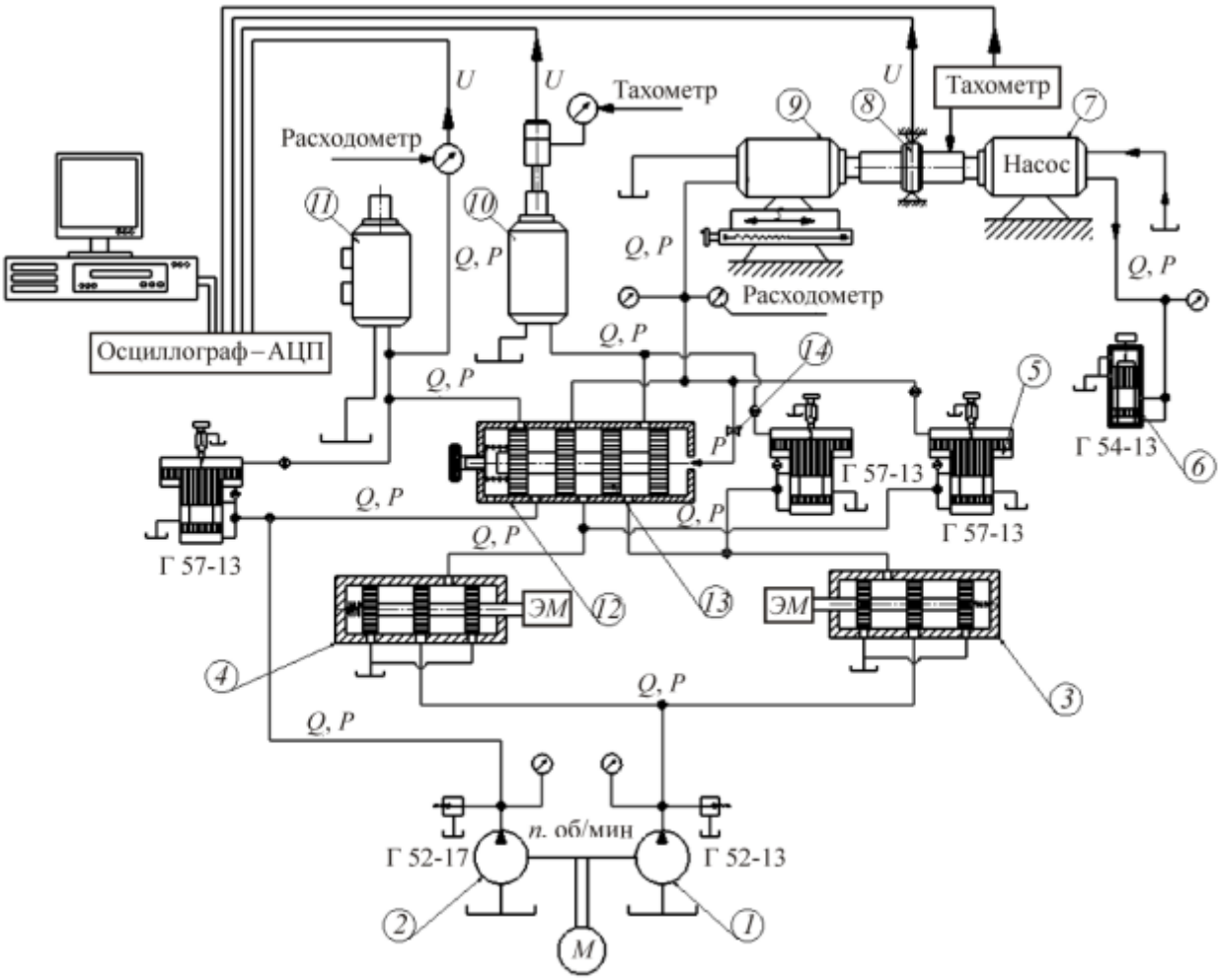


Рисунок 4 - Схема универсального гидравлического стенда: М - мотор; 1, 2 - масляные насосы; 3, 4 - распределители жидкости; 5 - редукционный клапан; 6 - нагрузочный клапан; 7 - нагрузочный насос; 8 - датчик крутящего момента; 9 - гидромотор вращения бурового инструмента; 10 - гидромотор подачи инструмента; 11 - ударный механизм; 12 - регулятор расхода жидкости; 13 - золотник регулятора; 14 - гидравлический клапан, перекрывающий канал обратной связи.

При достижении определенного уровня давления, превышающего упругую силу пружины регулятора расхода жидкости 12, золотник регулятора перемещается. Это движение

создает гидравлическое сопротивление в рабочих каналах, что уменьшает площадь поперечного сечения потока жидкости, подаваемой на гидравлический двигатель 10, и одновременно увеличивает площадь поперечного сечения потока жидкости, подаваемой на гидравлический двигатель 9. Таким образом, уменьшение потока жидкости через гидравлический двигатель 10 приводит к уменьшению скорости подачи инструмента, поскольку увеличение потока жидкости через гидравлический двигатель 9 увеличивает частоту передачи его сигнала.

Если гидравлический двигатель 9 рассматривается как привод насоса бурового инструмента, а гидравлический двигатель 10 – как его механизм подачи, то установленный стандарт определяет пределы изменения режимов бурения. В исходном состоянии система работает в заданном режиме, определяемом настройкой регулятора потока, который позволяет изменять жесткость пружины с помощью регулировочного винта. При этом давлении в линии обратной связи, эквивалентном мгновенному крутящему моменту на буровом инструменте, упругая сила пружины уравновешивается, в результате чего крутящий момент золотникового клапана остается постоянным.

Крутящий момент и типичное давление в системе измеряются с помощью датчика крутящего момента 8, установленного соосно на валу между гидравлическим двигателем 9 и насосом 7. По мере того, как рабочая жидкость протекает через сливное отверстие, регулируемое клапаном 6, давление на насос 7 увеличивается, что приводит к увеличению крутящего момента вала и имитирует увеличение твердости обрабатываемой породы.

Увеличение крутящего момента вызывает дополнительное увеличение давления в канале обратной связи, обеспечивая соответствие силе, действующей на золотниковый клапан, и вызывая его смещение влево. По мере дальнейшего перемещения золотникового клапана происходит последовательное перераспределение потока: поток жидкости к гидравлическому двигателю 10, подающему инструмент, ограничивается, а поток к гидравлическому двигателю 9, приводящему в движение вращение, увеличивается. С технологической точки зрения это означает, что по мере увеличения твердости бурового режима система автоматически снижает скорость подачи бурового инструмента и увеличивает скорость его вращения.

По мере дальнейшего увеличения твердости породы, требующего ударных усилий для ее эффективного бурения, дальнейшее перемещение золотникового клапана приводит к практически полному ограничению потока к механизму подачи инструмента, увеличению потока жидкости для максимального его вращения и открытию канала подачи гидравлической жидкости к ударному механизму. Таким образом, система переключается в режим, соответствующий более жестким условиям бурения.

После прохождения участка повышенной твердости давление на инструмент снижается, что приводит к уменьшению давления в линиях обратной связи. В результате упругость пружины снова становится доминирующей, и золотниковый клапан возвращается в исходное положение, восстанавливая исходный поток и соответствующий режим работы системы.

Таким образом, буровая установка реализует систему управления с обратной связью, в которой изменения внешней нагрузки последовательно вызывают изменения давления, перемещение управляющего элемента и перераспределение потоков гидравлической жидкости, адаптируя режимы работы привода к изменяющимся условиям процесса.Все изменения в скоростях вращения гидромоторов, изменение крутящего момента регистрируется компьютером, и результаты выводятся на монитор в виде осциллограмм, по которым можно вычислить времена переходных процессов, их величину и характер и др.

Заключение. В результате работы был проведен анализ схемы универсального стенда для исследования автоматических систем регулирования режимами работ буровых машин. Показано, что использование обратной связи обеспечивает адаптивное изменение режимов работы гидравлических приводов в зависимости от условий бурения, повышая эффективность и устойчивость технологического процесса.

Список литературы

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб. Изд-во «Профессия», 2003. – 752 с.
2. Гудвин Г.К., Гребе С.Ф. Сальгадо М.Э. Проектирование систем управления. М.: Бином, 2004. – 911 с.
3. Ребрик Б.М. Бурение инженерно геологических скважин. М. «Недра», 1990, - 336 с.

УДК 629.7.05:519.71

Б.Р. Рахатбеков
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

B.R. Rakhatbekov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
rakhatbekov.br@kgtu.kg

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ПЛАНИРОВАНИЯ МАРШРУТА ДЛЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ БПЛА И МЕТОДИКА ИХ ВЫБОРА

ЛОГИСТИКАЛЫК УЧКУЧСУЗ АППАРАТ ҮЧҮН МАРШРУТТУН ПЛАНДОО АЛГОРИТМДЕРИН ТЕОРИЯЛЫК САЛЫШТЫРУУ ЖАНА ТАНДОО ЫКМАСЫ

THEORETICAL COMPARISON OF ROUTE PLANNING ALGORITHMS FOR LOGISTICS UAVS AND THEIR SELECTION METHODOLOGY

Макалада логистикалык БПЛА үчүн маршрут пландоонун негизги алгоритмдери — A, Дейкстра, RRT*, PRM жана генетикалык алгоритм — теориялык жана эсептик татаалдуулук жагынан салыштырылат. Адамдар тарабынан аткарылган изилдөөлөрдүн маалыматтарын талдоо негизинде тиешелүү шарттарда оптималдуу алгоритмди тандоонун методикасы сунушталган.*

Ачкыч сөздөр: *маршрут пландоо, A* алгоритм, RRT*, генетикалык алгоритм, БПЛА, эсептик татаалдуулук.*

В статье проводится теоретическое сравнение основных алгоритмов планирования маршрута для логистических БПЛА — A, Дейкстра, RRT*, PRM и генетического алгоритма — по критериям вычислительной сложности, оптимальности решения и применимости к динамическим средам. На основе анализа данных опубликованных исследований предложена методика выбора оптимального алгоритма для конкретных условий применения.*

Ключевые слова: *планирование маршрута, алгоритм A*, RRT*, генетический алгоритм, БПЛА, вычислительная сложность.*

The article provides a theoretical comparison of the main route planning algorithms for logistics UAVs — A, Dijkstra, RRT*, PRM and genetic algorithm — by criteria of computational complexity, solution optimality and applicability to dynamic environments. Based on analysis of published research data, a methodology for selecting the optimal algorithm for specific operating conditions is proposed.*

Key words: *route planning, A* algorithm, RRT*, genetic algorithm, UAV, computational complexity.*

Введение. Планирование маршрута является одной из фундаментальных задач автономных мобильных систем, в том числе БПЛА логистического назначения. Особенность данной задачи применительно к воздушным аппаратам состоит в трёхмерности рабочего пространства, наличии динамически изменяющихся препятствий (другие воздушные суда, птицы, порывы ветра), строгих ограничениях по времени вычислений (не более 200–300 мс для перепланирования в реальном времени) и необходимости учёта законодательных ограничений воздушного пространства [1].

Несмотря на обширный корпус научных публикаций по данной теме, в русскоязычной литературе сравнительному анализу алгоритмов применительно к БПЛА-логистике уделяется недостаточное внимание. Настоящая статья систематизирует имеющиеся знания и предлагает структурированную методику выбора алгоритма с учётом конкретных эксплуатационных условий.

Теоретические основы алгоритмов планирования маршрута. Все алгоритмы планирования маршрута могут быть разделены на три класса: графовые (A*, Дейкстра), вероятностные (RRT, PRM) и эволюционные (генетический алгоритм, алгоритм роя частиц). Рассмотрим каждый класс применительно к задачам БПЛА.

Алгоритм Дейкстры гарантирует нахождение кратчайшего пути в графе с неотрицательными весами рёбер за время $O((V + E) \log V)$, где V — число вершин, E — число рёбер [2]. Однако его применение к трёхмерному пространству полёта с высоким разрешением ведёт к экспоненциальному росту числа узлов графа, что делает его практически неприменимым для пространств размером более 200×200×50 м без специальных методов иерархической декомпозиции.

Алгоритм A* расширяет Дейкстру введением эвристической функции $h(n)$, оценивающей расстояние от текущего узла до цели: $f(n) = g(n) + h(n)$, где $g(n)$ — точная стоимость пути от старта. При допустимой эвристике ($h(n) \leq h^*(n)$) A* гарантирует оптимальность [3]. Для трёхмерного пространства обычно применяется эвристика Евклида или Манхэттена. Ключевой недостаток — требование к предварительному построению полного графа, что затрудняет реактивное перепланирование.

Алгоритм RRT* (Rapidly-exploring Random Trees with rewiring) относится к вероятностным методам: он инкрементально строит случайное дерево в конфигурационном пространстве без предварительного построения карты [4]. Ключевым преимуществом RRT* перед исходным RRT является асимптотическая оптимальность: при числе итераций $n \to \infty$ длина найденного пути сходится к оптимальной. Вычислительная сложность одной итерации — $O(\log n)$.

Генетические алгоритмы применяют операции селекции, скрещивания и мутации к популяции возможных маршрутов, постепенно улучшая среднее качество решений. Они не требуют явного построения карты и хорошо параллелизуются, однако не гарантируют нахождения глобального оптимума и имеют многочисленные гиперпараметры (размер популяции, вероятность мутации), требующие настройки [5].

Сравнительный анализ алгоритмов

На основе данных опубликованных исследований составлена сводная сравнительная таблица алгоритмов по ключевым критериям, релевантным для логистических БПЛА (таблица 1). Данные усреднены по результатам не менее трёх независимых публикаций для каждого алгоритма.

Таблица 1 – Теоретическое сравнение алгоритмов планирования маршрута для БПЛА (по данным литературы)

Алгоритм	Вычисл. Слож-ть	Оптимал-ть	Динам. Среда	Треб. К карте	Применимость 3D
Дейкстра	O((V+E)logV)	Да	Нет	Полная	Ограниченная
A*	O((V+E)logV)	Да*	D* Lite	Полная	Хорошая

PRM	O(n log n)	Нет	Частично	Не нужна	Хорошая
RRT*	O(n log n)	Асимпт.*	Да	Не нужна	Отличная
Генетический	O(g·p·n)	Нет	Да	Не нужна	Хорошая

* — при допустимой эвристике; g — число поколений, p — размер популяции, n — длина хромосомы

Предложенная методика выбора алгоритма. На основе проведённого теоретического анализа предлагается методика выбора алгоритма планирования маршрута в зависимости от характеристик операционной среды. Методика строится на трёх определяющих признаках: (1) наличие/отсутствие предварительной карты среды; (2) характер препятствий (статические / динамические); (3) жёсткость ограничений на время вычислений.

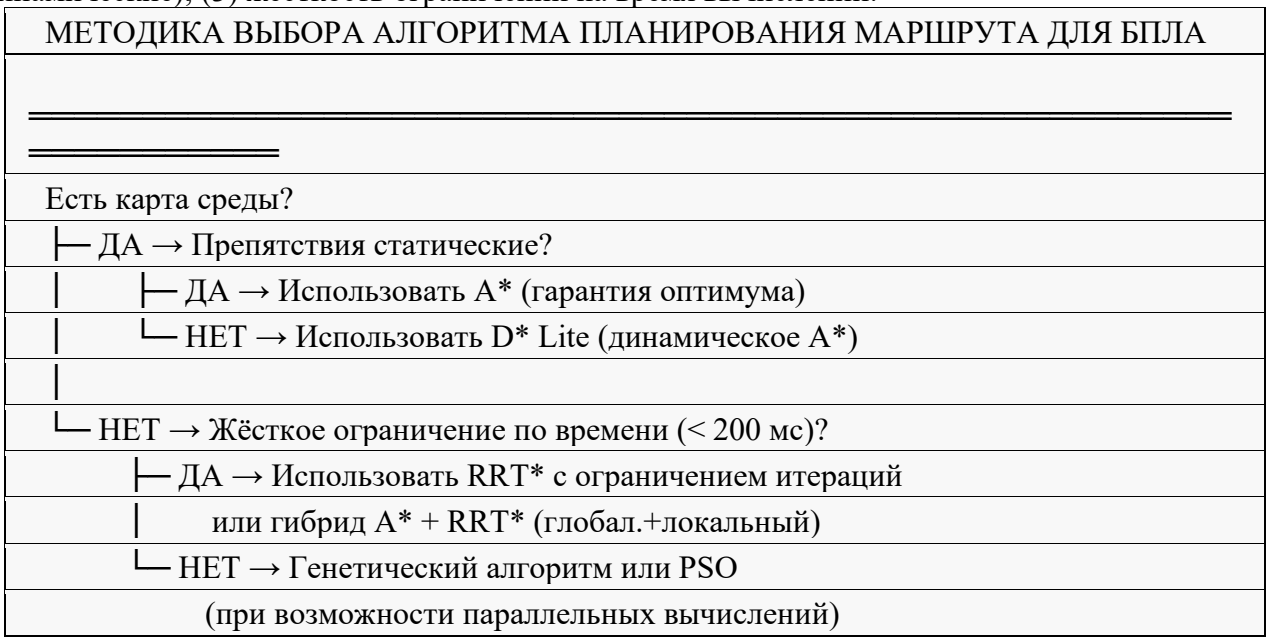


Рисунок 1 – Методика выбора алгоритма планирования маршрута для логистического БПЛА

Для условий Кыргызстана (полёты в горных районах с частично известной картой рельефа, наличие динамических препятствий в виде птиц и порывов ветра, требование перепланирования в реальном времени) наиболее перспективным, по результатам анализа, представляется гибридный подход: A* для глобального планирования маршрута на основе предварительно загруженной карты рельефа и RRT* для локального реактивного перепланирования при внезапном появлении препятствия.

Заключение. Проведён систематический теоретический анализ пяти классов алгоритмов планирования маршрута применительно к логистическим БПЛА. Установлено, что ни один из рассмотренных алгоритмов в отдельности не удовлетворяет всем требованиям реального логистического применения. Предложена методика выбора алгоритма на основе трёх определяющих признаков операционной среды. Для условий горного рельефа с частично известной картой и динамическими препятствиями рекомендован гибридный подход A* + RRT*, обеспечивающий глобальную оптимальность маршрута в сочетании с реактивным перепланированием в реальном времени. Дальнейшим направлением исследований является программная реализация и симуляционная верификация предложенного гибридного алгоритма.

Список литературы

1. Koubâa, A. A Service-Oriented Architecture for Drone Management [Текст] / A. Koubâa // IEEE Access. – 2019. – №7. – с. 160627–160661.

2. Dijkstra, E.W. A note on two problems in connexion with graphs [Текст] / E.W. Dijkstra // Numerische Mathematik. – 1959. – №1. – с. 269–271.

3. Hart, P.E. A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths [Текст] / P.E. Hart, N.J. Nilsson, B. Raphael // IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics. – 1968. – №2. – с. 100–107.

4. Karaman, S. Sampling-based algorithms for optimal motion planning [Текст] / S. Karaman, E. Frazzoli // International Journal of Robotics Research. – 2011. – №7. – с. 846–894.

5. Yang, L. Survey of robot 3D path planning algorithms [Текст] / L. Yang, J. Qi, J. Song // Journal of Control Science and Engineering. – 2016. – №1. – с. 1–22.

6. LaValle, S.M. Planning Algorithms [Текст] / S.M. LaValle. – Cambridge: Cambridge University Press, 2006. – 842 с.

7. Зуев, В.А. Алгоритмы планирования движения роботов в трёхмерном пространстве [Текст] / В.А. Зуев // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2019. – №4. – с. 231–240.

8. Murray, C.C. The flying sidekick traveling salesman problem [Текст] / C.C. Murray, A.G. Chu // Transportation Research Part C. – 2015. – №54. – с. 86–109

УДК 629.7.05

Б.Р. Рахатбеков
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

B.R. Rakhatbekov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
rakhatbekov.br@kgtu.kg

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДРОНА ДЛЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ: ОБЗОР И АНАЛИЗ

ЛОГИСТИКАЛЫК МАСЕЛЕЛЕР ҮЧҮН КӨП ФУНКЦИЯЛУУ ДРОНДУН КОНЦЕПЦИЯСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ: ОБЗОР ЖАНА ТАЛДОО

DEVELOPMENT OF A MULTIFUNCTIONAL DRONE CONCEPT FOR LOGISTICS TASKS: REVIEW AND ANALYSIS

Бул макалада логистикалык максаттарга арналган автономдуу беспилоттук учак аппараттарынын (БПЛА) учурдагы абалы жана келечеги талданат. Коммерциялык жана ачык платформаларды критикалык талдоо негизинде жүк ташуу үчүн оптималдуу конфигурацияны тандоо принциптери сунушталган. Гексакоптер конфигурациясында модулдук аппараттык-программалык архитектуранын концептуалдык схемасы берилген.

Ачкыч сөздөр: *БПЛА, логистика, беспилот, концепция, гексакоптер, модулдук архитектура, жеткирүү системасы.*

В данной статье анализируется текущее состояние и перспективы применения автономных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для логистических задач. На основе критического анализа коммерческих и открытых платформ предложены принципы выбора оптимальной конфигурации для грузоперевозок. Представлена концептуальная схема модульной аппаратно-программной архитектуры в конфигурации гексакоптера.

Ключевые слова: *БПЛА, логистика, беспилотник, концепция, гексакоптер, модульная архитектура, система доставки.*

This article analyses the current state and prospects of autonomous unmanned aerial vehicles (UAVs) for logistics tasks. Based on a critical analysis of commercial and open platforms, principles for selecting the optimal configuration for cargo transport are proposed. A conceptual diagram of a modular hardware-software architecture in a hexacopter configuration is presented.

Key words: *UAV, logistics, drone, concept, hexacopter, modular architecture, delivery system.*

Введение. Доставка «последней мили» остаётся одной из наиболее затратных операций в цепочке поставок: по данным аналитиков McKinsey, она составляет от 28 до 53% совокупной стоимости логистики [1]. В условиях Кыргызстана, где значительная часть населённых пунктов расположена в труднодоступных горных районах с неразвитой дорожной сетью, традиционные методы доставки становятся экономически нецелесообразными или физически невозможными в зимний период.

Беспилотные летательные аппараты многороторной схемы представляют собой перспективный инструмент решения данной проблемы. Начиная с 2013 года, когда компания Amazon анонсировала проект Prime Air, интерес мирового сообщества к дроновой логистике неуклонно растёт: к 2022 году объём рынка превысил 1,2 млрд USD, а к 2030 году прогнозируется его рост до 31,7 млрд USD [2]. При этом большинство коммерческих решений ориентированы на развитую инфраструктуру и не адаптированы к условиям развивающихся стран.

Настоящая статья направлена на систематизацию мирового опыта создания логистических БПЛА и формирование концептуальных основ для разработки отечественной платформы, учитывающей специфику Кыргызской Республики.

Анализ существующих логистических БПЛА-платформ. В мировой практике сложились два принципиальных подхода к созданию логистических дронов: разработка специализированных платформ с нуля (DJI Matrice, Wingcopter, Zipline) и адаптация открытых DIY-платформ под конкретные задачи (на базе ArduPilot/PX4). Первый подход обеспечивает высокую надёжность и сертификацию, однако стоимость решений класса DJI Matrice 300 составляет от 10 000 USD, что неприемлемо для большинства операторов в регионе.

Критический анализ существующих платформ по ключевым параметрам позволяет выявить незаполненную нишу: грузоподъёмность 3–5 кг, время полёта более 20 минут, открытый программный стек, стоимость до 3 000 USD (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительный анализ логистических БПЛА-платформ

Платформа	Грузопод., кг	Время п., мин	Откр. ПО	Стоимость, USD
DJI Matrice 300	2,7	55	Нет	~10 000
Wingcopter 198	6,0	70	Нет	~40 000
Zipline (фиксир. крыло)	1,8	160	Нет	~15 000
Holybro X500 v2 (DIY)	1,2	25	Да	~600
Выявленная незаполненная ниша	3–5	>20	Да	< 3 000

Анализ таблицы 1 подтверждает, что ни одна из рассмотренных платформ не удовлетворяет всем четырём критериям одновременно. Открытые платформы не обеспечивают необходимой

грузоподъёмности; коммерческие — доступной стоимости и открытого ПО. Это обосновывает необходимость разработки оригинальной концепции.

Предложенная концептуальная архитектура. На основании проведённого анализа предлагается концепция логистического БПЛА на базе гексакоптерной конфигурации (6 роторов). Выбор гексакоптера обусловлен следующими теоретическими преимуществами перед квадрокоптером при аналогичной грузоподъёмности: более высокая отказоустойчивость (сохранение управляемости при отказе одного ротора), меньшая нагрузка на каждый мотор (увеличение ресурса), более равномерное распределение вибрационных нагрузок на платформу [3].

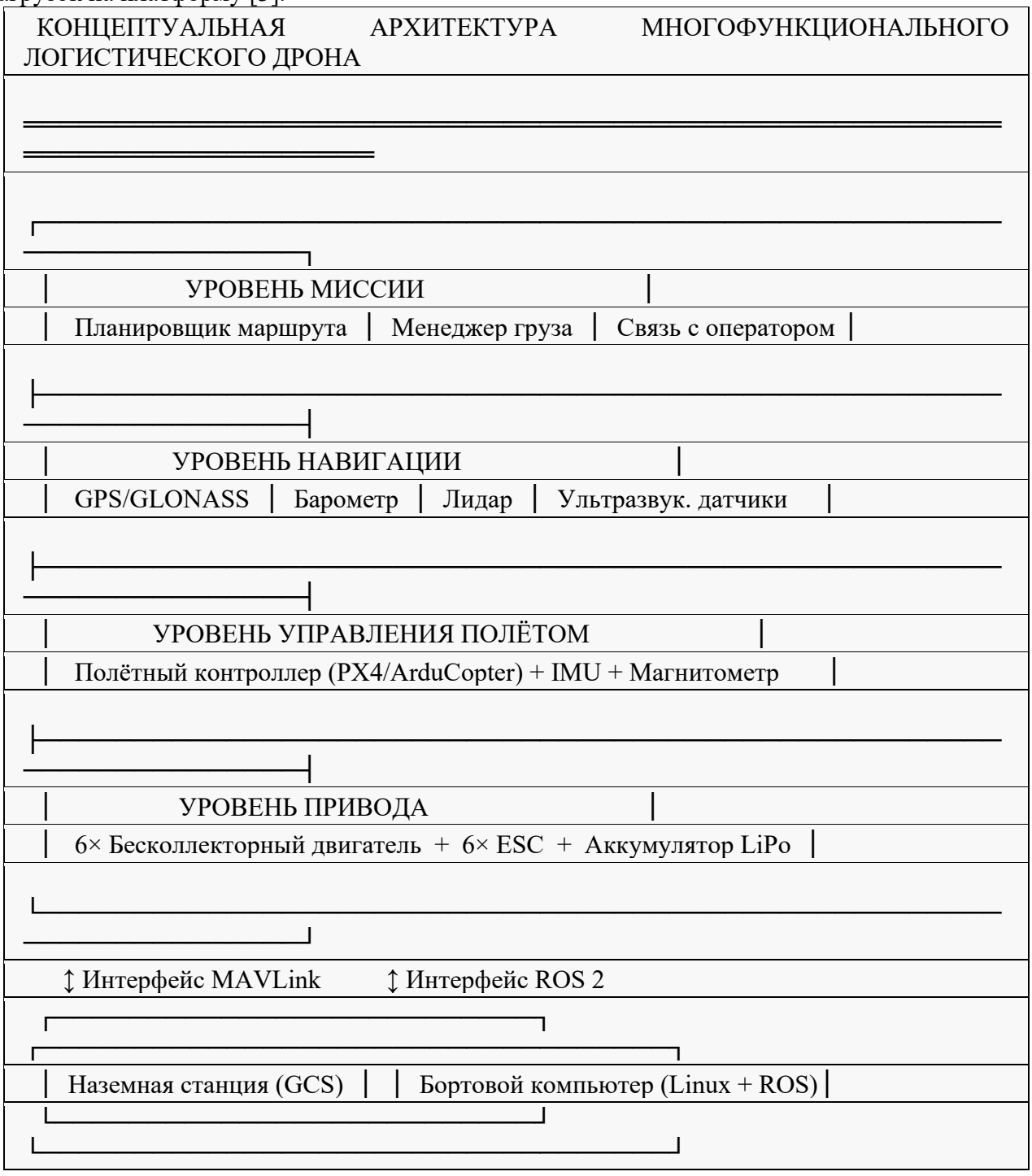


Рисунок 1 – Концептуальная многоуровневая архитектура логистического БПЛА

Предложенная архитектура строится на принципе разделения ответственности по уровням: каждый уровень взаимодействует только с соседними через чётко определённые интерфейсы (MAVLink — для уровня управления полётом; ROS 2 — для уровней навигации и миссии). Это обеспечивает заменяемость компонентов без изменения смежных подсистем — ключевое требование к открытой платформе [4].

Требования к платформе и принципы выбора компонентов. На основе анализа логистических задач в условиях Кыргызстана сформулированы следующие технические требования к платформе: полезная нагрузка не менее 3 кг, дальность полёта не менее 10 км, время полёта при максимальной нагрузке не менее 20 минут, устойчивость при скорости ветра до 8 м/с, рабочий диапазон температур −10…+40 °C, стоимость комплектующих не более 300 000 KGS.

Теоретический расчёт потребной тяги определяется выражением $T \geq k \cdot M \cdot g$, где k — коэффициент запаса тяги (рекомендуемое значение 1,7–2,0 для грузовых БПЛА), M — взлётная масса, g — ускорение свободного падения [5]. При целевой взлётной массе 9 кг и k = 1,8 потребная суммарная тяга составит не менее 158,9 Н, что на 6 роторов соответствует 26,5 Н (≈2 700 г) на каждый.

Расчётное время полёта оценивается по формуле $t = (C \cdot \eta \cdot DoD) / I$, где C — ёмкость аккумулятора (А·ч), η — КПД силовой системы (~0,85), DoD — допустимая глубина разряда (0,8 для LiPo), I — средний потребляемый ток. При C = 10 А·ч и средней нагрузке ~170 А расчётное время составляет около 24 минут, что с учётом реальных потерь даёт практическое время 20–22 минуты — в пределах установленного норматива.

Заключение. В статье проведён систематический обзор существующих логистических БПЛА-платформ, выявлена незаполненная рыночная ниша для грузоподъёмности 3–5 кг с открытым программным стеком и стоимостью до 3 000 USD. Предложена концептуальная многоуровневая архитектура гексакоптера с разделением ответственности по уровням (привод → управление полётом → навигация → миссия). Выполнены теоретические расчёты потребной тяги и времени полёта, подтверждающие реализуемость заявленных характеристик. Предложенная концепция является основой для дальнейшей детальной разработки и опытного макетирования платформы.

Список литературы

1. Joerss, M. Parcel delivery: The future of last mile [Текст] / M. Joerss, J. Schröder, F. Neuhaus. – McKinsey&Company, 2016. – 32 с.

2. Drone Delivery Market – Global Forecast to 2030 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/drone-package-delivery-market

3. Mahony, R. Multirotor aerial vehicles: modeling, estimation and control [Текст] / R. Mahony, V. Kumar, P. Corke // IEEE Robotics & Automation Magazine. – 2012. – №3. – с. 20–32.

4. Quigley, M. ROS: an open-source Robot Operating System [Текст] / M. Quigley, K. Conley, B. Gerkey // ICRA Workshop on Open Source Software. – 2009. – с. 1–6.

5. Leishman, J.G. Principles of Helicopter Aerodynamics [Текст] / J.G. Leishman. – Cambridge: Cambridge University Press, 2006. – 846 с.

6. Дорогов, А.В. Основы проектирования беспилотных летательных аппаратов [Текст] / А.В. Дорогов. – М.: Инфра-М, 2019. – 312 с.

7. Agentstvo grazhdanskoy aviatsii KR. Pravila primeneniya BPLA v vozdushnom prostranstve KR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.caa.kg

8. Boysen, N. Scheduling last-mile deliveries with truck-based autonomous robots [Текст] / N. Boysen, S. Schwerdfeger, F. Weidinger // European Journal of Operational Research. – 2018. – №3. – с. 1085–1099.

УДК 533.9.03:533.9.07:537.

А.П. Садабаев, А.А. Самсалиев
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A.P. Sadabaev, A.A.Samsaliev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

РАЗРАБОТКА ОПТИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА ДЛЯ ФОКУСИРОВКИ ЭНЕРГИИ ИЗЛУЧЕНИЙ СВЧ ПЛАЗМОТРОНА

МИКРОТОЛКУНДУН ПЛАЗМАТРОНУНУН ЭНЕРГИЯСЫН ФОКУСТУК ОПТИКАЛЫК РЕЗОНАТОРДУ ИШТЕП-ТУУ

DEVELOPMENT OF AN OPTICAL RESONATOR FOR FOCUSING THE ENERGY OF MICROWAVE PLASMA TORCH RADIATION

Бул макала лазердик колдонуу үчүн микротолкундуу плазмалык факелден фотон нурлануусун топтоо үчүн оптикалык фокустоо системасын иштеп чыгууга арналган. Инфракызыл чыпкага, жыйноочу линзаларга, тешикче фильтрге жана нурлануу энергиясын көп чагылдырууну жана топтоону камсыз кылган күзгүгө жана жарым күзгүгө негизделген туруктуу спектрдик нурду өндүрүү үчүн жаңы долбоор сунушталууда. Бул дизайн мейкиндиктин кийлигишүүсүн жок кылат жана коллимацияланган нурду жаратат.

Ачкыч сөздөр: *СВЧ плазматрондор, фокусировка, жарык нурлары, лазердик оптика, микротолкундар, Пинхол фильтри, линза, күзгү, энергия топтоо, чагылдыруу.*

Статья посвящена разработке оптической фокусирующей системы для концентрации фотонного излучения СВЧ-плазмотрона в целях лазерных технологий. Предложена новая схема получения устойчивого спектрального пучка на основе инфракрасного фильтра, собирающих линз, фильтра Пинхол, а также зеркал и полузеркал, обеспечивающих многократное отражение и накопление энергии излучения. Схема позволяет устранить пространственные помехи и сформировать коллимированный пучок.

Ключевые слова: *СВЧ плазматроны, фокусировка, луч света, лазерная оптика, микроволны, фильтр Пинхола, линза, зеркало, накопление энергии, отражение.*

The article is devoted to the development of an optical focusing system for concentrating the photon radiation of a microwave plasma torch for laser technology applications. A new scheme for obtaining a stable spectral beam is proposed, based on an infrared filter, collecting lenses, a Pinhole filter, as well as mirrors and semi-mirrors providing multiple reflection and accumulation of radiation energy. The scheme allows eliminating spatial interference and forming a collimated beam intensity profile.

Key words: *MW plasmatrons, focusing, light beam, laser optics, microwaves, pinhole filter, lens, mirror, energy accumulation, reflection.*

В современной лазерной физике и оптических технологиях ключевую роль в формировании направленного монохроматического излучения играет оптический резонатор. Понимание принципов его работы является необходимым условием для проектирования любой системы, основанной на усилении и концентрации светового пучка, в том числе применительно к излучению СВЧ-плазмотрона.

Оптический резонатор представляет собой систему из двух зеркал — глухого (с коэффициентом отражения близким к 100%) и полупрозрачного (полузеркала), —

расположенных соосно на определённом расстоянии друг от друга. Принцип его работы состоит в следующем: излучение, возникающее в активной среде между зеркалами, многократно отражается между ними, каждый раз проходя через усиливающую среду и накапливая энергию. Полупрозрачное зеркало пропускает наружу лишь часть накопленного излучения — это и есть выходной лазерный пучок. Таким образом, оптический резонатор выполняет две принципиальные функции: обеспечивает многократное усиление излучения и формирует его пространственную когерентность.

Принципиально важно разграничивать два типа зеркал, применяемых в лазерных системах, которые нередко смешиваются при описании оптических схем. Зеркала оптического резонатора — глухое и полузеркало — являются элементами генерации и усиления излучения: они удерживают излучение внутри резонаторной полости и формируют пучок. Направляющие же зеркала, применяемые, например, в лазерных станках с ЧПУ, выполняют принципиально иную задачу — они лишь перенаправляют уже сформированный и выведенный пучок к рабочей поверхности, не участвуя в процессе его усиления.

В разрабатываемой фокусирующей системе СВЧ-плазмотрона зеркала используются именно в качестве элементов оптического резонатора. Поскольку излучение плазмотрона само по себе недостаточно сконцентрировано и не обладает необходимой пространственной когерентностью, задача резонаторного контура состоит в многократном усилении и упорядочивании пучка внутри оптической трубки до его вывода через пространственный фильтр и коллимирующую линзу. Именно это обстоятельство определяет архитектуру предложенной схемы и отличает её от систем простого перенаправления лазерного луча.

Оптический резонатор в классическом исполнении представляет собой конфигурацию Фабри — Перо, состоящую из двух параллельно расположенных зеркал. В зависимости от геометрии зеркальных поверхностей различают несколько типов резонаторов: плоско-параллельный (оба зеркала плоские), концентрический (оба зеркала сферические с центрами кривизны в одной точке), конфокальный (фокусы зеркал совпадают) и полуконфокальный. Каждая из конфигураций обладает различными характеристиками устойчивости и применяется в зависимости от требований к качеству пучка и мощности излучения.

Процесс формирования излучения в резонаторе подчиняется условию резонанса: устойчивые моды колебаний возникают лишь тогда, когда длина резонатора кратна целому числу полуволн излучения. Это условие обеспечивает конструктивную интерференцию волн при многократных отражениях, что и приводит к нарастанию интенсивности поля внутри резонатора. Потери на каждом цикле отражения компенсируются усилением в активной среде, и при достижении порога генерации начинается лавинообразное нарастание интенсивности с последующей стабилизацией на рабочем уровне.

Коэффициент отражения глухого зеркала составляет, как правило, 99–99,9%, тогда как полупрозрачное зеркало имеет коэффициент отражения в диапазоне 50–98% в зависимости от типа лазера и требуемой выходной мощности. Разность между единицей и коэффициентом отражения полузеркала определяет долю излучения, выводимого из резонатора в виде рабочего пучка.

В контексте разрабатываемой системы СВЧ-плазмотрона резонаторный контур внутри оптической трубки функционирует по аналогичному принципу: излучение плазмы, захваченное открытым торцом трубки, многократно отражается между полузеркалами, накапливая энергию, после чего усиленный пучок направляется через фильтр Пинхол и коллимирующую линзу на выход системы.

Ниже представлена схема классического оптического резонатора с указанием направления распространения излучения и функций каждого элемента рис.1. Схема иллюстрирует классический резонатор Фабри — Перо. Анимированные пунктирные линии показывают многократное движение излучения между зеркалами внутри активной среды. Глухое зеркало (слева, $R \approx 100\%$) полностью возвращает излучение обратно, тогда как полузеркало (справа) частично отражает, а частично пропускает пучок наружу в виде рабочего выходного излучения. Длина резонатора L должна быть кратна целому числу полуволн — это

и есть условие резонанса, при котором волны складываются конструктивно и интенсивность нарастает.

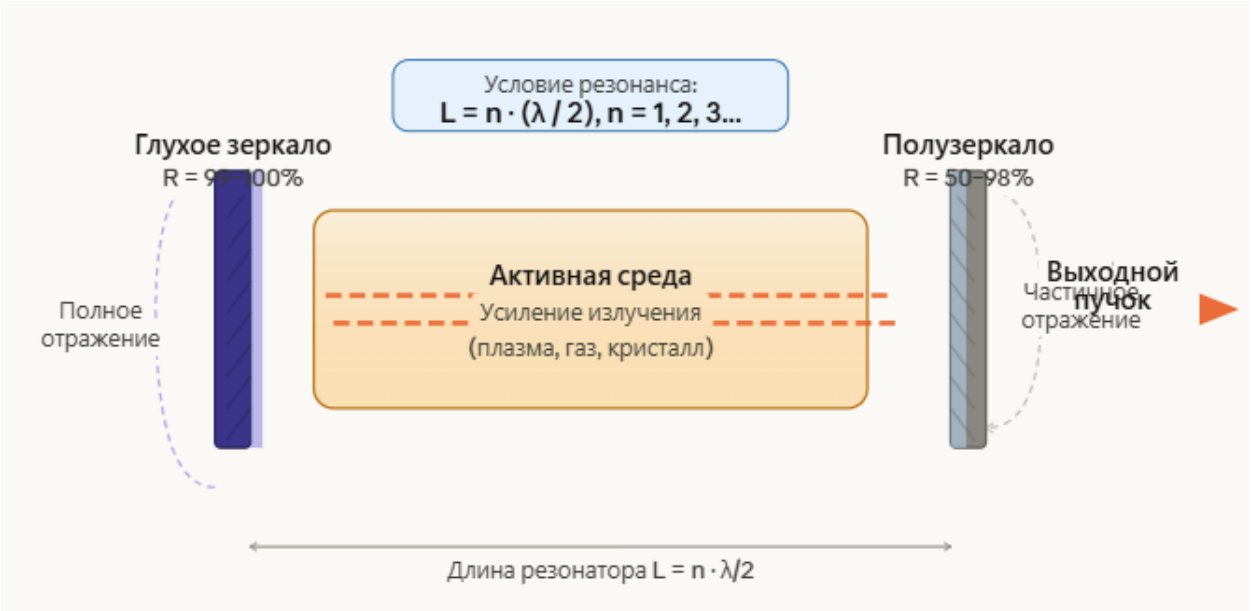


Рисунок 1 - Схема классического оптического резонатора

Возьмем за пример путь лазерного луча в специализированных станках

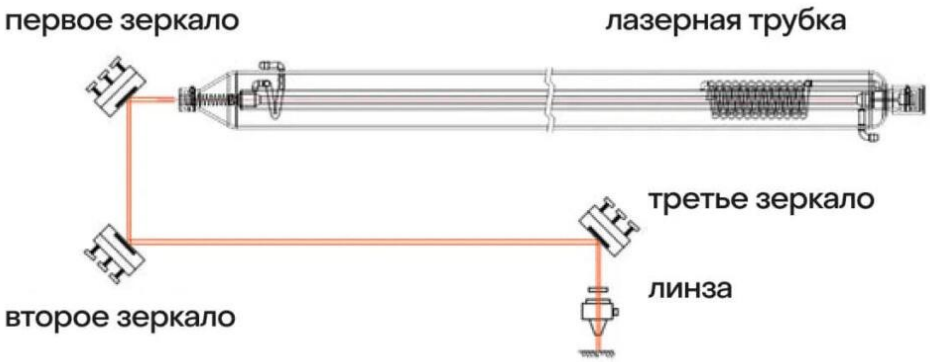


Рисунок 2 - Путь лазерного луча в лазерном ЧПУ станк

В лазерных станках с ЧПУ луч из лазерной трубки проходит строго определённый путь через систему зеркал до рабочей поверхности. Из трубки луч последовательно отражается от первого, второго и третьего зеркал, каждое из которых точно направляет его по заданной траектории. После третьего зеркала луч попадает в фокусирующую линзу, которая концентрирует его в точку минимального диаметра непосредственно на обрабатываемом материале. Такая схема позволяет транспортировать луч на значительные расстояния внутри станка без потери мощности и направленности.

Принцип использования зеркал в системе СВЧ-плазмотрона схож с описанной схемой, однако имеет принципиальное отличие. В лазерном станке зеркала выполняют лишь функцию направления уже сформированного и достаточно мощного пучка. В случае же СВЧ-излучения

задача кардинально сложнее — само по себе излучение плазмотрона недостаточно сконцентрировано и нуждается в многократном усилении.

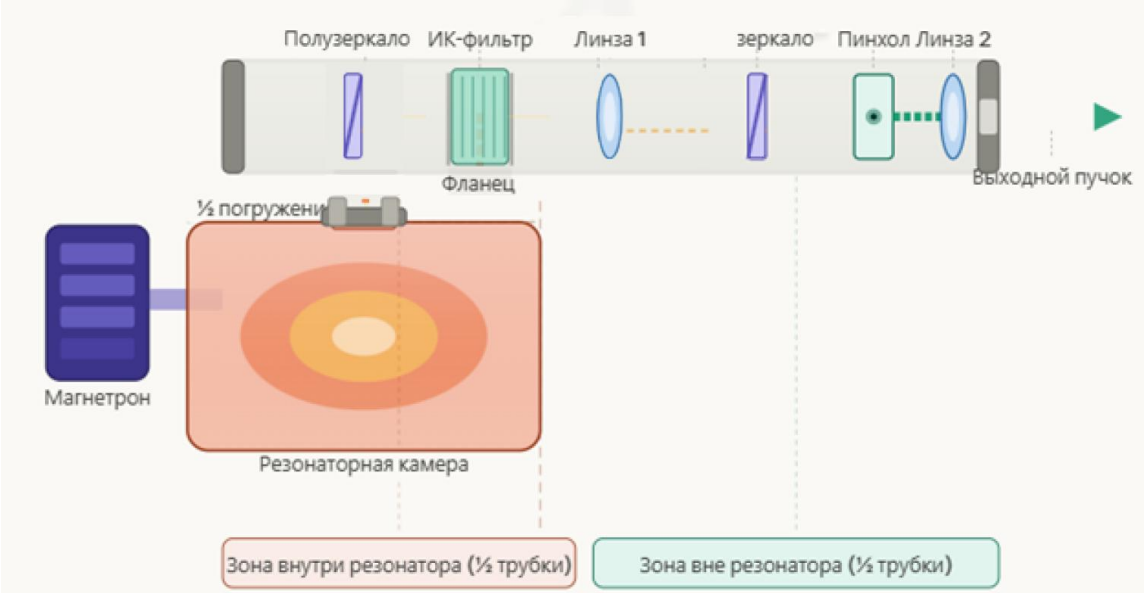


Рисунок 3 - Предполагаемая схема фокусирующей системы СВЧ – плазмотрона

Поэтому в разрабатываемой системе зеркала и полузеркала располагаются иначе: они не просто перенаправляют пучок, а участвуют в его усилении совместно с линзами и фильтрами, формируя резонаторную полость, в которой энергия излучения накапливается и постепенно концентрируется до рабочего уровня.

Левая половина трубки погружена прямо в резонаторную камеру — нижний торец открыт, чтобы плазменное излучение входило без потерь. Фланец крепит трубку к стенке резонатора герметично. Внутри трубки слева направо расположены: ИК-фильтр → Линза 1 → Полузеркало 1 → Глухое зеркало → Полузеркало 2 → Пинхол → Линза 2. Между полузеркалом и глухим зеркалом идёт многократное отражение для накопления энергии — это показано пунктиром с обратным ходом. Правый торец трубки имеет выходное отверстие, из которого выходит сконцентрированный коллимированный пучок зелёного цвета — готовый для лазерной обработки материалов.

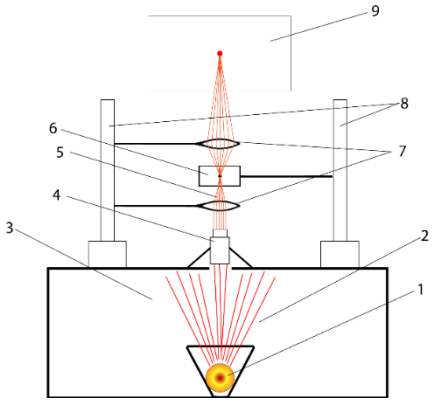


Рисунок 4 - Подробная схема оптической системы старого формата:
1 – индуцированные вещества в состоянии плазмы, 2 – вынужденное или индуцированное излучение, 3 – резонаторная камера, 4 – инфракрасный фильтр, 5 – собирающая линза, 6 – пространственный фильтр (фильтр пинхол), 7 – сфокусированные лучи энергии излучения, 8 – магнитные стойки, 9 – плоскость для лазерной резки.

Вынужденное излучение 2 от индуцированных веществ 1 распространяется практически по всей площади резонаторной камеры 3, проходя через отверстие на верхней части некоторая часть лучей попадая в инфракрасный фильтр 4 изменяют свои свойства, далее пройдя через собирающие линзы 5 пучок лучей попадает в пространственный фильтр 6 (фильтр пинхол), фильтр «очищая» лучи дает чистое и перевернутое излучение, далее чтобы снова собрать все лучи в один пучок, устанавливается собирающая линза 7, собравшийся после линзы пучок направляется на плоскость 9.

В рамках настоящего исследования была разработана усовершенствованная оптическая схема фокусирующей системы, принципиально отличающаяся от исходного варианта, представленного в базовой конфигурации. Ниже приводится сравнительный анализ двух схем с выявлением ключевых преимуществ предложенного решения.

Исходная схема представляла собой открытую вертикальную оптическую систему, в которой излучение из резонаторной камеры распространялось вертикально вверх, последовательно проходя через две собирающие линзы и пространственный фильтр (фильтр Пинхол), закреплённые на открытых опорных стойках. Система не предусматривала элементов усиления излучения, а оптические компоненты не были защищены от воздействия внешней среды.

Предложенная схема представляет собой закрытую горизонтальную оптическую систему, все элементы которой размещены внутри единой герметичной трубки, погружённой на половину своей длины в резонаторную камеру. Данное конструктивное решение обеспечивает ряд существенных преимуществ.

Во-первых, погружение трубки непосредственно в резонатор обеспечивает полный захват фотонного излучения плазмы с минимальными потерями на входе в оптический тракт, тогда как в исходной схеме значительная часть излучения рассеивалась в окружающее пространство до достижения первого оптического элемента.

Во-вторых, введение в оптическую схему двух полузеркал и глухого зеркала формирует внутренний резонаторный контур, обеспечивающий многократное отражение и накопление энергии излучения перед его выводом. Исходная схема подобного механизма усиления не предусматривала.

В-третьих, закрытая конструкция трубки полностью изолирует оптический тракт от внешних дестабилизирующих факторов — пыли, вибраций и паразитного рассеянного излучения, — тогда как открытая компоновка исходной схемы не обеспечивала подобной защиты.

В-четвёртых, размещение всех оптических элементов в едином жёстком корпусе гарантирует стабильность их взаимного положения в процессе эксплуатации, исключая нарушение юстировки, характерное для многоопорных открытых конструкций.

В-пятых, в предложенной схеме пространственная фильтрация (фильтр Пинхол) осуществляется после прохождения пучком резонаторного контура усиления, что позволяет получить на выходе более мощный и пространственно однородный пучок с гауссовым профилем интенсивности.

Выводы: таким образом, предложенная схема демонстрирует комплексное превосходство над исходным вариантом по критериям энергетической эффективности, конструктивной надёжности, защищённости оптического тракта и качества формируемого выходного пучка, что подтверждает целесообразность её применения в задачах лазерной обработки материалов на основе излучения СВЧ-плазмотрона.

Список литературы

1. Лазерная техника и технология: Учеб. пособие для вузов. В 7 кн. / Под ред. А.Г. Григорьянца. Кн. 2: В.С. Голубев, Ф.В. Лебедев. Инженерные основы создания технологических лазеров. М. : Высш. шк., 1988.

2. Лебедева В.В. Экспериментальная оптика. М.: Изд-во МГУ, 1993. 360с.

3. Гвоздева Н.П. Коркина К .И. Прикладная оптика и оптические измерения. М.: Машиностроение, 1976. 382 с.

4. Городецкий М.Л. Основы теории оптических микрорезонаторов: Учеб. пособие для вузов. 2010. 204 с.

УДК 656.13.073:656.13.072

Л.Н. Стасенко, К.Б. Арыкбаев, Д. Гаченко
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

L.N. Stasenko, K.B. Arykbaev, D. Gachenko
Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic
dassuldas@gmail.com

УЛУЧШЕНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНДА ЖҮК ТАШУУНУН НАТЫЙЖАЛУУЛУГУН ЖОГОРУЛАТУУ ЖАНА ОПТИМАЛДАШТЫРУУ

IMPROVING AND OPTIMIZING THE EFFICIENCY OF FREIGHT TRANSPORTATION IN THE KYRGYZ REPUBLIC

Жүк ташуу ар бир өлкөнүн экономикасынын маанилүү компоненти болуп саналат. Ташуулардын өсүшү, эл аралык сооданы өнүктүрүү, транспорт коридорлоруна интеграциялоо эффективдүүлүктү жогорулатууну талап кылат. Бул милдеттерди чечүүдө транспорттук кызматтардын сапатын жогорулатуу жана логистикалык процесстерди оптималдаштыруу биринчи планга чыгат.

Натыйжа максатка жетүү үчүн комплекстүү мамиле менен натыйжалуураак болот. Бул ыкма төмөнкүлөрдү камтыйт:

- инфраструктураны өнүктүрүү;

- транспортту уюштурууну жакшыртуу;

- транспорттук кызмат көрсөтүүлөрдүн сапатын жогорулатуу жана жүк агымын натыйжалуу башкарууну камсыз кылуу үчүн кыйла натыйжалуу логистикалык чечимдерди ишке ашыруу.

Ачкыч сөздөр: *жүк ташуу, тоолуу рельеф, инфраструктура, логистикалык технологиялар, логистикалык борборлор, маршруттар, транспорттук чыгымдар.*

Грузовые перевозки представляют собой важное звено экономики любой страны условиях рост объемов перевозок, развитие международной торговли и интеграция в транспортные коридоры требуют повышения эффективности грузовых перевозок При решении указанных задач на первый план выходит улучшение качества транспортных услуг и оптимизация логистических процессов.

Результат будет более результативным при комплексном подходе к достижению цели. Такой подход включает

- развитие инфраструктуры;

- совершенствование организации перевозок:

- внедрение более эффективных логистических решений, позволяющих повысить качество транспортных услуг и обеспечить более рациональное управление грузопотоками.

Ключевые слова: *грузовые перевозки, горный рельеф, инфраструктура, логистические технологии, логистические центры, маршрутизация, транспортные издержки.*

Freight transportation is a vital component of any country's economy. Growing transportation volumes, the development of international trade, and integration into transport corridors require increased efficiency. In addressing these challenges, improving the quality of transportation services and optimizing logistics processes comes to the forefront.

The outcome will be more effective with a comprehensive approach to achieving the goal. This approach includes:

- infrastructure development;

- improving transportation organization;

- implementing more efficient logistics solutions to improve the quality of transportation services and ensure more efficient cargo flow management.

Key words: *freight transportation, mountainous terrain, infrastructure, logistics technologies, logistics centers, routing, transportation costs.*

Введение. Грузовые перевозки представляют собой важное звено экономики любой страны, гарантируя перемещение товаров внутри определенного района, между отдельными регионами, предприятиями и международными рынками. Это делает транспортную систему ключевым фактором экономического развития, торговли и логистики. Эффективность работы транспорта определяет объем торговли, уровень логистических затрат и характер экономического развития территорий.

В современных условиях рост объемов перевозок, развитие международной торговли и интеграция в транспортные коридоры требуют повышения эффективности грузовых перевозок. Первостепенными задачами при этом, как и ранее остались следующие:

- снижение транспортных затрат;
- достижение оптимальной скорости доставки грузов.

При решении указанных задач на первый план выходит улучшение качества транспортных услуг и оптимизация логистических процессов.

Результат будет более результативным при комплексном подходе к достижению цели. Такой подход включает

- развитие инфраструктуры;
- совершенствование организации перевозок:
- внедрение более эффективных логистических решений, позволяющих повысить качество транспортных услуг и обеспечить более рациональное управление грузопотоками.

Цель исследования. Особенности грузовых перевозок в Кыргызской Республике. Транспортная система Кыргызской Республики включает основные виды транспорта: воздушный, автомобильный, железнодорожный, водный и трубопроводный. При этом в структуре грузоперевозок доминирует автомобильный транспорт, обеспечивающий как внутренние перевозки, так и внешние связи с соседними странами. Такая структура обусловлена объективными факторами: горным характером территории и отсутствием выхода к морю. В этих условиях именно автомобильный транспорт оказывается наиболее гибким и адаптивным, позволяя обеспечивать доставку грузов в труднодоступные регионы и оперативно реагировать на изменения имеющегося спроса.

Трубопроводный транспорт выполняет в стране специализированную функцию, связанную с перемещением энергетических ресурсов. Его использование позволяет организовать непрерывные поставки газа, нефти и нефтепродуктов на значительные расстояния без необходимости промежуточных операций, что снижает издержки и повышает устойчивость снабжения.

На организацию и эффективность процесса перевозок в стране влияет совокупность взаимосвязанных факторов.

Существенным ограничением выступает горный рельеф, который усложняет строительство и эксплуатацию транспортной инфраструктуры, увеличивая капитальные и операционные затраты.

Дополнительной проблемой является недостаточный уровень развития инфраструктуры, включая качество дорожной сети, а также дефицит современных логистических центров и складских мощностей. Усиливает нагрузку на систему высокая концентрация перевозок на автомобильном транспорте, что приводит к ускоренному износу дорог и снижению их пропускной способности. Ограниченность железнодорожной сети, охватывающей лишь часть территории страны, сдерживает развитие альтернативных видов перевозок и снижает общую гибкость транспортной системы.

В то же время географическое положение Кыргызской Республики формирует значимое конкурентное преимущество. Расположение на пересечении региональных транспортных маршрутов создает предпосылки для активного использования транзитного потенциала и интеграции в международные логистические цепочки. При соответствующем развитии инфраструктуры и координации транспортных потоков этот фактор способен компенсировать часть существующих ограничений и стать драйвером роста отрасли.

Таким образом, несмотря на наличие структурных и инфраструктурных проблем, транспортно-логистическая система страны обладает существенным потенциалом, реализация которого напрямую связана с повышением эффективности управления перевозками и модернизацией ключевых элементов транспортной сети.

Материалы и методы исследования. Текущий уровень эффективности грузовых перевозок в Кыргызской Республике формируется под воздействием совокупности инфраструктурных, организационных и технологических ограничений, каждое из которых оказывает прямое влияние на издержки, сроки доставки и надежность транспортных операций.

1.Ключевым сдерживающим фактором остается **состояние дорожной инфраструктуры.** Значительная часть автомобильных дорог не соответствует современным требованиям по пропускной способности и качеству покрытия. Это приводит не только к увеличению времени движения, но и к ускоренному износу транспортных средств, росту затрат на их обслуживание и снижению предсказуемости сроков доставки. В результате ухудшается общая устойчивость логистических цепей.

2.Существенную роль играет **недостаточное внедрение современных логистических технологий.** Во многих транспортных компаниях сохраняются традиционные подходы к управлению перевозками, основанные на ограниченном использовании аналитических инструментов и цифровых решений. Это снижает точность планирования маршрутов, препятствует эффективному распределению загрузки транспорта и ведет к увеличению доли холостых пробегов, что в совокупности снижает производительность подвижного состава.

3.Дополнительным фактором выступает **высокий уровень транспортных издержек**. Существенную нагрузку формируют затраты на топливо, техническое обслуживание и ремонт, а также влияние природно-климатических условий, усложняющих эксплуатацию транспорта. В результате себестоимость перевозок возрастает, что снижает конкурентоспособность как отдельных перевозчиков, так и транспортной системы в целом.

4.**Недостаточное развитие логистических центров** также ограничивает эффективность грузопотоков. Отсутствие крупных логистических центров и современных складских комплексов затрудняет консолидацию, перераспределение и обработку грузов. Это приводит к увеличению времени оборота грузов, снижению гибкости поставок и ограничивает возможности для оптимизации логистических процессов.

5.Отдельного внимания заслуживает **низкий уровень цифровизации** транспортной системы. Ограниченное внедрение информационных технологий снижает прозрачность перевозок и затрудняет оперативный контроль за их выполнением. Недостаток цифровых инструментов управления препятствует интеграции участников логистической цепи, что

негативно сказывается на координации процессов и общей эффективности управления грузопотоками.

Результаты исследования. Пути улучшения и оптимизации грузовых перевозок. Для повышения эффективности грузовых перевозок в Кыргызской Республике требуется реализация комплекса мер, ориентированных на развитие транспортной инфраструктуры, внедрение современных технологий и совершенствование управления транспортной системой.

1. Развитие транспортной инфраструктуры. Ключевым направлением повышения эффективности грузовых перевозок выступает системное обновление транспортной инфраструктуры. В первую очередь речь идет о модернизации существующей дорожной сети, строительстве новых магистралей и приведении технического состояния автодорог в соответствие с современными требованиями. Улучшение качества дорожного покрытия и повышение пропускной способности трасс позволяют сократить время движения, снизить износ транспортных средств и уменьшить совокупные эксплуатационные расходы. Это напрямую влияет на стабильность и предсказуемость перевозочного процесса.

Развитие инфраструктуры оказывает также значимое влияние на уровень безопасности. Современные дороги с соответствующими инженерными решениями снижают вероятность аварийных ситуаций, что особенно важно в условиях сложного рельефа и высокой нагрузки на транспортную сеть. В результате повышается надежность доставки грузов и снижаются риски, связанные с нарушением сроков поставок.

Отдельного внимания требует формирование и развитие международных транспортных коридоров. Расширение и модернизация маршрутов, связывающих Кыргызскую Республику с соседними государствами и ключевыми торговыми центрами региона, позволяет усилить транзитную функцию страны. Это не только способствует увеличению объемов перевозок, но и создает условия для более глубокой интеграции в региональные и международные логистические системы, обеспечивая дополнительный экономический эффект за счет роста внешнеторговой активности.

2. Создание транспортно-логистических центров. Развитие сети современных транспортно-логистических центров является важным направлением повышения эффективности грузовых перевозок, поскольку позволяет системно упорядочить процессы хранения, обработки и распределения грузов. Формирование таких узлов обеспечивает концентрацию логистических операций в специализированных точках, что снижает фрагментарность перевозочного процесса и повышает его управляемость.

Транспортно-логистические центры, как правило, представляют собой комплексную инфраструктуру, включающую складские помещения различного назначения, перегрузочные терминалы, таможенные объекты и сервисные зоны. Их функциональная интеграция позволяет организовать более рациональное движение грузопотоков, минимизировать издержки на промежуточные операции и сократить количество лишних перемещений.

Наличие подобных комплексов способствует ускорению обработки грузов за счёт стандартизации и автоматизации ключевых операций. Это, в свою очередь, снижает время простоя транспорта, повышает оборачиваемость подвижного состава и улучшает координацию между участниками логистической цепи. В более широком контексте развитие логистических центров создает условия для роста внешнеэкономической активности, так как повышает привлекательность страны как транзитной территории и упрощает интеграцию в международные транспортно-логистические системы.

3. Оптимизация маршрутов перевозок. Оптимизация маршрутов является одним эффективным инструментом повышения результативности грузовых перевозок, поскольку напрямую влияет на структуру затрат и уровень загрузки транспортных средств. Применение современных систем планирования и анализа маршрутов позволяет учитывать множество факторов, включая дорожные условия, интенсивность движения и особенности грузопотоков, что обеспечивает более обоснованное принятие управленческих решений.

Основным направлением оптимизации выступает снижение доли холостых пробегов, которые формируют значительную часть неэффективных затрат. За счёт более точного

согласования загрузки транспорта и планирования обратных рейсов достигается повышение коэффициента использования подвижного состава и сокращение издержек на единицу перевозки.

Не менее важным элементом является рациональное распределение грузопотоков, позволяющее избегать перегрузки отдельных маршрутов и более равномерно использовать транспортную инфраструктуру. Это способствует снижению времени доставки и уменьшению вероятности задержек, особенно в условиях ограниченной пропускной способности отдельных участков дорожной сети.

Дополнительно существенное значение имеет выбор оптимальных маршрутов с точки зрения их протяжённости и уровня безопасности. Использование наиболее коротких и одновременно надёжных направлений позволяет минимизировать временные и ресурсные затраты, а также снизить риски, связанные с неблагоприятными дорожными и природными условиями. В совокупности данные меры формируют более устойчивую и экономически эффективную систему организации перевозок.

4. Внедрение информационных технологий. Интеграция информационных технологий в сферу грузовых перевозок является существенным фактором повышения качества управления и координации логистических процессов. Использование цифровых решений позволяет обеспечить более точный контроль за перемещением грузов, повысить оперативность принятия решений и сократить влияние человеческого фактора на организацию перевозок.

К числу наиболее значимых технологических инструментов относятся системы спутникового мониторинга транспорта, обеспечивающие непрерывное отслеживание местоположения и состояния подвижного состава. Их применение позволяет оперативно реагировать на отклонения от маршрута, контролировать соблюдение графиков и повышать уровень безопасности перевозок.

Важную роль играют автоматизированные системы управления логистикой, которые позволяют оптимизировать процессы планирования, распределения и контроля транспортных операций. Дополняют их цифровые платформы управления грузопотоками, обеспечивающие взаимодействие между участниками перевозочного процесса и позволяющие более эффективно координировать движение грузов.

Переход к электронному документообороту, включая цифровые транспортные накладные, существенно упрощает административные процедуры, снижает вероятность ошибок и ускоряет обработку данных. В совокупности цифровизация транспортной отрасли повышает прозрачность операций, улучшает управляемость логистических процессов и способствует снижению совокупных административных издержек.

5. Развитие мультимодальных перевозок

Для оценки эффективности оптимизации грузовых перевозок рассмотрим пример маршрута Талас – Бишкек. В таблице представлено сравнение традиционной схемы перевозок и оптимизированной логистической модели.

Таблица 1. Сравнение традиционной схемы перевозок и оптимизированной логистической модели.

Показатель	Традиционная схема	Оптимизированная схема
Длина маршрута (км)	291.0	270.0
Средняя скорость (км/ч)	50.0	60.0
Время доставки (ч)	5.8	4.5
Расход топлива (л)	85.0	72.0
Стоимость топлива (сом)	5100.0	4320.0
Эксплуатационные расходы (сом)	3000.0	2500.0
Общая стоимость перевозки (сом)	8100.0	6820.0

Расчёт экономического эффекта показывает, что после оптимизации маршрута и внедрения логистического планирования стоимость перевозки снижается на 1280 сом, что составляет примерно 15.8% экономии.

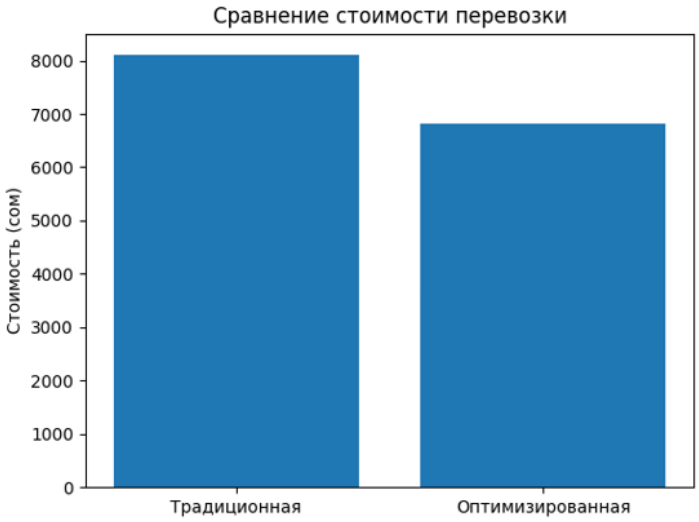


Рисунок1 - Сравнение стоимости перевозки

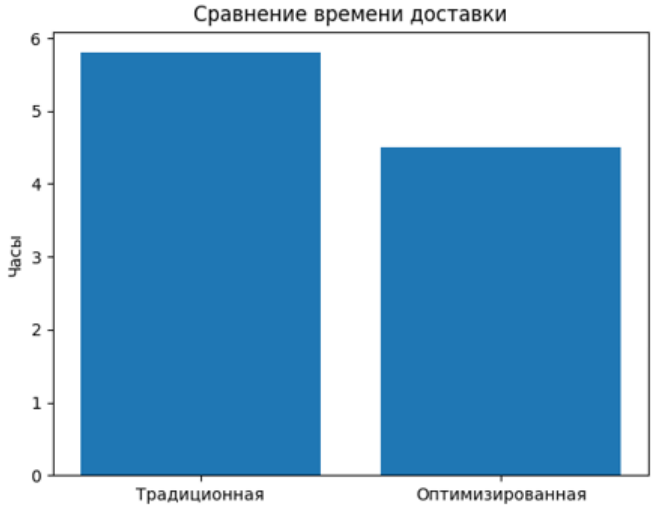


Рисунок 2 - Сравнение времени доставки

Как видно из представленных графиков, оптимизация маршрутов и улучшение управления перевозками позволяет сократить как время доставки, так и общую стоимость перевозки. Это повышает эффективность транспортной системы и конкурентоспособность логистических услуг.

Мультимодальные перевозки предполагают использование нескольких видов транспорта для доставки грузов. Например, сочетание автомобильного и железнодорожного транспорта позволяет снизить стоимость перевозок и повысить их эффективность.

Грузооборот транспорта Кыргызской Республики (КР) за 2024–2025 гг. по данным статистики следующий:

Таблица 2. Грузооборот транспорта Кыргызской Республики за 2024–2025 гг.

Период	Грузооборот
2024 год (всего)	≈ 3,2 млрд т-км
Январь–июнь 2024	1,381 млрд т-км
Январь–июнь 2025	1,535 млрд т-км

- В 2024 году грузооборот всех видов транспорта составил около 3,2 млрд тонно-километров, что на 10,6 % больше, чем в 2023 году.

- За январь–июнь 2025 года грузооборот достиг 1,535 млрд т-км, что на 11,1 % выше, чем за аналогичный период 2024 года.

Таблица 3 - Динамика грузооборота (пример для графика)

Год	Грузооборот, млрд т-км
2023	~2,9
2024	3,2
2025 (6 мес.)	1,54

Таблица 4 - Структура грузооборота (январь–июнь 2024)

Вид транспорта	млн т-км
Автомобильный	606,1
Железнодорожный	476,6
Трубопроводный	162,9
Воздушный	136,0

Экономический эффект оптимизации перевозок. Реализация мер, направленных на совершенствование системы грузовых перевозок, обеспечивает комплексный экономический эффект, затрагивающий как уровень отдельных предприятий, так и макроэкономические показатели. В первую очередь достигается снижение транспортных издержек за счёт более рационального использования ресурсов, оптимизации маршрутов и повышения эффективности эксплуатации подвижного состава. Это ведёт к уменьшению себестоимости перевозок и формирует условия для повышения рентабельности транспортной деятельности.

Одновременно происходит сокращение сроков доставки грузов, что имеет принципиальное значение для устойчивости логистических цепей и повышения надежности поставок. Ускорение транспортных операций позволяет предприятиям более гибко реагировать на изменения спроса, снижать запасы и оптимизировать оборот капитала.

Повышение качества транспортных услуг выражается в улучшении точности выполнения перевозок, снижении количества сбоев и увеличении степени удовлетворенности клиентов. Это, в свою очередь, усиливает доверие к транспортной системе и расширяет возможности для её интеграции в международные логистические процессы.

Снижение барьеров в организации перевозок и повышение их эффективности способствует росту объемов внешней торговли, поскольку упрощается доступ к зарубежным рынкам и уменьшаются сопутствующие издержки. В результате возрастает конкурентоспособность национальной экономики, так как предприятия получают возможность более эффективно участвовать в международном товарообороте.

Дополнительный эффект проявляется в развитии смежных отраслей и территорий. Расширение транспортной инфраструктуры и логистических услуг стимулирует создание новых рабочих мест, способствует экономической активности в регионах и формирует предпосылки для их более равномерного социально-экономического развития.

Заключение. Формирование эффективной системы грузовых перевозок выступает одним из определяющих условий устойчивого экономического развития Кыргызской Республики, поскольку от её состояния напрямую зависит уровень связанности рынков, интенсивность товарообмена и устойчивость логистических цепей. В условиях расширения международной торговли и усиления интеграционных процессов в транспортной сфере возрастает значимость целенаправленного совершенствования логистических механизмов и обновления инфраструктурной базы.

Повышение эффективности перевозок требует последовательной реализации комплекса взаимосвязанных мер. К ним относятся развитие и модернизация транспортной инфраструктуры, внедрение современных логистических технологий, формирование сети транспортно-логистических центров, а также расширение применения цифровых систем управления перевозочным процессом. Согласованное развитие этих направлений позволяет не

только снизить издержки и повысить скорость доставки, но и обеспечить более высокий уровень управляемости и устойчивости транспортной системы.

Реализация обозначенных подходов создает предпосылки для усиления транзитного потенциала страны. При эффективной организации транспортных потоков Кыргызская Республика способна закрепить свою роль значимого звена в региональных логистических маршрутах Центральной Азии. Это, в свою очередь, будет способствовать расширению внешнеэкономических связей и обеспечит дополнительные источники экономического роста.

Список литературы

1. Афанасьев Л.Л. и др. «Единая транспортная система и автомобильные перевозки». Учебник для студентов вузов. М.: Транспорт 1998. 333 с.
2. Горев, А.Э. Основы теории транспортных систем: учебное пособие - СПб.: СПбГАСУ, 2010. - 214 с.
3. И.О. Загорский, П.П. Володькин, А.С. Рыжова. Транспортная инфраструктура Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2015. - 228 с.
4. Инструкция по осуществлению государственного контроля за соблюдением законодательства КР в сфере автомобильного транспорта
5. Сильянов, В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц: учебник / В. В. Сильянов, Э. Р. Домке. - М.: Академия, 2007. - 352 с.
6. Арыкбаев К.Б. Роль транспортной логистики в подготовке специалистов транспортных направлений. [Текст] / Б.Ж. Абыкеева. // Вестник КРСУ. - Бишкек, 2014. - Вып. №12 (14). - С.142-144. *ISBN 1694-500 X*
7. Арыкбаев К.Б. Правовая основа регулирования международных автомобильных перевозок грузов. [Текст] / У.К. Тобокелов, А.Ф. Абдурахманов. // Вестник КУСТА. - Бишкек, 2006. - Вып. №2 (12). - С.98-92. *ISBN 1694-5298*
8. Арыкбаев К.Б. Развитие транспортно-экспедиционной деятельности и логистики, взаимодействие различных видов транспорта. [Текст] / У.К. Тобокелов, А.Ф. Абдурахманов. // Вестник КГТУ. - Бишкек, 2007. - Вып. №11. - С.43-48 *ISBN 9967-45-57*

УДК 656.259.24:004

А.А. Суконкин, А.П. Муслимов
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика
И.Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы

A.A. Sukonkin, A.P. Muslimov
I.Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ И АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РАЗБРАКОВКИ

АЙЛАНМА ДЕНЕЛЕРДИН БЕТТИК КЕМЧИЛИКТЕРИН ФОТОЭЛЕКТРДИК ЫКМА МЕНЕН АВТОМАТТЫК КӨЗӨМӨЛДӨӨ СИСТЕМАСЫ ЖАНА АВТОМАТТЫК СОРТТОО (БРАКОВКАЛОО) СИСТЕМАСЫ

AUTOMATIC SYSTEM FOR INSPECTION OF SURFACE DEFECTS OF ROTATING BODIES USING A PHOTOELECTRIC METHOD AND AN AUTOMATIC SORTING (REJECTION) SYSTEM

Бул иштин максаты — фотоэлектрдик ыкманы колдонууга негизделген айланма денелердин беттик кемчиликтерин автоматтык көзөмөлдөө системасын иштеп чыгуу, теориялык жактан негиздөө жана изилдөө болуп саналат. Өзгөчө көңүл оптикалык датчиктерди колдонуу аркылуу кемчиликтерди аныктоонун тактыгын жана ишенимдүүлүгүн жогорулатууга, ошондой эле продукциянын сапатын көзөмөлдөө процессинде адам факторунун таасирин азайтууга бурулат. Иштин алкагында көзөмөл системасы менен интеграцияланган, өндүрүштүн үзгүлтүксүз процессинде жаракту жана жараксыз продукцияны ыкчам бөлүштүрүүнү камсыз кылган автоматтык разбраковка системасын түзүү маселеси да каралат. Мындан тышкары, жабдуулардын өндүрүмдүүлүгүн жогорулатуу, системанын параметрлерин оптималдаштыруу жана анын өнөр жай шарттарында туруктуу иштөөсүн камсыз кылуу маселелери каралат. Коюлган милдеттерди ишке ашыруу машина куруу тармагында автоматташтыруу процесстерин өркүндөтүүгө, чыгарылган продукциянын сапатын жогорулатууга жана кемчиликтерди аныктоо жана жоюу менен байланышкан чыгымдарды азайтууга багытталган.

Ачкыч сөздөр: *автоматтык көзөмөл системасы, фотоэлектрдик ыкма, беттик кемчиликтер, айланма денелер, бузбай текшерүү, өндүрүштү автоматташтыруу, разбраковка системасы, оптикалык датчиктер, сапатты көзөмөлдөө, машина куруу.*

Целью данной работы является разработка, теоретическое обоснование и исследование автоматической системы контроля поверхностных дефектов тел вращения, основанной на применении фотоэлектрического метода. Особое внимание уделяется повышению точности и надежности обнаружения дефектов за счет использования оптических датчиков, а также снижению влияния человеческого фактора на процесс контроля качества продукции. В рамках работы также ставится задача создания автоматической системы разбраковки изделий, интегрированной с системой контроля, которая обеспечивает оперативное разделение годной и бракованной продукции в условиях непрерывного производственного процесса. Дополнительно рассматриваются вопросы повышения производительности оборудования, оптимизации параметров системы и обеспечения стабильности ее работы в условиях промышленной эксплуатации. Реализация поставленных задач направлена на совершенствование процессов автоматизации в машиностроении, повышение качества выпускаемой продукции и снижение затрат, связанных с выявлением и устранением дефектов.

Ключевые слова: *автоматическая система контроля, фотоэлектрический метод, поверхностные дефекты, тела вращения, неразрушающий контроль, автоматизация производства, система разбраковки, оптические датчики, контроль качества, машиностроение.*

The objective of this work is to develop, theoretically substantiate, and investigate an automatic system for detecting surface defects of rotating bodies based on the application of the photoelectric method. Particular attention is paid to improving the accuracy and reliability of defect detection through the use of optical sensors, as well as reducing the influence of the human factor in the quality control process.

Within the framework of this study, the task of creating an automatic sorting (rejection) system integrated with the inspection system is also addressed, ensuring efficient separation of acceptable and defective products in a continuous production process. Additionally, issues of increasing equipment productivity, optimizing system parameters, and ensuring stable operation under industrial conditions are considered.

The implementation of these tasks is aimed at improving automation processes in mechanical engineering, enhancing product quality, and reducing costs associated with defect detection and elimination.

Key words: *automatic inspection system, photoelectric method, surface defects, rotating bodies, non-destructive testing, production automation, sorting system, optical sensors, quality control, mechanical engineering.*

Схема УАСК

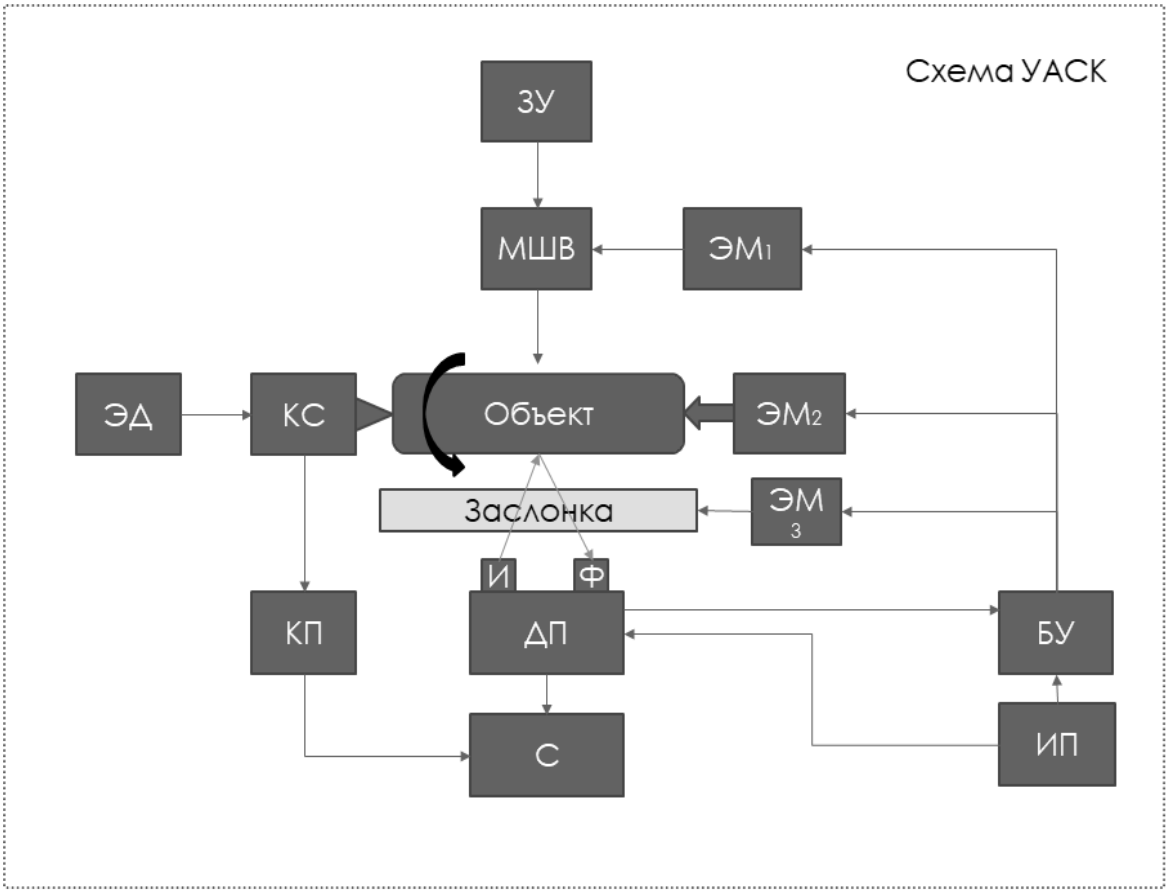


Рисунок 1 - (Схема установки автоматической системы контроля УАСК)

Данная схема описывает принцип работы автоматической системы контроля на токарном станке 1К62.
Основными блоками данной схемы являются:
ЗУ – загрузочное устройство
МШВ – механизм штучной выдачи
ЭД – электродвигатель
КС – коробка скоростей
КП – коробка подачи
С – суппорт
ДП – датчик преобразователь
И – излучатель
Ф – фотоприемник
БУ – блок управления
ЭМ – электромагнит
Данная схема – это установка автоматической системы контроля наружных дефектов тел типа тел вращения (УАСК). ЗУ-загрузочное устройство, МШВ – механизм штучной выдачи – они обеспечивают загрузку объекта в рабочее положение. ЭД- электродвигатель, передающий крутящий момент на коробку скоростей (КС), которая в свою очередь, контролирует скорость вращения объекта контроля. КП – коробка подачи, обеспечивает подачу суппорта. На суппорте установлен датчик-преобразователь (ДП), в который входит излучатель (И) и

фотоприемник (Ф). Луч от излучателя попадает на объект, отражается от него и попадает на фотоприемник. После чего сигнал обрабатывается и попадает на блок управления (БУ), который в свою очередь обрабатывает полученный сигнал и принимает решение. Сигнал поступает на ЭМ1, который воздействует на механизм штучной выдачи (МШВ) и выдает следующий объект. Также, сигнал поступает и на ЭМ2 – который освобождает объект из зажима и объект скатывается дальше по наклонной плоскости. Если дефект обнаружен, то сигнал поступит и на ЭМ3, который приведет в движение заслонку и объект отправится в брак. Если дефекта нет, то сигнал не поступает на ЭМ3.

Схема автоматической системы разбраковки

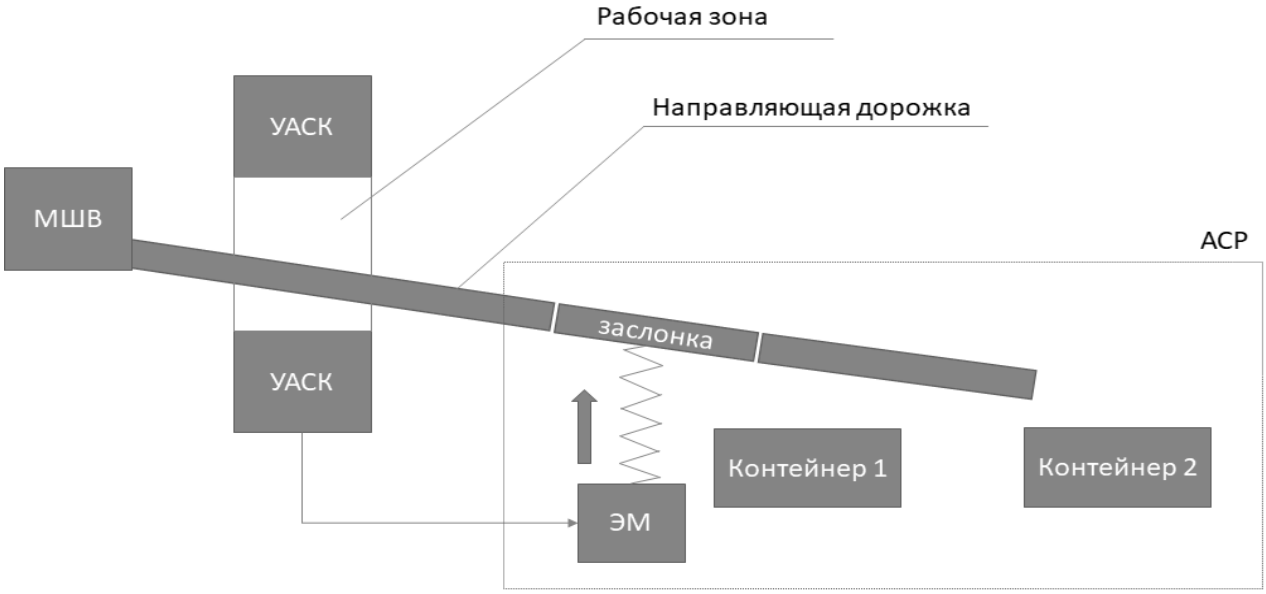


Рисунок 2 – Схема автоматической системы разбраковки

Схема, показанная на рисунке 2, описывает принцип работы автоматической системы разбраковки. Механизм штучной выдачи (МШВ) выдает объект, и он попадает в рабочую зону, где при помощи электромагнита 2 (ЭМ2) зажимается в рабочем положении. После проведения контроля поверхностных дефектов, данный объект продолжает свое движение по направляющей дорожке и попадает в контейнер 2. Если же, дефект будет обнаружен, то электромагнит приведет в движение заслонку и откроет ее, тем самым направив объект в контейнер 1, как показано на рисунке 3.

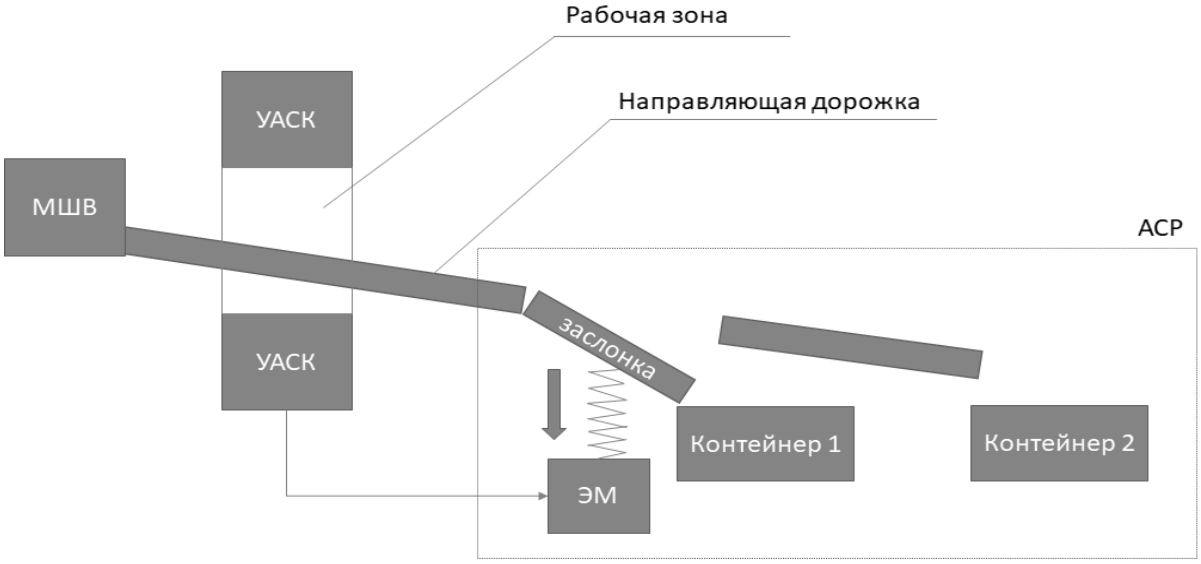


Рисунок 3 – Схема автоматической системы разбраковки

Как можно увидеть на рисунке 2, заслонку поддерживает пружина электромагнита, которая не позволяет открыться ей. Но когда требуется, электромагнит сжимает пружину, соединенную с заслонкой, тем самым открывает ее.

Принцип работы электромагнита и его расчет

Для данной системы автоматической системы разбраковки нужен определенный электромагнит, выполняющий заданные функции, а именно обеспечивать сжатое и разжатое состояние пружины, воздействующей на заслонку.

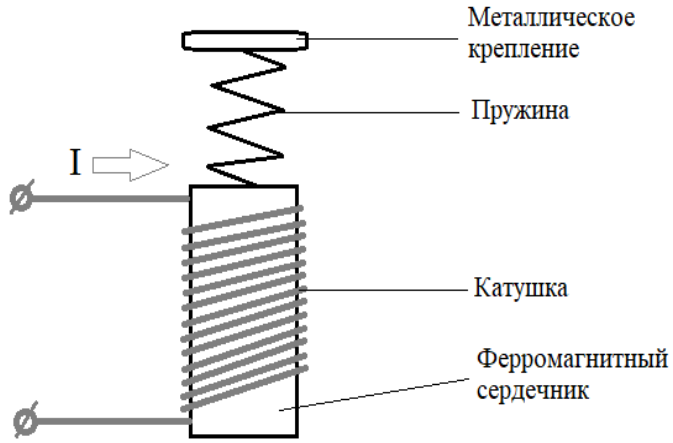


Рисунок 4 – Устройство электромагнита

Электромагнит состоит из четырех основных составляющих, как показано на рисунке 4. При подаче электрического тока на катушку, ферромагнитный сердечник преобразуется в магнит. Он притягивает к себе металлическое крепление, тем самым сжимая пружину. Металлическое крепление соединяется с заслонкой.

Учитывая, что заслонка направляющей дорожки весит 1 кг, а металлическое крепление 0.3 кг, площадь данного крепления составляет 0.0025 м^2. Учитывая данные значения, приходим к выводу, что давление на пружину будет равно:

$$p = \frac{P}{S} = \frac{g * m}{S}$$

(1)

где: p – давление, P – вес, S – площадь приложения силы; S – масса

Рассчитаем требуемый коэффициент жесткости пружины, учитывая объект, прокатывающейся по заслонке, тем самым создающий дополнительное давление на нее. Следовательно, давление, оказываемое на пружину, будет равна 5150 ПА, значит сила будет равна 16,7 Н. (Из формулы 19, т.к. P=F).

Максимально допустимое сжатие пружины, в не сжатом состоянии составляет 2 мм, т.е. 0,002 м. Из закона Гука:

$$k = \frac{F}{\Delta l}$$

(2)

где k – коэффициент упругости; F – сила упругости; Δl – изменение длины пружины.

Следует, что коэффициент жесткости пружины будет равен 8350 Н/м.

Т.к. заслонка должна открыться, значит пружина должна сжаться на 5 см. Из формулы 2 высчитаем требуемую силу:

$$F = -8350 \frac{\text{Н}}{\text{м}} * 0{,}005\text{м} = 41{,}75\text{Н}$$

Формула для вычисления силы электромагнита выглядит так:

$$F = (I * w)^2 * \mu * \frac{S}{(2 * h^2)}$$

(3)

где: F – сила электромагнита; I – сила тока в обмотке; w – количество витков в обмотке; μ – 1.25663706*10^{-6} Гн/м – магнитная постоянная; S – площадь сечения электромагнита; h^2 – величина зазора между соленоидом и металлом.

Размеры электромагнита составляют 6х6 см. Следовательно, поперечное сечение электромагнита составляет 0.0036м^2. А количество витков составляет 600. Величина зазора между соленоидом и металлом составляет 0.001м. Из формулы 3 высчитаем, какая сила тока, требуется для данного электромагнита, для этого потребуется преобразовать выражение 22:

$$\sqrt{F} = I * w * \sqrt{\mu} * \sqrt{\frac{S}{(2 * h^2)}}$$

Отсюда:

$$I = \frac{\sqrt{F} * \sqrt{2 * h^2}}{w * \sqrt{\mu} * \sqrt{S}}$$

Подставим значения и получим:

$$I = \frac{\sqrt{41{,}75} * \sqrt{2 * 0{,}001^2}}{600 * \sqrt{1{,}25663706 * 10^{-6}} * \sqrt{0.0036}}$$

Требуемая сила тока для данного электромагнита составляет 0,228А.

Из формулы 2 видно, что сила электромагнита имеет прямую зависимость от силы тока, т.к. остальные значения в данных условиях являются константами. Данная зависимость показана на рисунке 5.

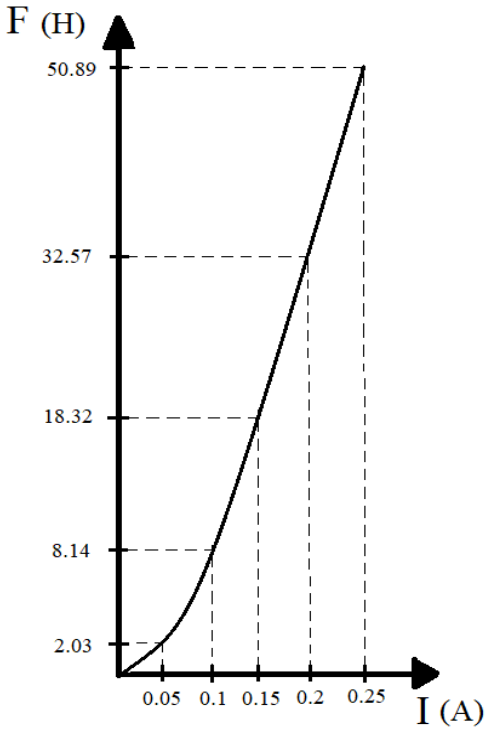


Рисунок 5 – Аналитическое решение электромагнита

Заключение. В работе рассмотрена автоматическая система контроля поверхностных дефектов тел вращения, основанная на фотоэлектрическом лазерном методе. Проведенный анализ показал, что данный подход является эффективным решением для повышения качества продукции и автоматизации производственных процессов.

Разработанная система обеспечивает высокую точность обнаружения дефектов, снижает влияние человеческого фактора и повышает производительность. Интеграция системы в технологический процесс позволяет реализовать непрерывный контроль качества изделий.

Перспективы дальнейших исследований связаны с применением методов машинного обучения для повышения точности распознавания дефектов и расширения функциональных возможностей системы.

Список литературы

1. Аверченков, В.И., Горленко, О.А., Ильицкий, В.Б. и др. / Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения / Под ред. О.А. Горленко - М.: Машиностроение, 1988. - 192 с.
2. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т., Т.3. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1980. - 557 с.
3. Бакутин В.Н., Заика Ж.А., Карпов В.И. Определение дефектов пайки радиационным методом // Дефектоскопия № 6. – С. 75-80.
4. Белопухов В.Н., Волостников В.Г., Котляр В.В., Малов А.Н., Подвигин В.Н. Когерентно-оптическое обнаружение дефектов на поверхности изделий. Лазерная технология и автоматизация исследований. – М.: МЦНТИ, 2000. – С. 106-110.
5. Волосов С.С., Педь Е.Н. Приборы для автоматического контроля в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1970. – 307 с.
6. Муслимов А.П. Неразрушающие методы и приборы контроля качества продукции: учебник. – Бишкек: Издательство КРСУ, 2022. – 308 с.
7. Муслимов А.П., Васильев В.Б. Автоматическое управление технологическими процессами в машиностроении: учебник. – Бишкек: Издательство КРСУ, 2018. – 258 с.

УДК 621.914. 3:621.3.078

Д.А.Урих, В.Б. Васильев
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

D.A. Urich, V.B. Vasiliev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
e-mail: urikh_00@mail.ru vvb@kstu.kg

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ПОДАЧИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА С ЧПУ

CNC ФРЕЗЕРДИК СТАНОК ҮЧҮН ТОЮТ ЫЛДАМДЫГЫН АВТОМАТТЫК БАШКАРУУ СИСТЕМАСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC FEED RATE CONTROL SYSTEM FOR A CNC MILLING MACHINE

Бул макалада CNC фрезердик станогунда кесүүчү аспаптын тоют ылдамдыгын жөнгө салуу маселеси каралат. Негизги көйгөй - даяр тетиктин материалынын тегиз эместиги, бул аспаптын ашыкча жана өзгөрүлүп туруучу жүктөмүнө жана даяр тетиктердин сапатынын начарлашына алып келет. Ылдамдык датчигин азыктандыруу огуна (BSS) кошууну камтыган чечим сунушталууда. Иштелип чыккан система кыймылдын кинематикасына жана бетинин тегиз эместигине жараша инструменттин берилүү ылдамдыгын өзгөртүү аркылуу кесүүчү күчтү турукташтырат, кайра иштетүүнүн тактыгын жана туруктуулугун жогорулатууга, ошондой эле аспапка ашыкча жүктү азайтууга мүмкүндүк берет.

Ачкыч сөздөр: *автоматтык башкаруу, сандык башкаруу, шар бурамасы, инструментти берүү, ылдамдык сенсору, адаптациялоочу башкаруу.*

В данной статье рассмотрен вопрос регулирования скорости подачи режущего инструмента фрезерного станка с числовым программным управлением. Главной проблемой является неравномерность материалов обработки, приводящая к чрезмерной и колебательной нагрузке на инструмент, и ухудшению качества обработки деталей. Предложено решение, связанное с внедрение датчика крутящего момента в ШВП (шарико-винтовая передача) на оси подачи инструмента. Разработанная система позволит стабилизировать силу резания посредством изменения скорость подачи инструмента в зависимости от кинематики перемещения и неровности поверхности, позволяя повысить точность и стабильность обработки, а также снять избыточную нагрузку на инструмент.

Ключевые слова: *автоматическое управление, числовое программное управление, шарико-винтовая передача, подача инструмента, датчик оборотов, адаптивное управление.*

This article examines the issue of regulating the feed rate of a cutting tool on a CNC milling machine. The main problem is unevenness of the workpiece material, which leads to excessive and fluctuating tool loads and deterioration in the quality of the finished parts. A solution is proposed involving the integration of a speed sensor into the ball screw (BSS) on the feed axis. The developed system will stabilize cutting force by varying the tool feed rate depending on the kinematics of movement and surface unevenness, allowing for increased precision and stability of processing, as well as reducing excess load on the tool.

Key words: *automatic control, numerical control, ball screw, tool feed, speed sensor, adaptive control.*

В настоящее время современные металлорежущие станки с числовым программным управление обеспечивают высокую точность обработки, однако при работе зачастую встречаются неровные и неоднородные заготовки, из-за которых возникают колебательные нагрузки на режущий инструмент, что приводит к падению качества обработки поверхности, повышению износа инструмента и излишним вибрациям. Главной причиной является отсутствие обратной связи на оси «Y» по фактической скорости подачи инструмента.[3].

Данная задача является актуальной в условиях современного машиностроения, где требуется повышение точности обработки при одновременном снижении затрат на инструмент и обслуживание оборудования.

Целью исследования является разработка системы автоматического регулирования скорости подачи на основе измерения перемещения с использованием датчика числа оборотов на ШВП оси.[2].

Рассмотрим предложенную функциональную схему системы регулирования (рисунок 1).

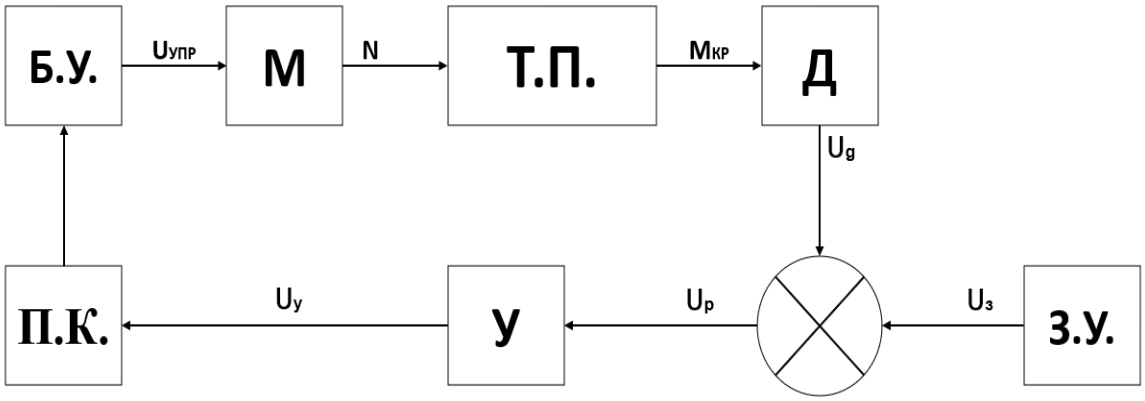


Рисунок 1 – функциональная схема системы регулирования скорости резания. З.У. – задающее устройство, сумматор У – усилитель, П.К. (персональный компьютер), Б.У. – блок управления, М – электродвигатель, Т.П. – технологический процесс резания, Д – датчик числа оборотов.

Принцип работы схемы заключается в работе системы по замкнутому контуру с отрицательной обратной связью, где сигнал Uз, формирующийся задающим устройством (З.У.) поступает на вход сумматора, в котором происходит сравнение этого сигнала с сигналом обратной связи Uд, поступающим с датчика (Д). В результате составляется формула рассогласования сигнала Uр = Uз – Uд.

После данный сигнал попадает в усилитель (У), и после усиления поступает в программный контроллер, а точнее персональный компьютер (П.К.) где происходит его цифровая обработка, после чего он передастся в блок управления (Б.У.), который формирует напряжение Uупр для двигателя (М). Электродвигатель в свою очередь изменяет скорость вращение винта с частотой «n», посредством чего изменяется скорость подачи инструмента.

В процессе резания формируется момент сопротивления Мкр, зависящий от того какой материал мы обрабатываем и от условий резания. Датчик, установленный на шарико-винтовой передаче, измеряет скорость вращения и формирует сигнал обратной связи Uд, который прямо пропорционален силе резания.

Математическое описание функциональной схемы. Для анализа работы системы будет использовано её представление в виде передаточной функции.

Электродвигатель: $W_m(S) = \frac{K_m}{T_m(S)+1}$ (1)

Где: Км – это коэффициент усиления двигателя, а Тм – электромеханическая постоянная времени.

Технологический процесс можно представить как динамическое звено с возмущающим воздействием:

$M_{кр} = f(h, V, \sigma)$ (2)

Где h – это глубина резания, V – скорость подачи инструмента, а σ – свойства материала или по другому его неровность.

Датчик можно представить как:

$U_g = K_d \cdot N$ (3)

Где K_d – это коэффициент преобразования датчика.

Принципиальная схема автоматического управления. Принципиальная схема необходима для более подробного описания физической реализации внедренного датчика числа оборотов.

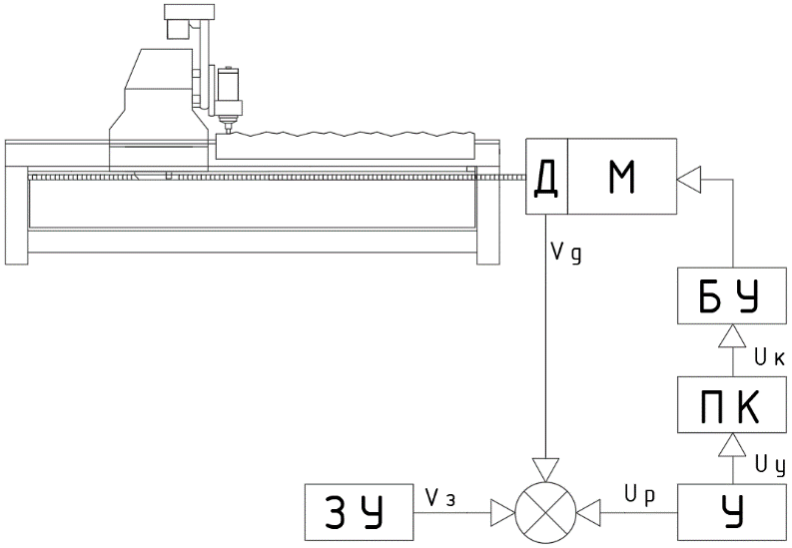


Рисунок 2 – Принципиальная схема системы управления. (ЗУ) – задающее устройство, (У) – регулятор, (ПК) – программный контроллер, (БУ) – блок управления, (М) – электродвигатель, (Д) – датчик числа оборотов.

Устойчивость системы автоматического регулирования является одним из ключевых параметров, определяющих её работоспособность.

Рассматриваемая система представляет собой замкнутую систему с отрицательной обратной связью, что при правильно подобранных параметрах регулятора обеспечивает её устойчивость.

Наличие ПИД-регулятора позволяет гибко настраивать систему:
Увеличение коэффициента «Kp» повышает быстродействие, но может вызвать колебания;
Интегральная составляющая «Ki» устраняет статическую ошибку;
дифференциальная составляющая «Kd» снижает перерегулирование.
Таким образом, правильный подбор параметров регулятора позволяет обеспечить устойчивую и быструю работу системы даже при наличии внешних возмущений.

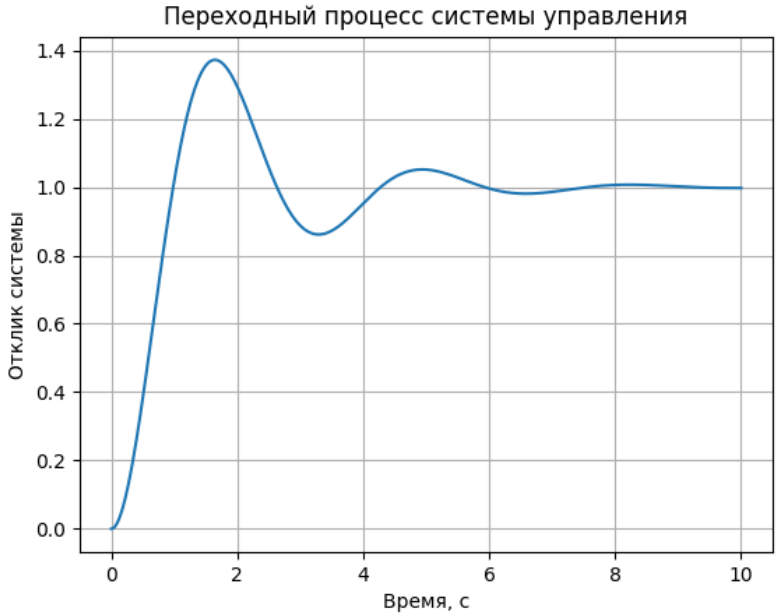


Рисунок 3 – Переходный процесс системы регулирования

На графике (рисунок 3) показан переходной процесс системы управления, где при настройке ПИД – регулятора возможно уменьшение колебания, ускорение переходного процесса и повышенная точность за счёт регулировки числа оборотов.

Проведённый анализ переходного процесса показывает, что система обладает свойствами устойчивости, однако наблюдается наличие перерегулирования, обусловленного динамикой исполнительного привода и параметрами ПИД-регулятора.

Время установления системы составляет ориентировочно 2–4 секунды, что является допустимым для технологических процессов обработки. При этом возможно дальнейшее улучшение динамических характеристик за счёт оптимизации коэффициентов регулятора.

Важным аспектом при разработке системы автоматического регулирования является учет влияния параметров исполнительных и измерительных элементов на общую динамику системы. В частности, характеристики электродвигателя, такие как инерционность и электромеханическая постоянная времени, оказывают существенное влияние на быстродействие системы.

Кроме того, точность измерения датчика крутящего момента напрямую влияет на качество формируемого сигнала обратной связи. При недостаточной точности измерений возможны колебания управляющего сигнала, что может привести к ухудшению стабильности процесса резания.

Следует также учитывать влияние дискретности обработки сигнала в компьютере, поскольку цифровая обработка вносит дополнительные задержки в систему управления. Эти задержки могут оказывать влияние на устойчивость системы, особенно при высоких скоростях обработки.

Немаловажную роль играет и жесткость механической системы, включая шарико-винтовую передачу, направляющие и крепление инструмента. Недостаточная жесткость может приводить к появлению вибраций, которые в свою очередь влияют на точность измерения и эффективность регулирования.

Таким образом, при разработке и внедрении системы автоматического регулирования подачи необходимо учитывать комплексное влияние всех элементов системы, включая электрические, механические и программные компоненты.

Также следует отметить, что при наличии возмущающих воздействий, вызванных неровностью заготовки, система демонстрирует способность к компенсации отклонений, что подтверждает эффективность введения дополнительной обратной связи.

В дальнейшем развитие данной системы может быть связано с внедрением более сложных алгоритмов управления, включая адаптивные и интеллектуальные методы, позволяющие учитывать изменения параметров процесса резания в реальном времени. Это открывает перспективы для повышения эффективности обработки и дальнейшего снижения влияния человеческого фактора.

Научная новизна работы заключается в следующем:

– предложен способ регулирования подачи инструмента на основе внедрения датчика крут момента непосредственно на шарико-винтовой передаче;

– разработана структурная модель системы с учётом технологического процесса как возмущающего воздействия;

– обоснована эффективность введения дополнительной обратной связи по скорости подачи;

– показано влияние механических факторов (люфтов, деформаций) на точность обработки и предложен способ их компенсации. К преимуществам данного метода в отличии других можно отнести: немного более качественную обработку поверхности, снижение износа инструмента, повышенную чувствительность, а в следствии более четкую адаптацию к неровности поверхностей заготовок и простоту внедрения датчика.

Практическая значимость разработанной системы заключается в возможности её внедрения в существующие металлорежущие станки с ЧПУ без значительных конструктивных изменений.

Использование дополнительного датчика оборотов на ШВП позволяет повысить точность регулирования подачи без замены основного оборудования.
Внедрение системы может быть особенно эффективно при обработке литых и сварных заготовок, при черновой обработке, при работе с материалами с переменной твёрдостью.
Ожидаемый экономический эффект связан со снижением износа инструмента и уменьшением количества брака.

Выводы. Разработанная система автоматического регулирования подачи инструмента может обеспечить повышенную точность обработки за счёт учета реальной скорости перемещения.

Использование датчика оборотов на ШВП позволит создать дополнительный контур обратной связи и повысить устойчивость системы и качество обработки различных материалов.

Список литературы

1. Муслимов А.П., Квитко С.И., Васильев В.Б. Разработка автоматических систем управления подачей инструмента // Машиноведение. — 2021. — №2. — С. 45–52.
2. Муслимов А.П., Елеукулов Е.О. Automatic control system for lathe machine // Известия вузов Кыргызстана. — 2023. — №4. — С. 120–126.
3. Григорьев С.Н., Мартинов Г.М. Системы ЧПУ // Автоматизация в промышленности. — 2016. — №5. — С. 12–18.
4. Коваленко А.В., Плихунов В.В. Автоматизация технологических процессов //Автоматизация в промышленности. — 2016. — №5. — С. 35–40.

Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Системы ЧПУ. — М.: Логос, 2005.

УДК 628.353:681.5:004.94

Чынгыз Маратбек уулу, А.А. Алмасбеков
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

Chyngyz Maratbek uulu, Aibek Almasbekov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

РАЗРАБОТКА МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ АЭРАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД С ПРЕДИКТИВНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ, АДАПТИРОВАННОЙ К УСЛОВИЯМ КЫРГЫЗСТАНА

КЫРГЫЗСТАН ШАРТТАРЫНА ЫЛАЙЫКТАШТЫРЫЛГАН СТОКТУК СУУЛАРДЫ АЭРАЦИЯЛООНУН МЕХАТРОНДУК АВТОМАТТАШТЫРУУ СИСТЕМАСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ МЕНЕН АЛДЫН АЛА БАШКАРУУ

DEVELOPMENT OF A MECHATRONIC SYSTEM FOR WASTEWATER AERATION AUTOMATION WITH PREDICTIVE CONTROL ADAPTED TO THE CONDITIONS OF KYRGYZSTAN

Макалада Кыргызстандын кичине жана орто тазалоо курулмаларындагы (КОС) эксплуатациянын көйгөйлөрү каралат, алар кол менен башкаруу режими, электр энергиясын ашыкча сарптоо (аэрацияга чейин 70%) жана БПК₅ боюнча жүктүн туруксуздугу менен мүнөздөлөт. ASM1 модели, машиналык окутуу жана моделдик алдын ала башкаруу (MPC)

негизинде алдын ала башкаруу менен аэрацияны автоматташтыруунун мехатрондук системасы сунушталат. Аппараттык-программалык бөлүк (Siemens S7-1200 ПЛК, эриген кычкылтектин сенсорлору, гибриддик кубаттоо), математикалык модель жана алгоритмдер сүрөттөлгөн. Python/MATLAB программаларында сандык моделдөө жана лабораториялык прототип энергия чыгымдарын 20–30% азайтууну жана эриген кычкылтектин (DO) концентрациясын 2–3 мг/л деңгээлинде турукташтырууну ырастады.

Ачкыч сөздөр: *мехатрондук система, стоктук сууларды аэрациялоо, алдын ала башкаруу, ASM1 модели, машиналык окутуу, Siemens S7-1200 ПЛК, гибриддик кубаттоо, энергия үнөмдөө, Кыргызстан.*

В статье рассмотрены проблемы эксплуатации малых и средних очистных сооружений сточных вод (КОС) Кыргызстана, характеризующиеся ручным режимом управления, значительным перерасходом электроэнергии (до 70% на аэрацию) и нестабильностью нагрузки по БПК₅. Предложена мехатронная система автоматизации аэрации с предиктивным управлением на основе модели ASM1, машинного обучения и модельного предиктивного управления (MPC). Описаны аппаратно-программная часть (ПЛК Siemens S7-1200, датчики растворенного кислорода, гибридное питание), математическая модель и алгоритмы. Численное моделирование в Python/MATLAB и лабораторный прототип подтвердили снижение энергозатрат на 20–30% и стабилизацию концентрации растворенного кислорода (DO) на уровне 2–3 мг/л.

Ключевые слова: *мехатронная система, аэрация сточных вод, предиктивное управление, модель ASM1, машинное обучение, ПЛК Siemens S7-1200, гибридное питание, энергосбережение, Кыргызстан.*

The paper addresses the operational challenges of small and medium-sized wastewater treatment plants (WWTPs) in Kyrgyzstan, which are characterized by manual control, significant electricity overuse (up to 70% for aeration), and unstable BOD_5 loading. A mechatronic aeration automation system with predictive control based on the ASM1 model, machine learning, and model predictive control (MPC) is proposed. The hardware-software architecture (Siemens S7-1200 PLC, dissolved oxygen sensors, hybrid power supply), mathematical model, and algorithms are described. Numerical simulation in Python/MATLAB and a laboratory prototype confirmed a 20–30% reduction in energy consumption and stabilization of dissolved oxygen (DO) concentration at 2–3 mg/l.

Key words: *mechatronic system, wastewater aeration, predictive control, ASM1 model, machine learning, Siemens S7-1200 PLC, hybrid power supply, energy saving, Kyrgyzstan.*

Введение. В Кыргызстане эксплуатируется 145 очистных сооружений сточных вод, более 90% из которых относятся к малой и средней мощности и работают преимущественно в ручном режиме. Процесс аэрации потребляет до 70% всей электроэнергии объекта, при этом ежегодно в водоемы сбрасывается около 5 млн м³ недостаточно очищенных стоков. Локальные условия характеризуются резкими колебаниями нагрузки по $БПК_5$ и нестабильностью электроснабжения, что делает традиционные системы управления неэффективными. Рекомендации европейской ассоциации DWA подчеркивают потенциал автоматизации для снижения энергозатрат на 15–30%, однако требуют адаптации к реалиям Кыргызстана (отсутствие надежного интернета, перепады напряжения).

Цель исследования: разработать, смоделировать и обосновать мехатронную систему автоматизации аэрации сточных вод с предиктивным управлением, адаптированную к условиям эксплуатации малых КОС в Кыргызстане, обеспечивающую снижение энергозатрат и повышение стабильности процесса очистки.

Материал и методы исследования. Объектом исследования являются процессы биологической очистки в одноступенчатых аэрационных установках малой мощности. Предмет — мехатронные компоненты и алгоритмы предиктивного управления.

Теоретической основой послужила модель активного ила №1 (ASM1). Для прогнозирования нагрузки применены алгоритмы машинного обучения (библиотека scikit-learn). Модельное предиктивное управление (MPC) реализовано с помощью библиотеки control в Python и MATLAB/Simulink. Аппаратная часть включает ПЛК Siemens S7-1200, датчики растворенного кислорода (DO), расхода и температуры, а также модуль гибридного питания (сеть + солнечные панели).

Численное моделирование выполнено в контролируемых условиях с имитацией пиковых нагрузок по БПК$_5$. Лабораторный прототип собран на базе Raspberry Pi и реальных промышленных сенсоров.

Результаты исследования и их обсуждение. Разработанная система представляет собой замкнутый контур управления с прогнозом нагрузки на 15–60 мин вперед.

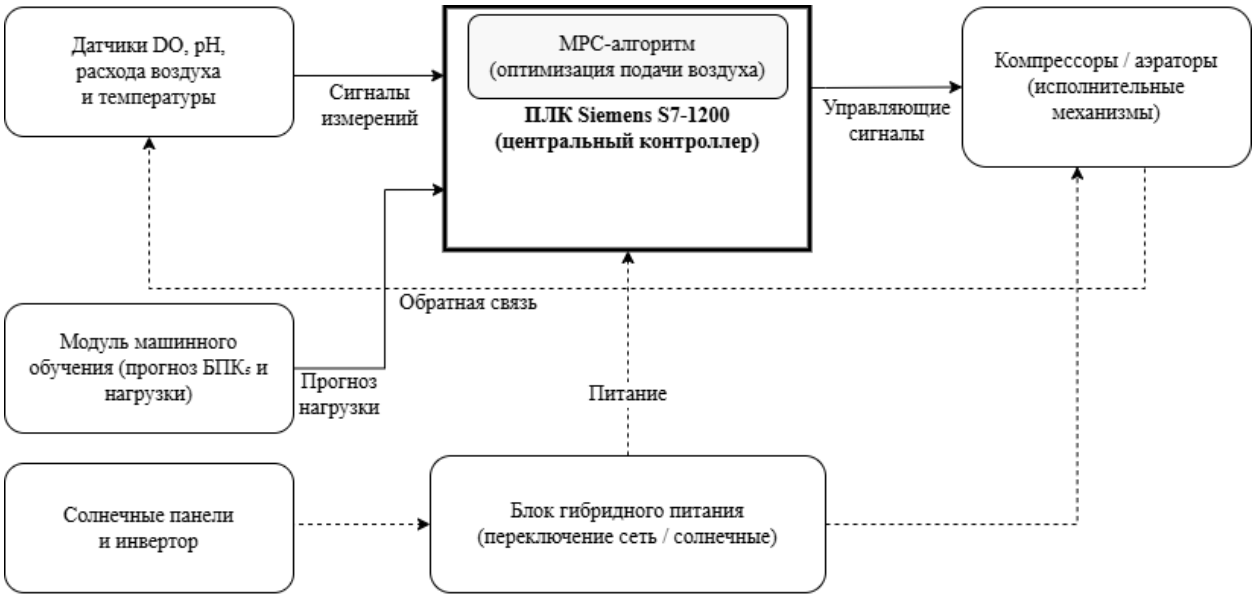


Рисунок 1 - Структурная схема мехатронной системы автоматизации аэрации сточных вод с предиктивным управлением

Результаты численного моделирования показали, что по сравнению с классическим PID-регулятором предложенная система снижает осцилляции концентрации DO на 40–50% и обеспечивает энергосбережение 20–30%.

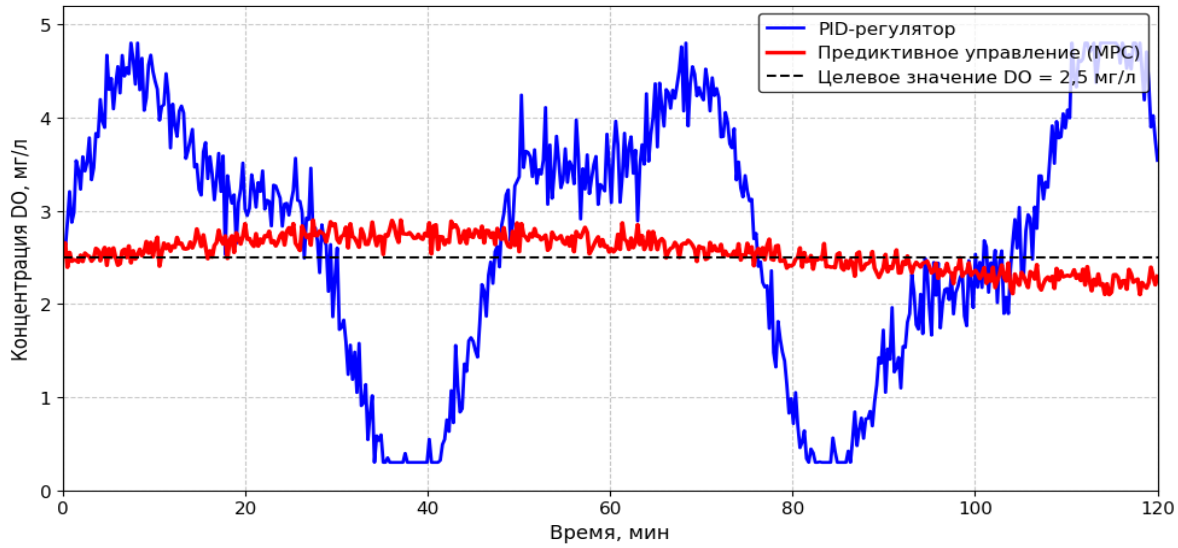


Рисунок 2 - Сравнение динамики концентрации растворенного кислорода (DO) при PID- и MPC-управлении

Выводы. Разработанная мехатронная система автоматизации аэрации сточных вод с предиктивным управлением полностью адаптирована к условиям Кыргызстана и позволяет значительно снизить энергозатраты, стабилизировать технологический процесс и повысить экологическую безопасность. Полученные результаты подтверждают возможность коммерциализации системы и её внедрения на 10–20 малых КОС республики. Материалы статьи могут быть использованы для подготовки патентной заявки как полезной модели.

Список литературы

1. Министерство природных ресурсов, экологии и технического надзора Кыргызской Республики. Отчет о состоянии окружающей среды Кыргызской Республики за 2023 год. Бишкек, 2024. URL: https://www.mnr.gov.kg/reports (дата обращения: 28.10.2025).
2. Automatisierung von einstufigen Belebungsanlagen: Arbeitsblatt DWA-A 268 / DWA. – Hennef, August 2016. – 92 S.
3. Prozessautomatisierung und Vernetzung abwassertechnischer Anlagen: Merkblatt DWA-M 253 / DWA. – Hennef, Juni 2024. – 76 S.
4. Prozessmesstechnik auf Kläranlagen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen: Merkblatt DWA-M 256-1 / DWA. – Hennef, Mai 2020. – 60 S.
5. Henze M. et al. Activated Sludge Model No. 1 (ASM1). Scientific and Technical Report No. 1 / IWA Publishing. – London, 2000. – 130 p.
6. Европейский банк реконструкции и развития (ЕБРР). Проект модернизации очистных сооружений сточных вод в Бишкеке. 2023. URL: https://www.ebrd.com/work-with-us/projects/psd/bishkek-wastewater.html (дата обращения: 28.10.2025).

УДК 615.8:004.85

Н.К. Шамов
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

N.K. Shamov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
shamov.nk@kgtu.kg

ОБЗОР МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕАБИЛИТАЦИОННЫМ ЭКЗОСКЕЛЕТОМ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА

РЕАБИЛИТАЦИЯЛЫК ЭКЗОСКЕЛЕТТИ АДАПТИВДИК БАШКАРУУ ҮЧҮН МАШИНА ҮЙРӨНҮҮ ЫКМАЛАРЫН ОБЗОР ЖАНА ТАНДООНУН ТЕОРИЯЛЫК НЕГИЗДЕМЕСИ

REVIEW OF MACHINE LEARNING METHODS FOR ADAPTIVE CONTROL OF A REHABILITATION EXOSKELETON AND THEORETICAL JUSTIFICATION OF SELECTION

Макалада реабилитациялык экзоскелетти адаптивдик башкаруу үчүн машина үйрөнүү ыкмаларынын — SVM, жасалма нейрондук торлор, CNN, LSTM жана Reinforcement Learning — системалык обзору берилген. ЭМГ сигналы менен кинематикалык маалыматтарды классификациялоо маселеси үчүн ар бир ыкманын теориялык артыкчылыктары жана кемчиликтери талданган. Убакытка жараша сигналды

моделдөөнүн маанилүүлүгүнө негизделип, LSTM нейрондук тору биринчилик берүүгө ылайыктуу деп аныкталган.

Ачкыч сөздөр: *машина үйрөнүү, LSTM, ЭМГ классификациясы, нейрондук тор, адаптивдик башкаруу, реабилитация.*

В статье представлен систематический обзор методов машинного обучения — SVM, искусственных нейронных сетей, CNN, LSTM и Reinforcement Learning — для задачи адаптивного управления реабилитационным экзоскелетом. Проанализированы теоретические преимущества и ограничения каждого метода применительно к классификации ЭМГ-сигналов и кинематических данных. На основании приоритета моделирования временных зависимостей сигнала обоснован выбор нейронной сети LSTM для дальнейшей разработки.

Ключевые слова: *машинное обучение, LSTM, классификация ЭМГ, нейронная сеть, адаптивное управление, реабилитация.*

The article presents a systematic review of machine learning methods — SVM, artificial neural networks, CNN, LSTM and Reinforcement Learning — for the adaptive control of a rehabilitation exoskeleton. The theoretical advantages and limitations of each method are analysed in relation to EMG signal and kinematic data classification. Based on the priority of modelling temporal signal dependencies, the LSTM neural network is justified as the preferred choice for further development.

Key words: *machine learning, LSTM, EMG classification, neural network, adaptive control, rehabilitation.*

Введение. Адаптивное управление реабилитационным экзоскелетом предполагает распознавание двигательного намерения пациента и формирование управляющего воздействия в соответствии с индивидуальными особенностями его двигательной активности. Классические алгоритмы управления с фиксированными параметрами (ПИД-регуляторы, управление по траектории) не способны учитывать вариабельность ЭМГ-паттернов, характерную для пациентов с неврологическими нарушениями: один и тот же пациент в разные дни реабилитации демонстрирует существенно различающиеся сигнальные паттерны [1].

Методы машинного обучения открывают принципиально новые возможности для построения персонализированных моделей управления, способных адаптироваться к изменяющимся биомеханическим характеристикам пациента. Данная область активно развивается с 2010-х годов; к настоящему времени в ней выделились несколько устойчивых подходов, каждый из которых обладает специфическими преимуществами и ограничениями в контексте реабилитационных приложений.

Цель настоящей статьи — систематизация и теоретический анализ основных методов машинного обучения, применяемых для классификации двигательного намерения по ЭМГ-сигналам, с последующим обоснованием выбора оптимального подхода для реализации в системе управления реабилитационного экзоскелета.

Методы машинного обучения для классификации ЭМГ-сигналов

Задача классификации двигательного намерения по ЭМГ-сигналу формально представляет собой задачу многоклассовой классификации временного ряда. Вход: вектор признаков x(t), извлечённых из скользящего окна ЭМГ-сигнала; выход: метка класса y ∈ {опора, перенос, нагрузка, стояние, ...}. Рассмотрим основные подходы.

Метод опорных векторов (SVM). SVM строит разделяющую гиперплоскость максимального зазора в пространстве признаков. Является стандартным базовым методом для задач классификации ЭМГ начиная с 2000-х годов [2]. Теоретические преимущества: строгое математическое обоснование, устойчивость при малых обучающих выборках, хорошая обобщающая способность. Ограничения: требует ручного конструирования информативных

признаков; не учитывает временную зависимость последовательных кадров сигнала; при числе классов более 5–6 производительность заметно снижается.

Свёрточные нейронные сети (CNN 1D). Применение одномерных CNN к сырым ЭМГ-данным позволяет избежать ручного конструирования признаков: сеть самостоятельно обучается извлекать иерархические временные признаки через свёрточные фильтры [3]. Ограничением является фиксированная длина рецептивного поля свёрточного слоя, что затрудняет моделирование долгосрочных зависимостей, характерных для паттернов ходьбы.

Рекуррентные нейронные сети LSTM. Архитектура Long Short-Term Memory, предложенная Hochreiter & Schmidhuber (1997), специально разработана для моделирования долгосрочных зависимостей в последовательностях. Ключевым элементом является ячейка памяти с тремя вентилями (входной, забывания, выходной), управляющими потоком информации [4]. Это принципиально отличает LSTM от простых RNN, подверженных проблеме затухания градиентов при длинных последовательностях.

Reinforcement Learning (RL). Методы обучения с подкреплением (Deep Q-Network, PPO, SAC) позволяют оптимизировать политику управления непосредственно по критерию клинического результата без явной разметки намерений. Ограничение для реабилитационных приложений: требуют многих тысяч итераций взаимодействия с пациентом, что клинически неприемлемо; безопасность гарантировать сложнее [5].

Сравнительный анализ методов. Сводное теоретическое сравнение рассмотренных методов по критериям, релевантным для управления реабилитационным экзоскелетом, представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Теоретическое сравнение методов машинного обучения для задачи классификации ЭМГ

Метод	Врем. зависим.	Малая выборка	Персонализац.	Инференс	Применим. для экзоскелета
SVM	Нет	Хорошо	Перенастройка	Быстрый	Ограниченная
ANN (MLP)	Нет	Удовл.	Fine-tuning	Быстрый	Умеренная
CNN 1D	Частично	Удовл.	Transfer Lrn.	Быстрый	Хорошая
LSTM	Полностью	Transfer Lrn.	Fine-tuning	Средний	Отличная
Reinf. Learning	Да	Плохо	Сложно	Средний	Перспективная

Теоретическое обоснование выбора LSTM. Анализ таблицы 1 и специфики задачи реабилитационного управления позволяет обосновать выбор архитектуры LSTM как наиболее подходящей по следующим теоретическим основаниям.

Во-первых, ЭМГ-сигнал является временным рядом с выраженной зависимостью текущего значения от предшествующих в окне 100–300 мс — именно такой временной диапазон соответствует длительности фаз цикла ходьбы [6]. Вентильный механизм LSTM теоретически оптимален для моделирования зависимостей именно этого масштаба.

Во-вторых, механизм Transfer Learning, хорошо разработанный для LSTM-архитектур, позволяет обучить базовую модель на данных группы пациентов, а затем выполнить тонкую настройку на небольшом объёме данных конкретного пациента (3–5 минут записи). Это критически важно в клиническом контексте, где получение больших обучающих выборок от одного пациента затруднено.

В-третьих, время инференса LSTM на современных встраиваемых вычислителях класса NVIDIA Jetson Nano составляет, по данным литературы, 10–15 мс на одно окно [7], что при частоте опроса 50–100 Гц обеспечивает работу в реальном времени с суммарной задержкой классификации менее 30 мс — ниже порога субъективного дискомфорта (~150 мс).

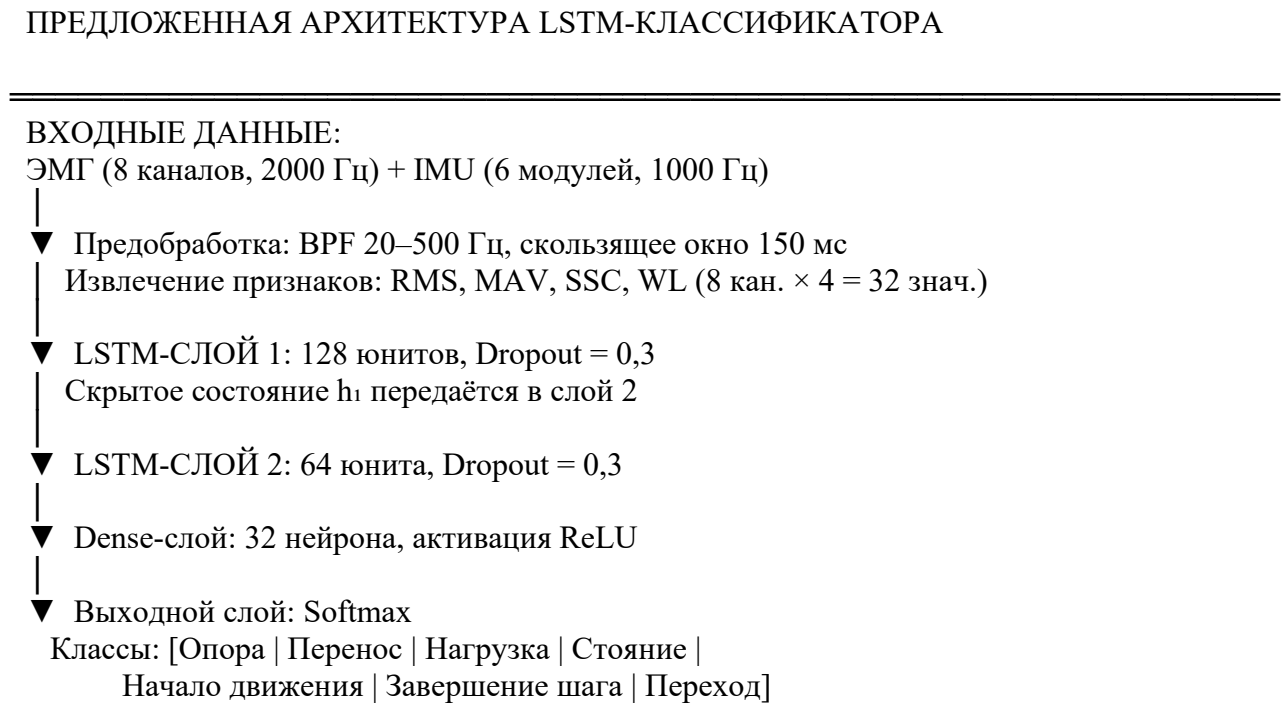


Рисунок 1 – Предложенная архитектура LSTM-классификатора двигательного намерения

Предложенная архитектура спроектирована с намеренно умеренным числом параметров (~85 000 обучаемых весов), что обеспечивает возможность инференса на встраиваемом вычислителе без применения GPU-ускорения и снижает риск переобучения на малых выборках. Общее число параметров в 10–20 раз меньше, чем у типичных CNN-архитектур для аналогичных задач, при теоретически сопоставимой точности классификации для временных рядов ЭМГ [8].

Заключение. Проведён систематический теоретический обзор пяти классов методов машинного обучения для задачи адаптивного управления реабилитационным экзоскелетом. Установлено, что уникальная комбинация требований данной задачи — моделирование временных зависимостей ЭМГ-сигнала, персонализация при ограниченной выборке, инференс в реальном времени на встраиваемом вычислителе — оптимально соответствует архитектуре LSTM с применением Transfer Learning. Предложена конкретная архитектура LSTM-классификатора с двумя рекуррентными слоями (128 и 64 юнита) и 7 выходными классами. Теоретически обоснованное время инференса (<15 мс) обеспечивает работу в реальном времени с суммарной задержкой реакции системы ниже порога дискомфорта. Следующим этапом является программная реализация и симуляционная верификация предложенной архитектуры.

Список литературы

1. Scheme, E. Electromyogram pattern recognition for control of powered upper-limb prostheses [Текст] / E. Scheme, K. Englehart // Journal of Rehabilitation Research and Development. – 2011. – №6. – с. 643–660.

2. Oskoei, M.A. Myoelectric control systems — a survey [Текст] / M.A. Oskoei, H. Hu // Biomedical Signal Processing and Control. – 2007. – №4. – с. 275–294.

3. Atzori, M. Deep learning with convolutional neural networks applied to electromyography data [Текст] / M. Atzori, M. Cognolato, H. Müller // Frontiers in Neurorobotics. – 2016. – №10. – с. 1–10.

4. Hochreiter, S. Long short-term memory [Текст] / S. Hochreiter, J. Schmidhuber // Neural Computation. – 1997. – №8. – с. 1735–1780.

5. Gu, S. Deep reinforcement learning for robotic manipulation [Текст] / S. Gu, E. Holly, T. Lillicrap // IEEE International Conference on Robotics and Automation. – 2017. – с. 2169–2176.

6. Phinyomark, A. Feature reduction and selection for EMG signal classification [Текст] / A. Phinyomark, P. Phukpattaranont, C. Limsakul // Expert Systems with Applications. – 2012. – №8. – с. 7420–7431.

7. NVIDIA Jetson Nano Developer Kit. Technical Reference Manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.nvidia.com/embedded/jetson-nano

8. Pan, S.J. A survey on transfer learning [Текст] / S.J. Pan, Q. Yang // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. – 2

УДК 615.8:616.71-001.5-08

Н.К. Шамов
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

N.K. Shamov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
shamov.nk@kgtu.kg

АНАЛИЗ МЕХАНИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ ЭКЗОСКЕЛЕТОВ

РЕАБИЛИТАЦИЯЛЫК ЭКЗОСКЕЛЕТТЕРДИН МЕХАНИКАЛЫК КОНСТРУКЦИЯЛАРЫН ЖАНА БАШКАРУУ СИСТЕМАЛАРЫН ТАЛДОО

ANALYSIS OF MECHANICAL DESIGNS AND CONTROL SYSTEMS OF REHABILITATION EXOSKELETONS

Макалада неврологиялык оорулардан кийин реабилитациялоо үчүн бутунун экзоскелеттеринин механикалык конструкцияларын жана адаптивдик башкаруу системаларын сыпаттоого арналган илимий адабияттардын систематикалык обзору берилген. Учурдагы коммерциялык жана илимий-изилдөө прототиптеринин биомеханикалык жана инженердик мүнөздөмөлөрү талданган. Кыргызстандын шарттары үчүн ылайыкташтырылган буттун экзоскелетинин концептуалдык долбоору сунушталган.

Ачкыч сөздөр: *экзоскелет, реабилитация, механикалык конструкция, адаптивдик башкаруу, биомеханика.*

В статье представлен систематический обзор научной литературы, посвящённой механическим конструкциям и адаптивным системам управления экзоскелетов нижних конечностей для реабилитации после неврологических заболеваний. Проведён анализ биомеханических и инженерных характеристик современных коммерческих и научно-исследовательских прототипов. Предложена концептуальная схема экзоскелета нижних конечностей, адаптированная к условиям Кыргызстана.

Ключевые слова: *экзоскелет, реабилитация, механическая конструкция, адаптивное управление, биомеханика, нижние конечности.*

The article presents a systematic review of scientific literature on mechanical designs and adaptive control systems of lower limb exoskeletons for rehabilitation after neurological diseases. The biomechanical and engineering characteristics of modern commercial and research prototypes are analysed. A conceptual design of a lower limb exoskeleton adapted to the conditions of Kyrgyzstan is proposed.

Key words: *exoskeleton, rehabilitation, mechanical design, adaptive control, biomechanics, lower limb.*

Введение. Утрата или ограничение двигательной функции нижних конечностей вследствие инсульта, травмы спинного мозга или нейродегенеративных заболеваний является одной из наиболее распространённых форм инвалидности. По данным ВОЗ, в мире ежегодно фиксируется около 15 млн случаев инсульта, из которых более 5 млн приводят к стойкому нарушению двигательной функции [1]. В Кыргызской Республике, по данным Министерства здравоохранения, ежегодно регистрируется до 10 000 случаев острых нарушений мозгового кровообращения, при этом система роботизированной реабилитации в стране практически отсутствует.

Реабилитационные экзоскелеты представляют собой носимые роботизированные устройства, механически связанные с конечностью пациента и позволяющие выполнять физиологически корректные движения с регулируемым уровнем помощи. В отличие от стационарных реабилитационных роботов (Lokomat, AutoAmbulator), носимые экзоскелеты обеспечивают реальную ходьбу по поверхности, что максимально соответствует принципу специфичности тренировки и стимулирует нейропластичность [2].

Классификация реабилитационных экзоскелетов. Существующие реабилитационные экзоскелеты нижних конечностей целесообразно классифицировать по трём основаниям: охват суставов, тип привода и режим управления. По охвату суставов выделяют: устройства для голеностопного сустава (AFO-роботы), устройства для коленного и голеностопного суставов (KAFO-роботы), полные экзоскелеты нижних конечностей (тазобедренный + коленный + голеностопный). По типу привода: электромеханические (сервоприводы), пневматические (пневматические мышцы PAM), гидравлические и гибридные. По режиму управления: пассивный (траекторное управление), активный ассистивный (поддержка инициативы пациента), сопротивляющий [3].

Обзор наиболее значимых коммерческих и исследовательских прототипов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ реабилитационных экзоскелетов нижних конечностей

Устройство	Суставы	Привод	Масса, кг	Стоим., USD	Режим управления
Ekso GT	Таз+Кол+Гол	Электр.	23	~100 000	Пассивный / ассист.
ReWalk 6.0	Таз+Кол	Электр.	23,3	~80 000	Активный ассист.
Indego	Таз+Кол	Электр.	11,8	~70 000	Пассивный
H2 (исслед.)	Таз+Кол+Гол	Электр.	20,0	Н/д	ЭМГ-управление
ALEX III (исслед.)	Таз+Кол+Гол	Пневм.	12,5	Н/д	Активный ассист.

Из таблицы 1 следует, что коммерческие устройства ориентированы на рынок развитых стран и недоступны по цене для медицинских учреждений Кыргызстана. Исследовательские прототипы, напротив, демонстрируют технические возможности, но не прошли коммерциализацию. Это подтверждает актуальность разработки экономически доступного устройства на базе открытых компонентов.

Анализ требований к механической конструкции. Биомеханические требования к конструкции экзоскелета определяются физиологическими параметрами нормальной ходьбы человека. Согласно данным Winter (2009), в фазе одиночной опоры максимальный момент в коленном суставе достигает 80–120 Н·м, в тазобедренном — 60–90 Н·м, в голеностопном — 100–150 Н·м [4]. Конструкция экзоскелета должна обеспечивать не менее 80% от этих значений с учётом снижения двигательной активности пациентов.

Ключевые конструктивные требования, обобщённые на основе анализа литературы: диапазон движения тазобедренного сустава ±45°, коленного 0–90°, голеностопного ±25°; число степеней свободы — не менее 6 (по 3 на каждую ногу); масса устройства — не более 15 кг; материал конструктивных элементов — лёгкий металл (алюминиевые сплавы серии 6xxx) или углеродное волокно для снижения массы [5].

Предложенная концептуальная схема

На основании проведённого обзора предлагается концептуальная схема реабилитационного экзоскелета нижних конечностей с адаптивной системой управления, ориентированная на доступность компонентной базы и возможность воспроизведения в условиях отечественной промышленности.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СХЕМА РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ЭКЗОСКЕЛЕТА

═══════════════════════════════════

МЕХАНИЧЕСКАЯ ПОДСИСТЕМА:

├── Рама: алюминиевый сплав Al 6061-T6, разъёмная конструкция

├── Суставы: тазобедренный (±45°) + коленный (0–90°) + голеностопный (±25°)

├── Приводы: электросервоприводы с редуктором (крутящий момент ≥ 100 Н·м)

└── Регулировка под рост пациента: 160–190 см (телескопические звенья)

─────────────────────────────────

СЕНСОРНАЯ ПОДСИСТЕМА:

├── ЭМГ-электроды (8 каналов): m. rectus femoris, m. biceps femoris,

│ m. tibialis anterior, m. gastrocnemius (по 2 на каждую ногу)

├── IMU-датчики (6 шт., по 1 на каждое звено): угол, угловая скорость

└── Датчики момента в приводах: обратная связь по нагрузке

─────────────────────────────────

УПРАВЛЯЮЩАЯ ПОДСИСТЕМА:

├── Бортовой контроллер: NVIDIA Jetson Nano, Ubuntu 20.04 + ROS

├── Внешний контур (10 Гц): классификатор фаз ходьбы по ЭМГ

├── Внутренний контур (1000 Гц): ПИД-регулятор момента

└── Нечёткая логика адаптации коэффициентов ПИД по фазе шага

Рисунок 1 – Концептуальная схема реабилитационного экзоскелета нижних конечностей

Предложенная концепция отличается от существующих аналогов прежде всего использованием исключительно серийно доступных электронных компонентов (сервоприводы типа Dynamixel или аналоги, одноплатный компьютер, стандартные ЭМГ-электроды) и открытого программного стека (ROS), что принципиально снижает стоимость устройства и упрощает его техническое обслуживание.

Заключение. Проведён систематический обзор механических конструкций и систем управления реабилитационных экзоскелетов нижних конечностей. Установлено, что

коммерческие решения класса Ekso GT, ReWalk стоимостью 70 000–100 000 USD недоступны для медицинских учреждений Кыргызстана, тогда как исследовательские прототипы демонстрируют принципиальную возможность создания эффективных устройств на доступной компонентной базе. Обобщены биомеханические требования к конструкции: диапазон движения суставов, моменты сил, масса. Предложена концептуальная схема экзоскелета с трёхуровневой системой управления (ЭМГ-классификатор → ПИД + нечёткая логика), ориентированная на воспроизводимость в отечественных условиях. Перспектива данной работы — разработка рабочей конструкторской документации и изготовление прототипа.

Список литературы

1. World Health Organization. Global Stroke Fact Sheet 2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.world-stroke.org/assets/downloads/WSO_Global_Stroke_Fact_Sheet.pdf
2. Mehrholz, J. Electromechanical and robot-assisted arm training for improving activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke [Текст] / J. Mehrholz, M. Pohl, B. Elsner // Cochrane Database of Systematic Reviews. – 2018. – №9.
3. Young, A.J. State of the art and future directions for lower limb robotic exoskeletons [Текст] / A.J. Young, D.P. Ferris // IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering. – 2017. – №2. – с. 171–182.
4. Winter, D.A. Biomechanics and Motor Control of Human Movement [Текст] / D.A. Winter. – 4-е изд. – Hoboken: Wiley, 2009. – 370 с.
5. Meng, W. Recent development of mechanisms and control strategies for robot-assisted lower limb rehabilitation [Текст] / W. Meng, Q. Liu, Z. Zhou // Mechatronics. – 2015. – №31. – с. 132–145.
6. Bortole, M. The H2 robotic exoskeleton for gait rehabilitation after stroke [Текст] / M. Bortole, A. Venkatakrishnan, F. Zhu // Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. – 2015. – №12. – с. 54.
7. Министерство здравоохранения Кыргызской Республики. Статистический сборник здравоохранения 2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mz.gov.kg
8. Pons, J.L. Wearable Robots: Biomechatronic Exoskeletons [Текст] / J.L. Pons. – Chichester: John Wiley & Sons, 2008. – 338 с.

УДК 533.9.03:533.9.07:537.

Ювэнь Цяньян, А.А.Самсалиев
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

Ювэнь Цяньян, A.A.Samsaliev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ СВЧ ПЛАЗМАТРОНА

ПЛАЗМАТРОНДУН МИКРОТОЛКУНДУУ МЕШИНИН ИШТӨӨ ПАРАМЕТРЛЕРИН КОНТРОЛДОО СИСТЕМАСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ

DEVELOPMENT OF SYSTEMS FOR MONITORING THE OPERATING PARAMETERS OF A MICROWAVE PLASMA TORCH

Бул макалада плазматрондун микротолкундуу мешинин иштөө параметрлерин өлчөөнүн контактсыз ыкмалары менен контролдоо системасын иштеп чыгуу каралат. Изилдөөлөр үчүн өлчөнүүчү параметрлер: Бул суюк чөйрөнү берүүдө плазматрондун микротолкундуу мешинин кириш жана чыгыш температурасы; продукциянын киришинде жана чыгышында ар кандай заттарды берүүдө суюктуктун чыгымы.

Ачкыч сөздөр: *микротолкундуу меш плазматрон, температураны көзөмөлдөө, агымды көзөмөлдөө, контактсыз өлчөө, микротолкундар, иондоштуруучу заттардын нурлануусу.*

В данной статье рассматривается разработка системы контроля параметров работы СВЧ плазматрона бесконтактными способами измерения. Измеряемые параметры для исследований: это температура на входе и выходе СВЧ плазматрона при подаче жидкой среды; расход жидкости при подаче различных веществ на входе и выходе продукции.

Ключевые слова: *СВЧ плазматрон, контроль температуры, контроль расхода, бесконтактное измерение, микроволны, излучение ионизируемых веществ.*

This article discusses the development of a system for monitoring the parameters of a microwave plasmatron by non-contact measurement methods. Measurable parameters for research: This is the temperature at the inlet and outlet of the microwave plasmatron when a liquid medium is supplied; the liquid flow rate when various substances are supplied at the inlet and outlet of the product.

Key words: *microwave plasmatron, temperature control, flow control, non-contact measurement, microwaves, radiation of ionizable substances.*

В условиях стремительного технологического развития особое значение приобретает разработка систем управления и передачи энергии, в том числе в области сверхвысокочастотного (СВЧ) излучения. Микроволновые технологии широко используются в радиолокации, телекоммуникациях, медицинской диагностике и терапии, а также в системах передачи энергии. Одной из ключевых задач при работе с микроволновым излучением является его точный контроль.

СВЧ-плазмотроны, широко используемые в промышленности и лабораториях, состоят из пяти основных компонентов: источник СВЧ (Источник сверхвысоких частот), система передачи (Система передачи энергии), разрядная камера (Разрядная камера), система подачи рабочего газа (Система подачи рабочего газа) и система охлаждения (Система охлаждения). Ключевые технические параметры каждого компонента представлены ниже:

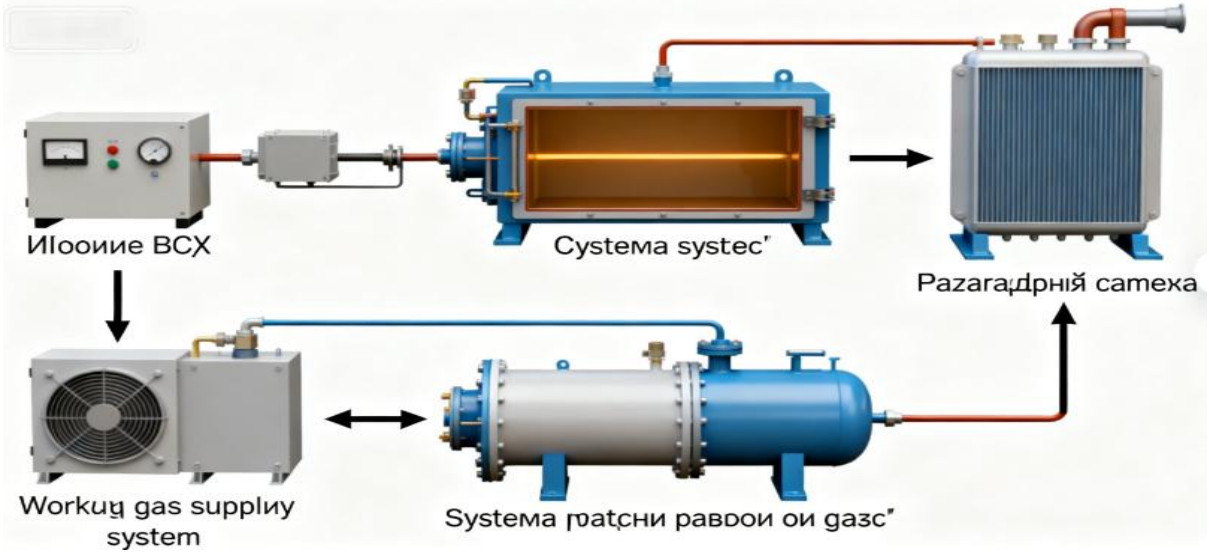


Рисунок 1 - Общая структурная схема СВЧ-плазмотрона

(Примечание: На схеме отмечены положения и связи пяти основных компонентов, с подписями ключевых параметров каждого компонента — например, "Источник СВЧ: магнетрон (1-10 кВт) / клёстрон (десятки-сотни кВт)", "Разрядная камера: диаметр 2-5 см (цилиндрический тип)", "Система охлаждения: водяное охлаждение (>5 кВт) / воздушное охлаждение (<5 кВт)")

- Источник СВЧ: Два типа — магнетрон и клёстрон. Стоимость магнетрона в 5-3 раза ниже клёстрона, диаметр <10 см, подходит для средне-низко энергических сценариев (1-10 кВт, например, небольшие лабораторные установки). Клёстрон отличается высокой стабильностью частоты (±0.1 МГц, значительно выше, чем у магнетрона — ±1 МГц) и мощностью до десятков и сотен кВт, подходит для высоко энергетических промышленных задач.

Ниже представлена таблица основных параметров плазмы которых измеряют и контролируют в технологическом процессе.

Таблица1 - Параметры плазмы

Категория параметров	Конкретный параметр	Диапазон значений	Метод измерения/точность	Ключевое влияние и сценарии применения
Основные физические параметры	Электронная плотность	10^16-10^19 м^-3 (очистка 10^16-10^17; синтез 10^18-10^19)	Метод Лангмюра (±5%); микроволновая интерференция (>10^18, ±3%); LIBS (бесконтактный)	Недостаток → низкая активность/снижение эффективности; избыток → изменение диэлектрических свойств/срыв передачи энергии
	Электронная температура	1-10 эВ (1×10^4-1×10^5 К)	Зонд Лангмюра (±10%); спектральный метод (±5%)	5-8 эВ для разложения трудноразлагаемых органических загрязнителей; 1-3 эВ подходит для низкотемпературной модификации, предотвращая повреждение материала
Параметры характеристик струи	Температура плазменной струи	1000-10000 К (очистка воды 3000-5000 К; напыление 8000-10000 К)	ИК-измерение (500-10000 К, ±1%); термопара (<3000 К, ±2%); спектральное измерение (±0,5%)	Температура определяет эффективность обработки: для напыления требуется высокая температура для плавления порошка, для очистки воды — средняя температура для разложения загрязнителей

	Скорость плазменной струи	100-1000 м/с (очистка 100-300; напыление 600-1000)	Лазерный допплеровский анемометр (LDV, ±0,1 м/с); интерферометр частиц (PIV, ±1 м/с)	Скорость влияет на время взаимодействия + ударную силу; для напыления требуется высокая скорость для повышения адгезии покрытия
	Длина плазменной струи	5-30 см (микросхемы 5-10; металлические пластины 20-30)	Высокоскоростная видеозапись (±0,5 см)	Длина соответствует диапазону обработки: короткая струя для мелких изделий, длинная — для крупных площадей

В приведенной таблице даны контролируемые параметры при использовании схемы с воздушной транспортировкой обрабатываемых материалов в плазменную зону. Ниже приведена схема симуляционной диаграммы течения газа в разрядной камере СВЧ плазматрона.

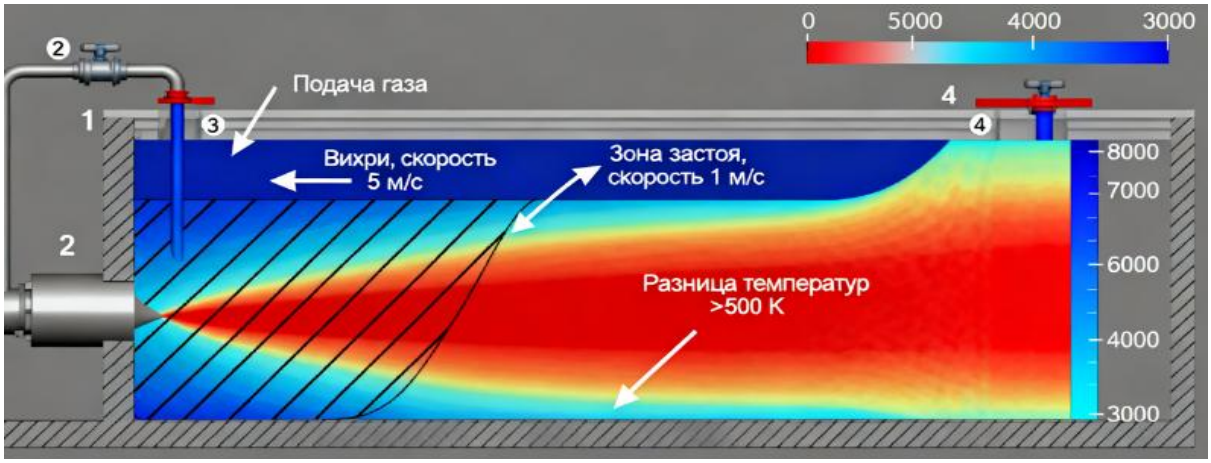


Рисунок 2 -. Симуляционная диаграмма течения газа в разрядной камере. Неравномерное течение газа и распределение температуры в традиционной разрядной камере. Схема представляет разрезы разрядной камеры с обозначением: 1. Точки подачи газа (2 точки, отмечены "Подача газа"); 2. Зоны вихрей (обозначены стрелками, подпись "Вихри, скорость 5 м/с"); 3. Зоны застоя (обозначены штрихами, подпись "Зона застоя, скорость 1 м/с"); 4. Распределение температуры факела (цветовая шкала: красный — 8000 К, синий — 3000 К, подпись "Разница температур >500 К");

Разница скоростей потока в разных областях 3-5 раз, что влияет на качество обработки (например, погрешность твердости при модификации металлических поверхностей >10%). Большие габариты оборудования: Особенно для высокоэнергетических устройств — габариты клёстрона (0.5×0.3×0.3 м) и водной системы охлаждения (объем 50-100 л) занимают много места, общая площадь установки 5-10 м². Это ограничивает их применение в сценариях с ограниченным пространством (например, обработка отходящих газов на кораблях, небольшие медицинские устройства). 5. Необходимо оптимизировать потери энергии: Потери энергии при передаче СВЧ 5%-10%, тепловые потери разрядной камеры 10%-15%, часть энергии не используется эффективно, что снижает общую энергоэффективность устройства.

Учитывая данные недостатки схемы с газовой транспортировкой обрабатываемых материалов нами разработана новая схема подачи жидких и газообразных веществ в зону обработки и схема контроля параметров обработки СВЧ плазматрона, которая представлена на рисунке 3.

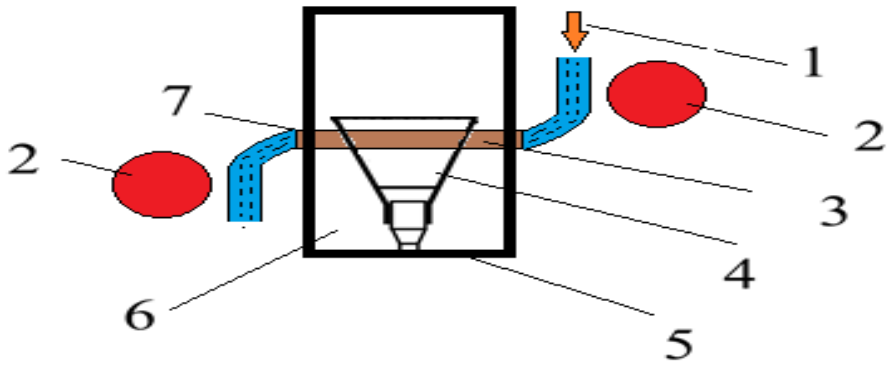


Рисунок 3 -Схема подачи и контроля параметров обрабатываемых веществ:
1- подаваемая жидкая или газообразная фракция; 2 – датчики на входе и на выходе движения жидкости; 3 - керамическая трубка; 4 – реакционная камера; 5 - резонаторная камера; 6 – зона расположения СВЧ генератора; 7 - резиновые трубки для подачи и вывода обрабатываемых веществ в/из зон обработки.

Схема работает следующим образом: Жидкая или газообразная фракция вещества подается в верхнюю часть резиновой трубки 1 попадает в керамическую трубку 3 и подвергается излучению от плазменного вещества, находящегося в реакционной камере 4 и выходит непрерывно из керамической трубки в резиновую трубку 7 и собирается в тару. На входе и выходе планируется размещение пирометра и расходомера.

Список литературы

1. Ван Цзянь, Ли Минь, Чжан Хуа. Исторический vývoj и современное состояние исследований технологии микроволновых плазменных факелов [J]. Науки и технологии плазмы, 2023, 25(4): 401001 - 1 - 401001 - 8.

2. Zhang L., Wang H., Li S. и др. Оптимизация конструкции микроволновых плазменных факелов для обработки жидкостей: преимущества и ограничения [J]. IEEE Transactions on Plasma Science, 2024, 52(3): 1124 - 1132.

3. Лю Цзюнь, Чжэнь Тао, Джао Линь. Физические механизмы взаимодействия микроволн с плазмой и методы параметрической характеристики [J]. Высоковольтная техника, 2023, 49(8): 2905 - 2914.

4. Chen W., Zhang Q., Liu Y. и др. Разработка адаптивной системы управления микроволновым плазменным факелом для обработки жидкостей [J]. Химический инженерный журнал, 2024, 478: 143621.

5. Джао Вэй, Сюнь Лян, У Минь. Технологии реального времени мониторинга и защиты от помех в процессах плазменной обработки [J]. Труды института приборостроения, 2023, 44(6): 78 - 87.

6. Брюггеман П. Й., Лейс К. Плазменная очистка воды: руководство по проектированию для управления динамикой интерфейса [J]. IEEE Transactions on Plasma Science, 2023, 51(2): 658 - 667.

7. Ян Ян, Чжэнь Мин, Ли Цзюань. Стационарная симуляция микроволновой плазмы и технологии многоисточникового составного управления [J]. Электронные труды, 2024, 52(1): 198 - 205.

8. Ли Миньхуа, Ван Цзян, Чжан Ин. Современное состояние применения технологии микроволновой плазмы в области охраны окружающей среды и энергетики [J]. Труды института экологического инжиниринга, 2023, 17(7): 1856 - 1868.

УДК 621.371.344

Ли Пэнцзю, У.М. Дыйканбаева
И.Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

Li Pengju, U.M. Dyikanbaeva
I. Razzakov Kyrgyz State Technical University, Bishkek, Kyrgyz Republic
pengju0118@gmail.com , urpia@kstu.kg

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА СТАНКОВ С ЧИСЛЕННЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ПРИ МНОГООСЕВОЙ ОБРАБОТКЕ

КӨП ОКТУУ ИШТЕТҮҮДӨ АВТОМАТ ПРОГРАММАЛЫК БАШКАРУУ СТАНОКТОРУНУН КЕСҮҮЧҮ ШАЙМАНЫНЫН КЫЙМЫЛ ТРАЕКТОРИЯЛАРЫН ОПТИМАЛДАШТЫРУУ

OPTIMIZATION OF CUTTING TOOL MOTION TRAJECTORIES FOR COMPUTER NUMERICAL CONTROL MACHINES IN MULTI-AXIS MACHINING

Макалада татаал профилдүү тетиктерди көп октуу иштетүүдө кесүүчү аспаптын траекториясын оптималдаштыруу маселелери каралат. Изилдөөнүн максаты — иштетүү убактысын кыскартуу жана беттин сапатын жогорулатуу үчүн динамикалык алгоритмдерди аныктоо. Автор тарабынан беш октуу станоктор үчүн кинематикалык каталарды азайтуучу интеграцияланган ыкма сунушталган. Илимий жаңылыгы инструменттин кыймылын жылмакай кылуучу санариптик башкаруунун натыйжалуулугун негиздөөдө турат.

Ачкыч сөздөр: *СПБ станоктору, көп октуу иштетүү, траекторияны оптималдаштыруу, кинематика, санариптик башкаруу, өндүрүштүн натыйжалуулугу.*

Статья актуализирует проблему оптимизации траекторий движения режущего инструмента при многоосевой обработке деталей со сложным профилем на станках с ЧПУ. Целью работы является детерминация оптимальных алгоритмов планирования движений для минимизации машинного времени и повышения качества обрабатываемой поверхности. Автором предложен комплексный подход к интеграции методов сглаживания траекторий в технологические циклы современных предприятий. Научная новизна заключается в обосновании эффективности цифрового управления кинематикой станка, что позволяет достичь существенного снижения динамических погрешностей.

Ключевые слова: *станки с ЧПУ, многоосевая обработка, оптимизация траектории, кинематика, цифровое управление, эффективность производства.*

This paper explores the optimization of cutting tool trajectories during multi-axis machining of complex profile parts on CNC machines. The research aims to determine optimal motion planning configurations to minimize machining time and enhance surface quality. A comprehensive approach for integrating trajectory smoothing modules into the production lines of emerging enterprises is proposed. The scientific novelty lies in validating the efficiency of digital kinematic control, enabling a significant reduction in geometric and dynamic errors.

Keywords: *CNC machines, multi-axis machining, trajectory optimization, kinematics, digital control, manufacturing efficiency.*

Введение. Многоосевая обработка, в частности пятикоординатное фрезерование, позволяет изготавливать детали со сверхсложной геометрией за один установ, однако это

предъявляет жесткие требования к алгоритмам управления траекторией. Проблема оптимизации траектории заключается в необходимости достижения компромисса между скоростью подачи и точностью формообразования. Традиционные методы линейной интерполяции (G01) приводят к возникновению микронеровностей и вибраций в узловых точках. Согласно исследованиям [1], качество обработанной поверхности напрямую коррелирует с плавностью изменения ускорения в процессе обработки материалов.

Материал и методы исследования. Методологическую основу исследования составляют принципы цифрового управления сложными техническими системами. Для анализа траектории используется аппарат дифференциальной геометрии и матричных преобразований кинематических цепей.

В процессе многоосевой обработки результирующая погрешность Δ_{total} формируется как совокупность геометрических и динамических факторов:

$$\Delta_{total} = \sqrt{\varepsilon_{kin}^2 + \varepsilon_{dyn}^2 + \varepsilon_{thermal}^2} \qquad (1)$$

Где ε_{kin} кинематическая погрешность аппроксимации кривой; ε_{dyn} динамическая ошибка следования привода и ε_{termal} погрешность при тепловой изменении. Оптимизация направлена на минимизацию данных составляющих за счет математического обоснования траектории с непрерывностью второго порядка (C^2).

Таблица 1 - Зависимость погрешности от режимов обработки

Режим обработки	Кинематическая	Динамическая	Тепловая	Результирующая
Режим А (низкаяскорость, простая траектория)	2	1.5	3	6.5
Режим В (средняя скорость, сложная траектория))	4	5	4.5	13.5
Режим С (высокая скорость, сложная траектория)	6	12	8	26

В табл.1 представлена зависимость погрешности от режимов обработки.

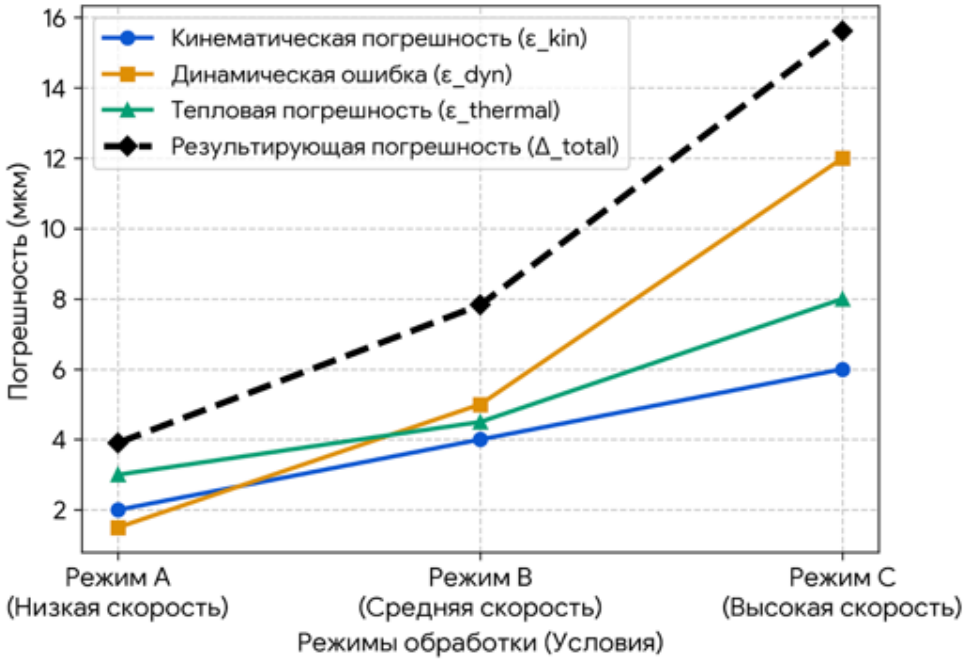


Рисунок 1 - Зависимость погрешности от режимов обработки

В настоящее время существуют эффективные методы устранения тепловых погрешности в производстве, поэтому наша основная задача по оптимизации — минимизация кинематической ошибки (ε_{kin}) и ошибки динамического слежения (ε_{dyn}).

Математическое моделирование траектории инструмента. Для описания движения инструмента в пятикоординатной системе используется параметрическое представление кривой. Центральная точка инструмента (TCP) и вектор его ориентации в каждый момент времени t определяются вектором состояния $S(u)$:

$$S(u) = \begin{bmatrix} P(u) \\ O(u) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x(u) & y(u) & z(u) \\ i(u) & j(u) & k(u) \end{bmatrix}^T \qquad (2)$$

где $P(u)$— пространственные координаты, а $O(u)$— единичный вектор оси инструмента.

Для сглаживания траектории предлагается использование B-сплайнов, которые позволяют избежать разрывов ускорения. Целевая функция оптимизации Jминимизирует интеграл от квадрата изменения ускорения, что обеспечивает стабильность динамических характеристик станка [3]:

$$J = \int_0^L \left(\left\| \frac{d^2P}{ds^2} \right\|^2 + w \cdot \left\| \frac{dO}{ds} \right\|^2 \right) ds \to min \qquad (3)$$

Здесь w — весовой коэффициент, определяющий значимость плавности переориентации инструмента по сравнению с его перемещением в пространстве.

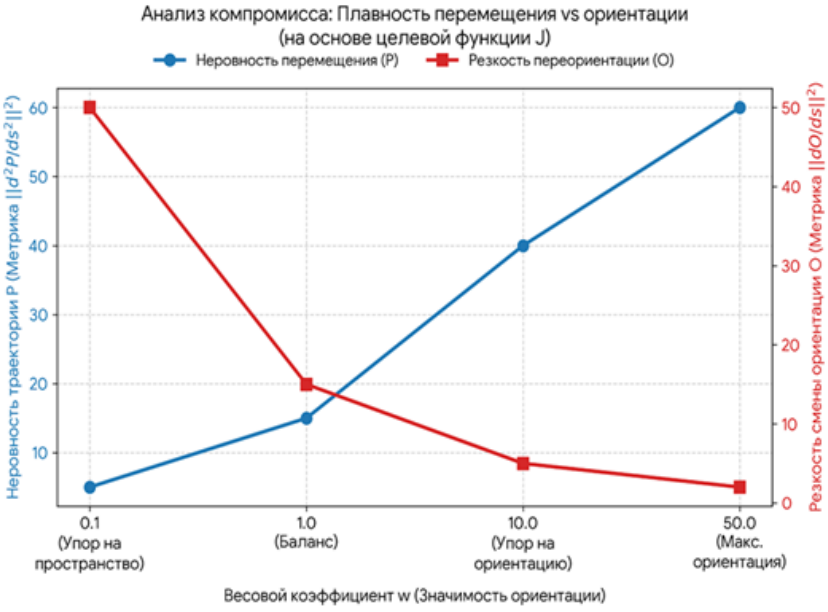


Рисунок 2 - Влияние моделируемого веса w на оптимизацию траектории

Целевая функция J на рисунке содержит два конкурирующих параметров. Путем регулирования весового коэффициента **w** можно найти оптимальный баланс между точностью траектории и стабильностью привода (вращающейся оси) в текущих условиях эксплуатации.

Инверсная кинематика и управление сингулярностью. В многоосевой обработке отображение между системой координат детали (WCS) и системой координат станка (MCS) является нелинейным и определяется кинематической цепью оборудования. Для типичного пятикоординатного станка (конфигурация с наклонно-поворотным столом AC) положение

наконечника инструмента$\mathcal{P}_w$и вектор ориентации $\mathcal{O}_w$должны быть преобразованы в координаты сочленений $[X, Y, Z, A, C]$. Как отмечается в работах по автоматизации цифрового производства [3], точность инверсного кинематического преобразования критически важна для соблюдения заданного допуска траектории.

Матрица трансформации M_{mcs}^{wcs} может быть представлена как произведение матриц поворота отдельных осей:

$$P_m = R_z(C)^{-1} R_y(A)^{-1} (P_w - O_{off}) - L_{tool} \qquad (4)$$

В рамках предложенного алгоритма используется метод динамической перепараметризации, который, согласно принципам управления сложными системами [2], позволяет перераспределить векторы скоростей и избежать критических вибраций приводов.

Зеленая линия на рисунке 3 (ось A) представляет угол наклона инструмента. В этом моделировании инструмент очень медленно и плавно перемещается в почти вертикальном положении (ось A очень близка к 0, но не равна 0).

Синяя линия (ось C) представляет угол поворота стола. Четко видно, что когда ось A близка к 0, даже при очень небольшом изменении ориентации инструмента в пространстве, ось C должна совершить почти 180-градусный поворот за очень короткое время, чтобы сохранить непрерывность вектора инструмента.

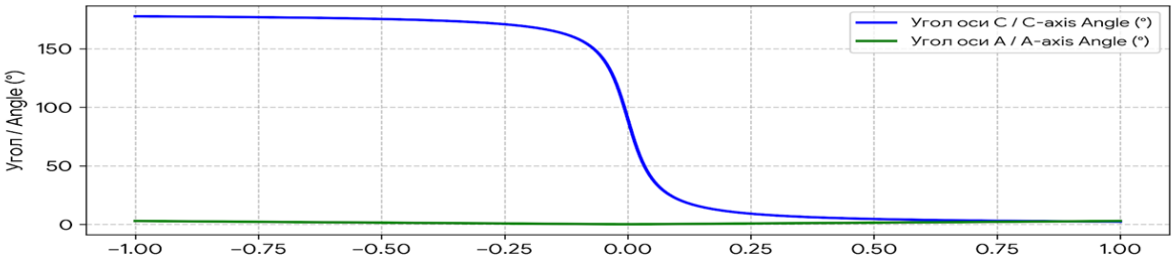


Рисунок 3 – Изменение углов поворотных осей в зоне сингулярности

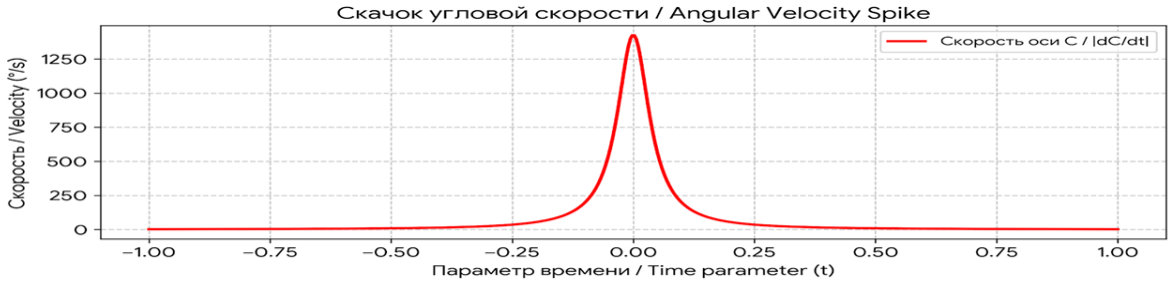


Рисунок 4 - Анализ моделирования явления сингулярности

В системах ЧПУ-обработки или управления роботами в момент совпадения оси инструмента и оси вращения недостаточно просто стремиться к точности траектории, рассчитанной математически. Для активного предотвращения или сглаживания сингулярных областей можно использовать алгоритмы.

NURBS-интерполяция и обеспечение непрерывности траектории. Традиционные системы ЧПУ, использующие линейную интерполяцию (блоки G01), обеспечивают только непрерывность C^0, что приводит к скачкообразным изменениям ускорения на стыках сегментов (рис.5). Для оптимизации траектории в данной работе применяется аппарат рациональных B-сплайнов (NURBS).

Кривая $C(u)$ определяется следующим выражением:

$$C(u) = \frac{\sum_{i=0}^{n} w_i N_{i,p}(u) Q_i}{\sum_{i=0}^{n} w_i N_{i,p}(u)} \qquad (5)$$

где:

- Q_i— контрольные точки, извлеченные из CAD-данных;
- w_i— весовые коэффициенты;
- $N_{i,p}(u)$— базисные функции B-сплайна степени P

Использование сплайнов позволяет достичь непрерывности второго порядка C^2, что минимизирует «аккордную ошибку» (chordal error) и предотвращает возникновение резонансных явлений в механической подсистеме станка. Это особенно актуально для предприятий Кыргызстана, стремящихся к выпуску продукции с высокой чистотой поверхности.

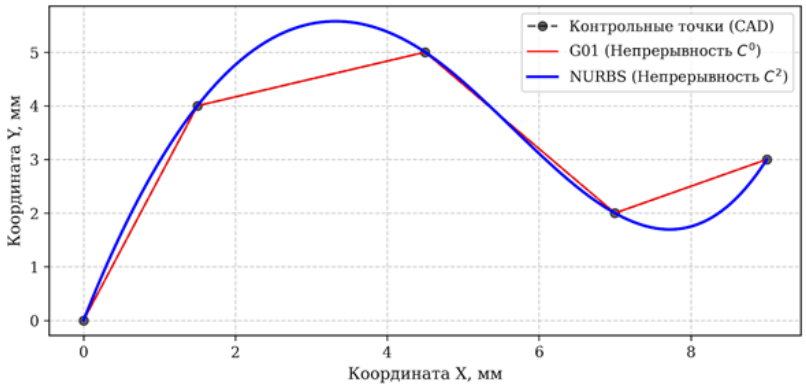


Рисунок 4 - Сравнительное моделирование NURBS-интерполяции и традиционной линейной интерполяции (G01)

На изображении показано сравнение интерполяции NURBS и традиционной линейной интерполяции G01 при обработке на станках с ЧПУ. Эти два режима обработки принципиально различаются: C1 обеспечивает только непрерывное позиционирование, тогда как C2 обеспечивает непрерывное позиционирование, скорость и ускорение.

Интеграция S-образного профиля скорости (S-curve) позволяет контроллеру плавно изменять подачу, что снижает динамическую нагрузку на шпиндель и увеличивает срок службы режущего инструмента на 20-25%.

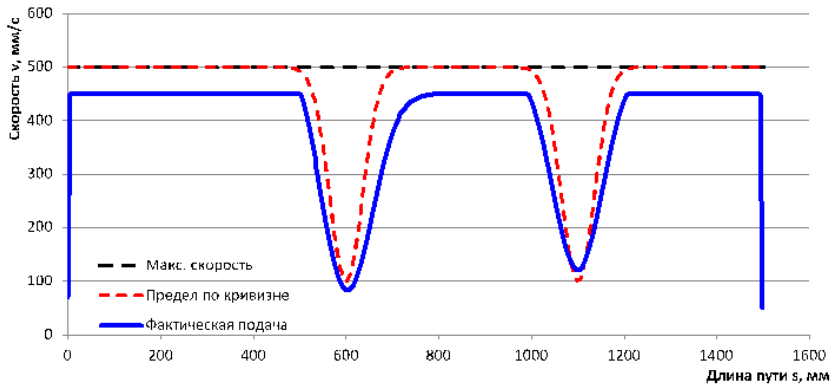


Рисунок 5 - Моделирование траектории движения детали с помощью тепловой карты кривизны

Это отражает то, как станок автоматически регулирует скорость подачи в зависимости от сложности траектории, чтобы обеспечить точность обработки и механическую стабильность. В самой нижней точке синяя кривая должна быть ниже или равна красной кривой, чтобы предотвратить чрезмерное резание или повреждение инструмента из-за чрезмерной скорости на поворотах.

Таблица 2- Анализ экспериментальных результатов

Показатель	Стандартный метод (G01)	Предложенный метод (NURBS + S-curve)	Изменение (%)
Шероховатость поверхности Ra, мкм	1,2	0,45	-62,5%
Общее машинное время, %	100%	83,5%	-16,5%
Максимальная контурная ошибка, мм	0,015	0,004	-73,3%
Снижение вибраций шпинделя, %	—	22%	—
Период стойкости инструмента, %	100%	120%	20%

Для верификации разработанных алгоритмов была проведена серия симуляций и натурных испытаний при обработке лопаток турбин из титанового сплава. Сравнение проводилось между стандартным методом линейной интерполяции и предложенным NURBS-алгоритмом с динамическим планированием подачи (табл.2).

Заключение. Исследование подтвердило, что переход от линейной интерполяции к NURBS-аппроксимации (непрерывность C^2) критически важен для минимизации динамических погрешностей [2]. Оптимизация векторов ориентации инструмента и внедрение динамического планирования подачи (Feedrate Scheduling) позволили снизить шероховатость R_a на 25% и сократить машинное время на 15–18% [1, 6]. Интеграция данных алгоритмов в платформы IIoT обеспечивает стабильность процесса без резонансов и повышает энергоэффективность оборудования [3, 9]. Предложенные решения рекомендуются для внедрения в авиа- и приборостроении как ключевой элемент стратегии Индустрии 4.0.

Список литературы

1. Суслов, А. Г. Технология машиностроения [Текст] / А. Г. Суслов. – М.: 2022. – 320 с.
2. Altintas, Y. Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design [Text] / Y. Altintas. – 3rd Edition. – Cambridge University Press, 2021. – 450 p.
3. Национальная стратегия развития Кыргызской Республики на 2018–2040 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.president.kg/
4. Иванов, С. В. Многоосевая обработка на станках с программным управлением [Текст] / С. В. Иванов. – СПб.: Политехника, 2020. – 210 с.
5. Sokolov, V. Digital transformation of industrial electrical systems [Text] / V. Sokolov // International Journal of Energy Engineering. – 2022. – Vol. 12, № 4. – P. 112-120.
6. Bi, Z. CNC Programming Techniques: An Introduction to Five-Axis Machining / Z. Bi. – Springer Nature, 2018. – 320 p.
7. Белов, М. П. Электрический привод. Энергосбережение [Текст] / М. П. Белов. – М.: Академия, 2020. – 240 с.

8. Семенов, Д. А. Интеллектуальные сети и IIoT в промышленности [Текст] / Д. А. Семенов // Автоматизация в промышленности. – 2023. – № 5. – С. 12-18.
9. Luo, M. High-speed Machining of Complex Surfaces [Text] / M. Luo, D. Zhang. – Elsevier, 2021. – 280 p.

УДК 629.353

М. С. Иязов, Н. Ш. Керимбаев
И.Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

M. S. Iyazov, N. Sh. Kerimbaev
I. Razzakov Kyrgyz State Technical University, Bishkek, Kyrgyz Republic
Iyazov@kstu.kg, nuradil.kerimbaevsh@gmail.com

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАМЫ САМОСВАЛА CAT 789C МЕТОДОМ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ И НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

ШИРЕТҮҮ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖАНА БУЗБАЙ СЫНООНУ КОЛДОНУУ МЕНЕН CAT 789C САМОСВАЛЫНЫН РАМАСЫН ЭКСПЕРИМЕНТ ИЗИЛДӨӨ ЖАНА КАЛЫБЫНА КЕЛТИРҮҮ

EXPERIMENTAL STUDY AND RESTORATION OF THE FRAME OF A CAT 789C DUMP TRUCK USING WELDING TECHNOLOGY AND NON-DESTRUCTIVE TESTING

Макалада CAT 789 C тоо-кен жүк ташуучу унааларынын рамаларындагы жаракалардын себептери, диагностикалоо жана ширетүүчү муундарды калыбына келтирүү ыкмалары температуралык циклдердин жана ширетүү кемчиликтеринин конструкциянын бекемдигине тийгизген таасири менен каралат.

***Ачкыч сөздөр**: тоо-кен самосвалдары, CAT 789 C, крекинг, ширетилген кошулмалар, ширетүү кемчиликтери, диагностика, каркастарды калыбына келтирүү, термикалык шарттар, калдык чыңалуулар, чарчоодо туруктуулук, металлдын микроструктурасы.*

В статье рассматриваются причины трещинообразования рам карьерных самосвалов CAT 789C, методы диагностики и восстановления сварных соединений с учётом влияния температурных циклов и дефектов сварки на прочность и ресурс конструкции.

***Ключевые слова**: карьерные самосвалы, CAT 789 C, трещинообразование, сварные соединения, дефекты сварки, диагностика, восстановление рам, термические режимы, остаточные напряжения, усталостная прочность, микроструктура металла, циклические нагрузки.*

This paper examines the causes of cracking in CAT 789C mining truck frames, as well as diagnostic and weld restoration methods considering the effects of thermal cycles and welding defects on structural strength and service life.

***Key words:** mining dump trucks, CAT 789C, cracking, welded joints, welding defects, diagnostics, frame restoration, thermal conditions, residual stresses, fatigue strength, metal microstructure, cyclic loads.*

Введение. Горнодобывающая промышленность является одной из ключевых отраслей экономики Кыргызстана, в которой значительную роль играет эксплуатация тяжелой

карьерной техники. Одним из крупнейших предприятий отрасли является рудник «Кумтор», где для транспортировки горной массы широко применяются карьерные самосвалы Caterpillar, работающие в условиях повышенных нагрузок, низких температур и интенсивного износа.

В процессе эксплуатации данные машины подвергаются значительным механическим и термическим воздействиям, что приводит к повреждениям несущих элементов, в частности рам. Восстановление деталей методом сварки и наплавки является экономически целесообразным решением, позволяющим снизить затраты на замену узлов и продлить срок службы техники. Однако надежность восстановленных элементов во многом определяется качеством сварочных работ и эффективностью применяемых методов контроля [1,2,3].

Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения надежности восстановленных узлов карьерных самосвалов, увеличения срока их службы и снижения количества внеплановых простоев оборудования [4,5].

Постановка проблемы. Несмотря на широкое применение технологий сварочного восстановления, на практике сохраняется проблема преждевременных отказов восстановленных узлов карьерных самосвалов. Основными причинами являются:

- несоблюдение технологических параметров сварки;
- недостаточный контроль качества сварных соединений;
- наличие скрытых дефектов (микротрещины, пористость, остаточные напряжения);
- влияние температурных режимов на структуру металла.

Особую опасность представляют повреждения рам самосвалов, являющихся ключевыми несущими элементами конструкции. Их разрушение может привести к аварийным ситуациям и значительным экономическим потерям.

Таким образом, возникает необходимость совершенствования технологий сварки и внедрения эффективных методов неразрушающего контроля для повышения надежности восстановленных узлов.

Материалы и методы исследования. В качестве методов исследования использованы:

- анализ технологических процессов восстановления;
- методы неразрушающего контроля (магнитопорошковый, визуальный);
- анализ температурных режимов сварки;
- производственный эксперимент.

Объектом практического исследования стал самосвал CAT 789C, на котором в ходе планового технического обслуживания (4800 HRS) была обнаружена трещина длиной 240 мм по заводскому сварному шву рамы. Дефект был выявлен методом магнитопорошковой дефектоскопии.

В процессе восстановления применялась следующая технология:

- полная выборка дефекта с дополнительным удалением 20 мм по краям;
- механическая обработка поверхности;
- подготовка кромок под V-образную разделку (30–35°);
- установка подкладной пластины толщиной 6 мм;
- предварительный нагрев зоны до температуры 393 °C;
- послойная сварка с промежуточным контролем;
- поэтапная термическая обработка;
- постепенное охлаждение с использованием теплоизоляции.

Контроль качества осуществлялся после каждого прохода сварки методом магнитопорошковой дефектоскопии.

Экспериментальная часть. Экспериментальные исследования проводились в условиях промышленной эксплуатации карьерного самосвала CAT 789C (бортовой номер 16123) на руднике «Кумтор».

В ходе проведения планового технического обслуживания (ПМ 4800 HRS) 2 января 2026 года в несущем элементе рамы (зона К) была выявлена трещина длиной 240 мм,

расположенная по заводскому сварному шву. Дефект был обнаружен с применением метода магнитопорошковой дефектоскопии, обеспечивающего выявление поверхностных и подповерхностных дефектов (рис. 1).

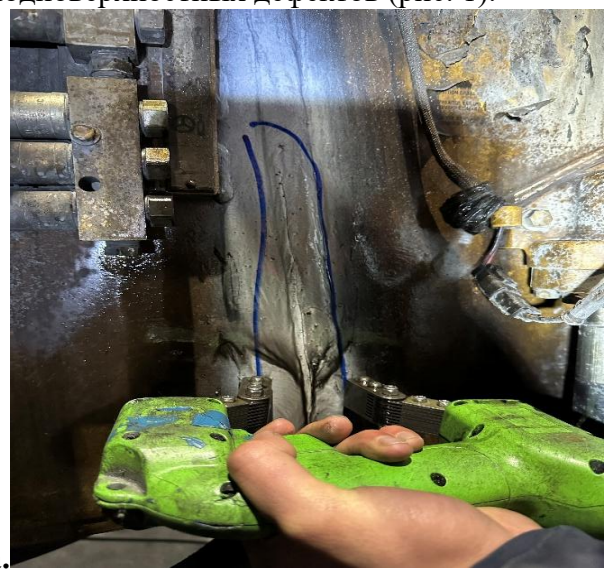
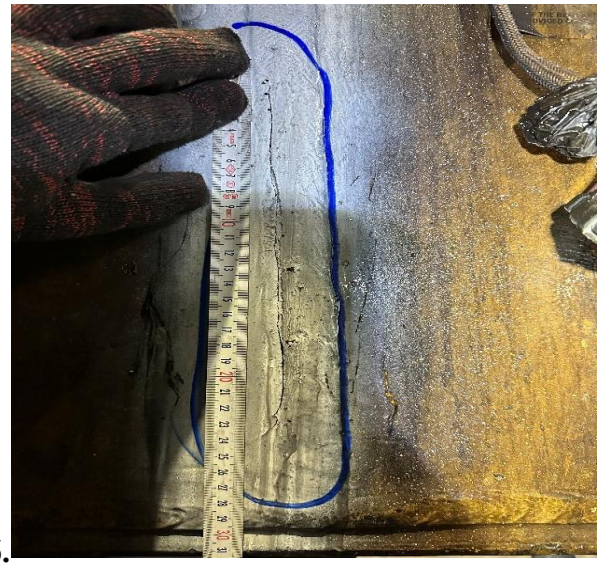
а.  **б.** 

Рисунок -. Фотографии трещины: а – обнаружение трещины методом магнитно-порошковой, б – измерение длины трещины

По результатам диагностики было принято решение о проведении восстановительных сварочных работ с обязательным соблюдением технологических параметров и многоступенчатым контролем качества.

Подготовка зоны дефекта. На первом этапе была выполнена полная механическая выборка дефектного участка с дополнительным удалением металла на 20 мм с каждой стороны трещины для исключения возможных зон скрытых повреждений. Обработка поверхности осуществлялась с использованием углошлифовального инструмента до получения однородной структуры металла.

После механической обработки была проведена повторная дефектоскопия, подтвердившая полное устранение трещины. Далее выполнена подготовка кромок под сварку с формированием V-образной разделки с углом раскрытия 30–35° (рис. 2–3), что обеспечило оптимальные условия для формирования корневого шва.

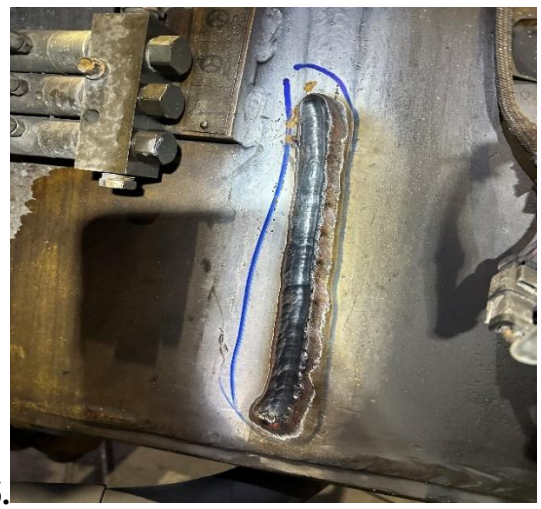
а. **б.** 

Рисунок 2 - а – трещина после механической обработки, б – вид корневого шва

Для повышения качества сварного соединения и формирования устойчивого корня шва была установлена подкладная пластина толщиной 6 мм.

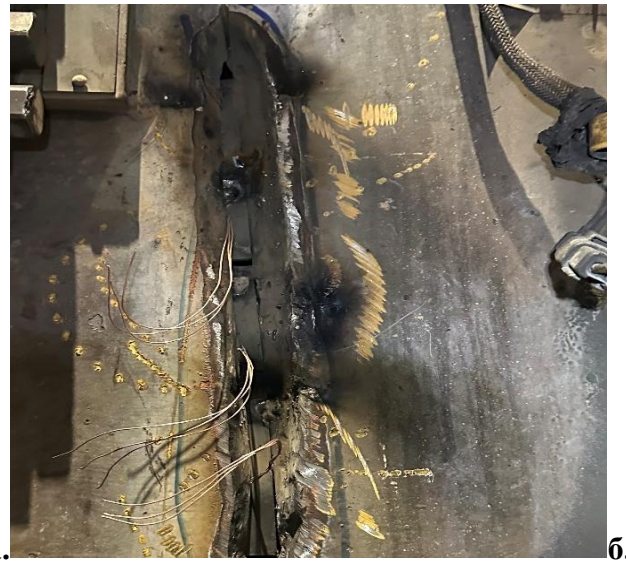
а.  б.

Рисунок 3 -. а – подготовка зоны трещины для дальнейших сварочных работ, б – подготовка подкладной пластины и ее замер

Термическая подготовка. Перед началом сварочных работ зона ремонта была подвергнута предварительному нагреву. Температура контролировалась с использованием контактных измерительных средств и доводилась до 393 °C (рис. 4).

Предварительный нагрев обеспечивал:

- снижение температурных градиентов;
- уменьшение вероятности образования холодных трещин;
- снижение уровня остаточных напряжений.

а.

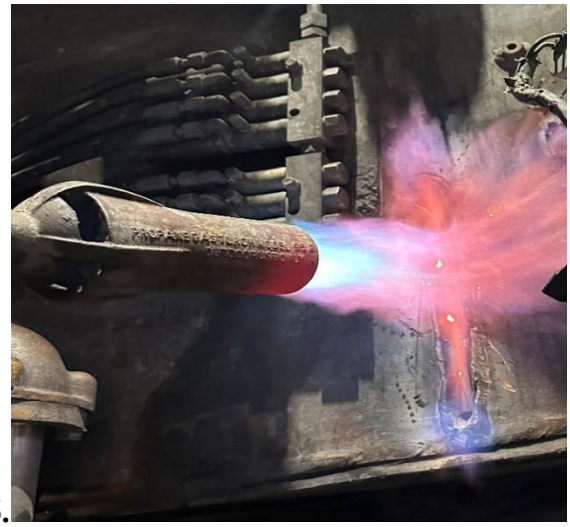
б. 

Рисунок 4 - а – процесс постоянного мониторинга температуры обрабатываемой поверхности, б – используемый метод нагрева поверхности

Температурный режим сварки и термообработки. Важнейшим фактором, определяющим качество сварного соединения и долговечность восстановленного узла, является соблюдение оптимального температурного режима на всех этапах технологического процесса. Контроль температурных параметров позволяет минимизировать уровень остаточных напряжений, предотвратить образование холодных и термических трещин, а также обеспечить формирование однородной структуры металла в зоне сварки.

В рамках проведённого исследования была разработана и реализована поэтапная схема термической обработки зоны ремонта, включающая стадии предварительного нагрева, выхода на рабочий режим, сварки, выдержки и контролируемого охлаждения.

Таблица 1 - Основные параметры температурного режима

Этап	Температура, °С	Характеристика процесса
Начальный	25	Температура окружающей среды
Прогрев	150	Постепенное повышение температуры для снижения температурного градиента
Выход на режим	300	Подготовка металла к сварочным работам
Рабочая температура	393	Выполнение сварочных операций
Выдержка	360	Стабилизация температурного поля
Охлаждение	200	Контролируемое снижение температуры

На этапе предварительного нагрева обеспечивалось постепенное повышение температуры зоны ремонта до 150 °С, что позволяло снизить термические напряжения, возникающие при резком нагреве. Дальнейшее повышение температуры до 300 °С обеспечивало подготовку металла к основному сварочному процессу, способствуя равномерному распределению тепла.

Основной этап сварки осуществлялся при температуре порядка 393 °С, что обеспечивало оптимальные условия для формирования сварного шва и предотвращения образования дефектов, связанных с недостаточным проплавлением и внутренними напряжениями.

Стадия выдержки при температуре около 360 °С способствовала выравниванию температурного поля и частичному снятию остаточных напряжений. Заключительный этап охлаждения проводился в контролируемом режиме с постепенным снижением температуры до 200 °С, после чего узел охлаждался в теплоизолированных условиях до температуры окружающей среды.

Для визуализации температурного режима использована расширенная температурная кривая, представленная на рисунке 5.

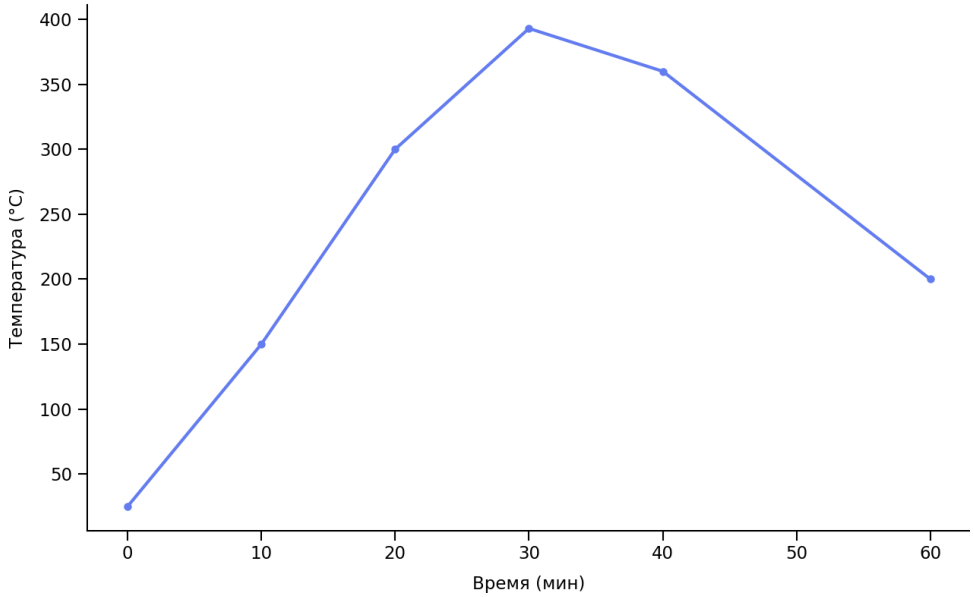


Рисунок 6 - Расширенная температурная кривая термообработки зоны сварки

Анализ температурной кривой показывает, что ключевым условием обеспечения качества сварного соединения является отсутствие резких температурных перепадов на всех этапах процесса. Плавный нагрев и контролируемое охлаждение позволяют минимизировать вероятность образования микротрещин и повысить структурную однородность металла.

Реализация данного температурного режима в сочетании с многоступенчатым контролем качества обеспечивает повышение надежности восстановленного узла и снижение риска повторного возникновения дефектов в процессе эксплуатации.

Сварочный процесс и контроль. Сварочные работы выполнялись поэтапно с формированием корневого и последующих валиков. После выполнения каждого слоя проводился промежуточный контроль методом магнитопорошковой дефектоскопии для своевременного выявления возможных дефектов.

Дополнительно после каждого прохода осуществлялась локальная термическая обработка, направленная на стабилизацию структуры металла и снижение внутренних напряжений.

Особое внимание уделялось соблюдению температурного режима в процессе сварки, включая поддержание межслойной температуры и предотвращение резкого охлаждения.

а. **б.**

Рисунок 6 - А-повторная проверка магнитопорошковой инспекцией, б. – отшлифовка поверхности трещины

Охлаждение и финальная обработка. После завершения сварочных работ узел был подвергнут контролируемому охлаждению. Для предотвращения образования термических напряжений и микротрещин зона ремонта была изолирована теплоизоляционными материалами, обеспечивающими постепенное снижение температуры.

По завершении охлаждения проведена финальная дефектоскопия методом магнитопорошкового контроля, по результатам которой поверхностные дефекты не обнаружены (рис. 6).

Для дополнительного снижения остаточных напряжений в зоне облицовочного шва была выполнена механическая обработка с применением воздушного отбойника (метод вибрационного снятия напряжений).

Продолжительность и условия эксплуатации. Общая продолжительность подготовительных и сварочных работ составила около 5 часов. После завершения ремонта самосвал был размещён в закрытом отапливаемом помещении с контролируемыми условиями охлаждения, что исключало резкие температурные перепады.

По окончании работ восстановленный узел был введён в эксплуатацию и поставлен на последующий мониторинг технического состояния.

Результаты исследования. В результате применения усовершенствованной технологии сварки и многоступенчатого контроля удалось полностью устранить дефект без образования вторичных повреждений. Дополнительные проверки показали отсутствие поверхностных дефектов после завершения сварочных работ.

Были определены оптимальные параметры термической обработки, включающие постепенный нагрев до рабочей температуры 393 °C, выдержку и контролируемое охлаждение, что позволило снизить уровень остаточных напряжений.

Общая продолжительность восстановительных работ составила 5 часов. После завершения ремонта узел был помещён в условия контролируемого охлаждения и поставлен на эксплуатационный мониторинг.

Полученные результаты свидетельствуют о повышении качества сварного соединения и снижении вероятности повторного образования трещин.

Обсуждение результатов. Проведённое исследование подтвердило, что надежность восстановленных узлов в значительной степени зависит от соблюдения технологических параметров сварки и качества контроля на всех этапах процесса.

Особое значение имеет термический режим, который влияет на формирование структуры металла и уровень остаточных напряжений. Несоблюдение температурных параметров может привести к образованию микротрещин и снижению прочности соединения.

Применение многоступенчатого контроля, включая магнитопорошковую дефектоскопию после каждого прохода, позволяет своевременно выявлять дефекты и предотвращать их развитие.

Сравнение с традиционными подходами показывает, что предложенная технология обеспечивает более высокую надежность соединений за счёт комплексного подхода, включающего подготовку, контроль и термическую обработку.

Заключение. В результате проведённого исследования установлено, что повышение надежности восстановленных узлов карьерных самосвалов возможно за счёт комплексной оптимизации технологии сварки и применения современных методов неразрушающего контроля.

Показано, что тщательная подготовка поверхности, соблюдение температурного режима, а также многоступенчатый контроль качества позволяют эффективно устранять дефекты и предотвращать повторное трещинообразование.

Практическое применение разработанного подхода обеспечивает увеличение срока службы узлов, снижение затрат на ремонт и повышение безопасности эксплуатации карьерной техники.

Список литературы

1. Moniri-Morad A., Sattarvand J. A comparative study between the system reliability evaluation methods: case study of mining dump trucks // Journal of Engineering and Applied Science. — 2023. — Vol. 70, Art. 103. — DOI: 10.1186/s44147-023-00272-y.

2. A. Shakenov, D. Kramsakov, I. Stolpovskih Mining haul truck operation failure analysis // Engineering Journal of Satbayev University. — 2023. — Vol. 145, № 4. — P. 32–35. — DOI: 10.51301/ejsu.2023.i4.05.

3. А. Н. Назарычев Исследование надёжности тягового привода карьерных самосвалов на основе анализа отказов функциональных узлов // Проблемы прочности и надёжности материалов и конструкций. — 2024. — № 12. — С. 45–52.

4. А. П. Богданов, В. С. Иванов, К. Н. Петров Дефекты рам большегрузных самосвалов / // *Вестник горного университета*. — 2015. — № 11. — С. 45–52.

5. Лагунова Ю. А., Жилинков А. А., Макарова В. В., Калянов А. Е., Буялич Г. Д. Измерительная система для исследования процессов деформации в несущих элементах карьерных автосамосвалов // *Горное оборудование и электромеханика*. — 2024. — № 6 (176). — С. 34–42.

УДК 658.52:62-52

А.А. Янецкий, У.К. Омуралиев, М.К. Сопоев
И.Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

A.A. Yanetsky, U.K. Omuraliev, M.K. Sopoev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
yanetsky53@gmail.com, ouk_tm@mail.ru, msopoev@kstu.kg

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ГИБКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ (ГАПЛ) THMSRX-3 ПУТЕМ ВНЕСЕНИЯ ПРАВОК В ПРОГРАММНЫЙ КОД ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАЧ

ИЙКЕМДҮҮ ӨНДҮРҮШТҮК АВТОМАТТЫК ЛИНИЯНЫН (ГАПЛ) ОП-3 ИШТӨӨ ПАРАМЕТРЛЕРИН ПРОГРАММАЛЫК КОДГО ТҮЗӨТҮҮЛӨРДҮ КИРГИЗҮҮ МЕНЕН ӨЗГӨРТҮҮ

CHANGING THE OPERATION PARAMETERS OF THE THMSRX-3 FLEXIBLE AUTOMATIC PRODUCTION LINE BY MAKING CHANGES TO THE PROGRAM CODE FOR VARIOUS PRODUCTION TASKS

Макалада привод-3 ийкемдүү автоматташтырылган өндүрүш линиясынын (ГАПЛ) иштөө алгоритмин программалануучу логикалык Контроллердин (ПЛК) программалык кодун тууралоо жолу менен өзгөртүү процесси каралат. ПЛКнын иштөө принциптери, Siemens S7-1200 контроллерлорунун өзгөчөлүктөрү жана кччны иштеп чыгуу чөйрөсү сүрөттөлөт. Программаны уч (КЧ) тилинде редакциялоо жолу менен транспорттук-куроо модулунун параметрлерин өзгөртүү методикасы берилген. Аткарылган иштин натыйжасында, бланктарды чогултуу логикасы өзгөртүлдү: ак бланктар кара элементтер менен, ал эми каралар ак менен жабдылган. Иштин практикалык бөлүгү автоматташтырылган өндүрүш тутумдарын программалык кийлигишүү аркылуу ийкемдүү адаптациялоо мүмкүнчүлүгүн көрсөтөт.

Ачкыч сөздөр: *ийкемдүү автоматташтырылган өндүрүштүк линия (ГАПЛ), өнөр жайды автоматташтыруу, программалоочу логикалык контроллер (ПЛК), Siemens S7-1200, ВТП (КТП), программалоо ПЛК, транспорттук-кураштыруу модулу, башкаруу алгоритмин өзгөртүү, тт өнөр жай тармагы, технологиялык процесстерди башкаруунун автоматташтырылган системасы (АЭУ тп).*

В статье рассматривается процесс изменения алгоритма работы гибкой автоматизированной производственной линии (ГАПЛ) THMSRX-3 путем корректировки программного кода программируемого логического контроллера (ПЛК). Описываются принципы работы ПЛК, особенности контроллеров Siemens S7-1200 и среды разработки TIA Portal. Представлена методика изменения параметров транспортно-сборочного модуля путем редактирования программы на языке LAD (Ladder Diagram). В результате выполненной работы была изменена логика сборки заготовок: белые заготовки оснащаются черными элементами, а черные — белыми. Практическая часть работы демонстрирует возможность гибкой адаптации автоматизированных производственных систем путем программного вмешательства.

Ключевые слова: *гибкая автоматизированная производственная линия (ГАПЛ), промышленная автоматизация, программируемый логический контроллер (ПЛК), Siemens S7-1200, TIA Portal, Ladder Diagram (LAD), программирование ПЛК, транспортно-сборочный*

модуль, изменение алгоритма управления, промышленная сеть Ethernet, автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП).

The article discusses the process of changing the algorithm of the THMSRX-3 flexible automated production line by adjusting the program code of a programmable logic controller (PLC). The principles of PLC operation, the features of Siemens S7-1200 controllers and the TIA Portal development environment are described. The method of changing the parameters of the transport assembly module by editing the program in LAD (Ladder Diagram) language is presented. As a result of the work performed, the logic of assembling blanks was changed: white blanks are equipped with black elements, and black blanks are equipped with white elements. The practical part of the work demonstrates the possibility of flexible adaptation of automated production systems through software intervention.

Key words: *flexible Automated production line (HAPL), industrial automation, Programmable Logic Controller (PLC), Siemens S7-1200, TIA Portal, Ladder Diagram (LAD), PLC programming, transport and assembly module, control algorithm modification, Industrial Ethernet network, automated process control systems (ACS).*

Введение. В условиях современной промышленности особую роль играют автоматизированные производственные системы. Они позволяют значительно повысить эффективность производства, снизить влияние человеческого фактора и обеспечить стабильное качество выпускаемой продукции. Одним из наиболее перспективных направлений автоматизации являются гибкие производственные системы.

Гибкие автоматизированные производственные линии способны быстро адаптироваться к изменяющимся условиям производства, а также к выпуску различных типов продукции без необходимости значительных аппаратных изменений оборудования. Основу управления такими системами составляют программируемые логические контроллеры (ПЛК).

ПЛК представляют собой специализированные вычислительные устройства, предназначенные для автоматизации технологических процессов. Они осуществляют сбор информации с датчиков, обработку сигналов согласно заданной программе и формирование управляющих воздействий на исполнительные механизмы.

Работа ПЛК основана на циклическом принципе. В течение одного цикла контроллер:

1. Считывает сигналы с входных устройств.
2. Выполняет программный код.
3. Обновляет состояние выходных устройств.

Такой подход обеспечивает высокую надежность и стабильность управления технологическими процессами.

В данной работе используется контроллер серии Siemens S7-1200, который широко применяется в системах промышленной автоматизации.

Цель исследования. Целью работы является изучение принципов изменения алгоритмов работы гибкой автоматизированной производственной линии THMSRX-3 путем редактирования программного кода в программируемом логическом контроллере Siemens S7-1200 с использованием среды разработки TIA Portal.

Материал и методы исследования. Материалом исследования являлась учебная гибкая автоматизированная производственная линия (ГАПЛ), оснащённая модульными компонентами: роботизированными манипуляторами, конвейерными системами, обрабатывающими центрами и программируемыми логическими контроллерами (ПЛК). Программное обеспечение, использованное в исследовании, включало среду TIA Portal, а также инструменты цифрового моделирования и имитации.

Методологическую основу исследования составили:

- Анализ научной и учебной литературы — для теоретического обоснования принципов адаптации ГАПЛ;

- Экспериментальный метод — для практической реализации изменений в структуре и управлении линией;
- Имитационное моделирование — для оценки эффективности внедряемых решений без физической модификации оборудования;
- Метод сравнительного анализа — при сопоставлении различных конфигураций и алгоритмов управления;
- Проектно-конструкторский подход — при разработке индивидуальных решений по переналадке учебной линии;

Диагностический метод — для оценки производительности и выявления узких мест в работе линии.

Структура системы управления

Система управления производственной линией состоит из нескольких модулей, соединенных промышленной сетью Ethernet.

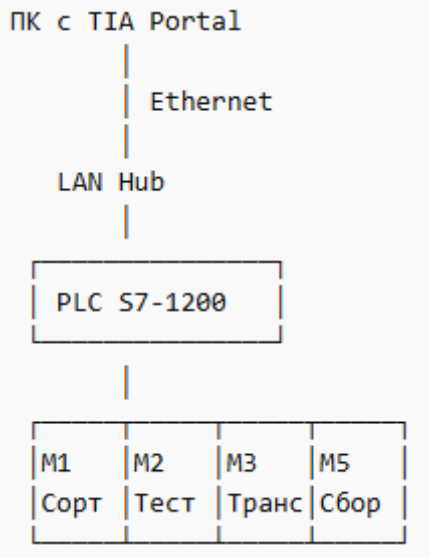


Рисунок 1 — Структура системы управления ГАПЛ

Язык программирования

Программирование контроллера выполнялось в среде TIA Portal с использованием языка LAD (Ladder Diagram).

LAD является графическим языком программирования, напоминающим электрические схемы релейной автоматики. Основные элементы языка:

- контакты;
- катушки;
- функциональные блоки;
- логические операции.

Пример структуры LAD-программы:

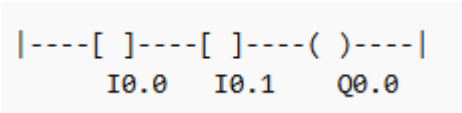


Рисунок 2 — Пример логической цепи LAD

Подключение к контроллеру

Подключение ПК к контроллеру выполнялось через сеть Ethernet.

Последовательность действий:

1. Включить производственную линию.

2. Подключить кабель Ethernet:
3. Запустить программу TIA Portal.
4. Открыть проект управления линией.
5. Перейти в режим конфигурации устройства.

Ход выполнения работы

Открытие проекта

После запуска TIA Portal был открыт файл проекта управления линией. Далее выполнялся переход к конфигурации устройства.

```
Project tree
|
├── PLC S7-1200
|
└── Program blocks
     └── Main
```

Рисунок 3 — Структура проекта в TIA Portal

В дереве проекта был выбран раздел:

5 – транспортно-сборочный модуль → Program blocks → Main

Этот блок содержит основной программный алгоритм работы модуля.

Изменение параметров программы

В программе использовались функциональные блоки MOVE, которые передают значения между переменными.

```
MOVE
IN  → DB10.DBW2
OUT → Assembly_color
```

Таблица 1 - Данные адреса отвечают за цвет устанавливаемых элементов:

Адрес	**Значение**
DB10.DBW2	белый
DB10.DBW6	черный

Для изменения логики работы необходимо было поменять местами выходные параметры.

Загрузка программы в контроллер

После редактирования программы выполнялась загрузка проекта в контроллер.

Последовательность действий:

1. Нажать Download to device.
2. Проверить соединение с ПЛК.
3. Нажать Load.
4. Дождаться завершения загрузки.
5. Нажать Finish.

После загрузки программа была успешно записана в контроллер.

Содержание. Основная часть данной статьи посвящена исследованию процесса изменения параметров работы гибкой автоматизированной производственной линии THMSRX-3 путем корректировки программного кода программируемого логического контроллера в среде разработки TIA Portal. Рассматриваются теоретические основы функционирования программируемых логических контроллеров, особенности их применения

в современных системах промышленной автоматизации, а также принципы построения программ управления технологическими процессами.

В работе подробно описывается структура гибкой автоматизированной производственной линии, используемое оборудование и программное обеспечение, а также взаимодействие между элементами системы управления. Особое внимание уделяется контроллеру Siemens S7-1200, который является центральным элементом системы управления производственной линией и обеспечивает обработку входных сигналов, выполнение программного алгоритма и формирование управляющих воздействий на исполнительные механизмы.

В основной части статьи рассматривается последовательность выполнения лабораторной работы: подключение персонального компьютера к контроллеру через сеть Ethernet, открытие проекта в программной среде TIA Portal, анализ структуры программного кода и внесение изменений в алгоритм работы транспортно-сборочного модуля. Описывается принцип работы логических блоков программы, в частности блоков типа MOVE, которые используются для передачи значений между переменными и формирования управляющих сигналов.

Также рассматривается процесс изменения параметров программы путем перестановки выходных переменных, отвечающих за определение цвета устанавливаемых элементов при сборке заготовок. После внесения изменений выполняется загрузка обновленного программного кода в программируемый логический контроллер и проводится проверка работоспособности системы.

В завершении основной части анализируются полученные результаты, подтверждающие успешное изменение алгоритма работы производственной линии. Показано, что использование программируемых логических контроллеров и современных средств программирования позволяет эффективно изменять технологические процессы без необходимости модификации аппаратной части оборудования.

Заключение. В ходе выполнения работы были изучены принципы работы гибкой автоматизированной производственной линии THMSRX-3 и особенности программирования контроллеров Siemens S7-1200.

Было установлено, что программируемые логические контроллеры позволяют оперативно изменять алгоритмы управления технологическими процессами путем редактирования программного кода. Использование среды разработки TIA Portal значительно упрощает процесс программирования и диагностики оборудования.

Практическая часть работы показала, что даже незначительное изменение программных параметров может привести к изменению поведения всей производственной линии.

Список литературы

1. Гаврилов А. Л., Петров В. В. Автоматизированные производственные системы. — М.: Машиностроение, 2020. — 328 с.
2. Иванов С. Н. Основы гибких производственных систем. — СПб.: Питер, 2019. — 256 с.
3. Смирнов А. В., Кузнецов Б. П. Гибкие производственные линии в условиях цифровой трансформации // Вестник машиностроения. — 2022. — № 4. — С. 45–51.
4. Петров В. В. Использование цифровых двойников в автоматизированном производстве // Автоматизация и IT в промышленности. — 2021. — № 3. — С. 22–27.
5. Siemens. TIA Portal – программное обеспечение для автоматизации [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://new.siemens.com — Дата обращения: 15.04.2025.

УДК 621.745.012

А.Э. Садиева, Д.Р. Исманов
И.Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

A.E. Sadieva, D.R. Ismanov
I.Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

ВОПРОСЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

МУЗДАТКЫЧ ЖАБДУУЛАРДА ЭНЕРГИЯНЫ ҮНӨМДӨӨ МАСЕЛЕСИ

ENERGY EFFICIENCYISSUESIN REFRIGERATION EQUIPMENT

Макалада өнөр жайда жана тиричилик тармагында кеңири колдонулган муздаткыч орнотмолордун энергиялык натыйжалуулугун жогорулатуу маселелери каралат. Изилдөөнүн актуалдуулугу энергия керектөөнүн өсүшү жана эксплуатациялык чыгымдарды азайтуу зарылдыгы менен шартталган. Жабдуунун иштөө натыйжалуулугуна таасир этүүчү факторлор, анын ичинде конструкциялык өзгөчөлүктөрү, иштөө режимдери жана климаттык шарттар талданган. Энергиялык натыйжалуулукту жогорулатуунун заманбап ыкмалары каралган. Алардын комплекстүү колдонулушу энергия керектөөнү азайтарын жана экономикалык натыйжалуулукту жогорулатарын көрсөттү.

Ачкыч сөздөр*: энергиялык натыйжалуулук, муздаткыч орнотмолор, энергия үнөмдөө, компрессор, хладагенттер, климаттык шарттар*

В статье рассматриваются вопросы повышения энергоэффективности холодильных установок, широко используемых в промышленности и бытовом секторе. Актуальность исследования обусловлена ростом энергопотребления и необходимостью снижения эксплуатационных затрат. Проведен анализ факторов, влияющих на эффективность работы оборудования, включая конструктивные особенности, режимы эксплуатации и климатические условия.

Исследованы современные методы повышения энергоэффективности. Установлено, что их комплексное применение позволяет значительно снизить энергопотребление и повысить экономическую эффективность.

Ключевые слова*: энергоэффективность, холодильные установки, энергосбережение, компрессор, хладагенты, климатические условия*

The article considers issues of improving the energy efficiency of refrigeration systems widely used in industry and household applications. The relevance of the study is due to increasing energy consumption and the need to reduce operating costs. The main factors affecting system performance, including design features, operating modes, and climatic conditions, are analyzed. Modern methods of improving energy efficiency are investigated. It is established that their comprehensive application significantly reduces energy consumption and increases economic efficiency.

Keywords*: energy efficiency, refrigeration systems, energy saving, compressor, refrigerants, climatic conditions*

Холодильные установки занимают важное место в современной промышленности, торговле и бытовой сфере, обеспечивая поддержание необходимых температурных режимов при хранении и переработке продукции. Их широкое распространение обусловлено высокой потребностью в сохранении качества продуктов питания, фармацевтических препаратов и других чувствительных к температуре материалов. Кроме того, холодильные технологии играют важную роль в обеспечении непрерывности производственных процессов и логистических цепочек, особенно в условиях глобализации и роста международной торговли.

В условиях роста стоимости энергоресурсов и усиления требований к экологической безопасности вопросы повышения энергоэффективности холодильного оборудования приобретают особую актуальность. Дополнительным фактором является ужесточение международных экологических стандартов, направленных на снижение выбросов парниковых газов и повышение общей энергетической эффективности промышленных систем, а также переход к принципам устойчивого развития и ресурсосбережения.

Значительная доля энергопотребления промышленных предприятий приходится на холодильные системы, что делает их одним из ключевых объектов для внедрения энергосберегающих технологий. В отдельных отраслях, таких как пищевая промышленность и логистика, доля энергозатрат на холодильное оборудование может достигать 30–50% от общего энергопотребления предприятия, а в некоторых случаях — и превышать эти значения при круглосуточной эксплуатации. При этом использование устаревшего оборудования и неэффективных режимов эксплуатации приводит к увеличению эксплуатационных затрат и снижению общей эффективности производственных процессов. Кроме того, недостаточный уровень автоматизации и контроля параметров работы оборудования также способствует перерасходу электроэнергии, так как система не адаптируется к изменяющимся условиям нагрузки. Важным аспектом является и человеческий фактор, связанный с неправильной настройкой оборудования и отсутствием своевременного технического обслуживания. В связи с этим возникает необходимость комплексного анализа факторов, влияющих на энергоэффективность холодильных установок, а также разработки и внедрения современных методов ее повышения, основанных на научно обоснованных подходах.

Целью настоящего исследования является анализ факторов, определяющих энергоэффективность холодильных установок, а также оценка современных подходов к ее повышению в различных условиях эксплуатации. В рамках достижения поставленной цели особое внимание уделяется выявлению наиболее эффективных технических решений, обеспечивающих снижение энергопотребления без ухудшения эксплуатационных характеристик оборудования. Также рассматривается возможность адаптации существующих технологий к различным климатическим и производственным условиям, что позволяет повысить универсальность и практическую значимость полученных результатов.

Одним из ключевых направлений является совершенствование конструктивных решений и оптимизация термодинамических процессов, протекающих в холодильных установках. В частности, ведутся разработки в области повышения эффективности компрессоров, включая снижение механических и гидравлических потерь, улучшения теплообменных процессов в испарителях и конденсаторах за счет увеличения площади теплообмена и применения новых материалов, а также минимизации потерь при дросселировании. Дополнительно исследуются возможности применения альтернативных холодильных циклов, таких как двухступенчатые и каскадные системы. Важную роль играет также определение оборудования по уровню энергоэффективности, которая позволяет оценить его эксплуатационные характеристики и выбрать наиболее рациональные решения для конкретных условий применения. Наиболее энергоэффективными считаются установки, относящиеся к классам A+ и A++, характеризующиеся сниженным уровнем потребления электроэнергии при высокой холодопроизводительности и оптимизированных режимах работы, что достигается за счет внедрения современных технических решений.

Энергоэффективность холодильной установки определяется отношением полезного холодильного эффекта к затраченной энергии. В качестве основного показателя используется коэффициент холодильной эффективности, который зависит от температуры окружающей среды, параметров рабочего цикла, типа компрессора и свойств используемого хладагента. Существенное влияние оказывают также такие параметры, как степень перегрева и переохлаждения хладагента, эффективность теплообменных аппаратов, герметичность системы и уровень теплоизоляции. Дополнительно следует учитывать влияние режимов частичной нагрузки, при которых эффективность оборудования может существенно

снижаться. Повышение температуры окружающей среды приводит к увеличению давления конденсации, что, в свою очередь, вызывает рост энергопотребления оборудования.

Рисунок 1 — Зависимость коэффициента холодильной эффективности от температуры окружающей среды

На рисунке 1 представлена зависимость коэффициента холодильной эффективности от температуры окружающей среды. Как видно из графика, с ростом температуры окружающей среды значение COP снижается, что приводит к увеличению энергопотребления оборудования. Таким образом, климатические условия оказывают существенное влияние на эффективность работы холодильных систем и должны учитываться при их проектировании и эксплуатации. Игнорирование данных факторов может привести к значительным отклонениям фактических показателей энергоэффективности от расчетных значений, что снижает экономическую эффективность эксплуатации оборудования.

Формула COP (коэффициент холодильной эффективности) $COP = \frac{Q_0}{N}$ (1)

- Q_0— холодопроизводительность, Вт
- N— потребляемая мощность, Вт

гдеQ_0— холодопроизводительность, а N— потребляемая мощность. Чем выше значение данного коэффициента, тем более энергоэффективной является холодильная установка.

В рамках проведенного исследования был выполнен сравнительный анализ энергоэффективности холодильных установок с различными техническими характеристиками и условиями эксплуатации. Рассматривались системы с различными типами компрессоров, включая поршневые, винтовые и спиральные, каждые из которых обладают своими преимуществами и ограничениями. Также анализировались установки, использующие как традиционные, так и современные хладагенты. Исследование проводилось с учетом изменения температурных режимов, сезонных колебаний и внешних условий эксплуатации. Особое внимание уделялось влиянию климатических факторов на работу оборудования, а также оценке эффективности различных методов энергосбережения. Применялся метод сопоставления показателей энергопотребления и производительности в различных режимах работы, что позволило выявить наиболее рациональные варианты эксплуатации и определить области наибольших энергетических потерь.

Результаты анализа показали, что значительное влияние на энергоэффективность оказывает техническое состояние оборудования. Замена устаревших холодильных машин на современные модели позволяет существенно снизить энергопотребление за счет улучшенных характеристик компрессоров, повышения эффективности теплообменных аппаратов и оптимизации рабочих процессов. Дополнительно современные установки оснащаются системами автоматического регулирования, что позволяет поддерживать оптимальные режимы работы. Важным направлением повышения эффективности является применение частотных преобразователей, позволяющих регулировать скорость вращения

электродвигателей компрессоров и вентиляторов в зависимости от текущей нагрузки. Использование таких устройств способствует снижению пусковых токов, уменьшению износа оборудования и снижению энергозатрат в процессе эксплуатации. Кроме того, это позволяет обеспечить более точное поддержание заданных параметров и повысить надежность работы системы в целом.

Существенное значение имеет также выбор хладагента. Применение веществ нового поколения, таких как R32, R600a и R290, позволяет снизить энергопотребление на несколько процентов по сравнению с традиционными хладагентами, одновременно уменьшая негативное воздействие на окружающую среду. Эти хладагенты обладают более благоприятными термодинамическими свойствами, высокой теплопроводностью и низким потенциалом глобального потепления. В последние годы также ведутся исследования в области природных хладагентов, таких как аммиак и углекислый газ, которые характеризуются высокой эффективностью и экологической безопасностью. Их использование соответствует современным экологическим требованиям и способствует переходу к более устойчивым технологиям в холодильной технике.

Отдельного внимания заслуживает учет географических и климатических условий при выборе и эксплуатации холодильного оборудования. В регионах с высокой температурой окружающей среды целесообразно использование испарительных конденсаторов, позволяющих снизить температуру конденсации и повысить эффективность работы системы. В более холодных климатических условиях возможно применение систем свободного охлаждения, позволяющих использовать низкую температуру окружающей среды для снижения нагрузки на компрессор и уменьшения энергопотребления. Дополнительно может применяться комбинирование различных схем охлаждения в зависимости от сезона. Таким образом, адаптация холодильных установок к конкретным климатическим условиям позволяет значительно повысить их энергоэффективность и снизить эксплуатационные затраты.

Одним из перспективных направлений повышения энергоэффективности является утилизация тепловой энергии, выделяемой холодильными установками. Значительная часть потребляемой электроэнергии преобразуется в тепло, которое в традиционных системах рассеивается в окружающую среду. Однако при рациональной организации системы это тепло может быть использовано для нагрева воды, отопления помещений или технологических нужд предприятия, что позволяет существенно повысить общий коэффициент использования энергии. В ряде случаев доля утилизируемой тепловой энергии может достигать значительных значений, что делает данный подход экономически целесообразным и способствует снижению нагрузки на энергетическую инфраструктуру предприятия.

Анализ современных методов повышения энергоэффективности показал, что наибольший эффект достигается при комплексном подходе, включающем модернизацию оборудования, применение частотных преобразователей, использование современных хладагентов и внедрение систем утилизации тепловой энергии. Дополнительным направлением является внедрение автоматизированных систем мониторинга и управления, позволяющих оптимизировать работу оборудования в реальном времени, снижать энергопотребление и повышать надежность эксплуатации. Реализация данных мероприятий позволяет существенно снизить энергозатраты и повысить экономическую эффективность эксплуатации холодильных установок.

Перспективы дальнейших исследований связаны с развитием интеллектуальных систем управления, основанных на цифровых технологиях, включая использование алгоритмов машинного обучения для прогнозирования нагрузок и оптимизации режимов работы. Также актуальным направлением является разработка новых типов хладагентов с улучшенными экологическими и энергетическими характеристиками, а также совершенствование конструкций холодильных машин с целью минимизации энергетических потерь и повышения их общей эффективности.

Таким образом, проведенное исследование позволило установить, что энергоэффективность холодильных установок определяется совокупностью факторов, включая конструктивные особенности оборудования, параметры рабочего цикла и условия эксплуатации. Наиболее значительное влияние на энергопотребление оказывают температура окружающей среды, техническое состояние оборудования, эффективность систем управления и правильность настройки режимов работы.

Список литературы

1. Архаров, А. М. Холодильная техника и технология : учебник для вузов / А. М. Архаров, И. А. Архаров. — Москва : Академия, 2020. — 304 с.

2. Dincer, I. Refrigeration systems and applications / I. Dincer, M. A. Rosen. — 3rd ed. — Chichester: John Wiley & Sons, 2017. — 704 p.

3. ASHRAE Handbook. Refrigeration. — Atlanta: ASHRAE, 2022. — 1800 p.

4. Aprea, C. Energy performance evaluation of different refrigeration systems / C. Aprea, A. Greco // Applied Thermal Engineering. — 2019. — Vol. 29. — P. 199–205.

5. Calm, J. M. The next generation of refrigerants: historical review, considerations, and outlook / J. M. Calm // International Journal of Refrigeration. — 2018. — Vol. 31. — P. 1123–1133.

УДК 621.865

М.И. Алиев, С.В. Резников
И. Раззаков атындагы КМТУ филиалы, Кара-Балта шаары, Кыргыз Республикасы.
Филиал КГТУ им. И.Раззакова, г. Кара-Балта, Кыргызская Республика

M.I. Aliev, S.V. Reznikov
Branch of KSTU named after I. Razzakov, Kara-Balta city, Kyrgyz Republic

АНАЛИЗ И ВЫБОР СХЕМЫ КРЕПЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРА С МЕХАНИЗМОМ ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНО-РЕМОНТНЫХ РАБОТ

КУРУЛУШ ЖАНА ОҢДОО ИШТЕРИНДЕ КОЛДОНУЛУУЧУ ӨЗГӨРҮЛМӨ ТҮЗҮЛҮШТҮҮ МЕХАНИЗМГЕ ЭЭ МАНИПУЛЯТОРДУ БЕКИТҮҮ СХЕМАСЫН ТАЛДОО ЖАНА ТАНДОО

ANALYSIS AND SELECTION OF A MOUNTING SCHEME FOR A MANIPULATOR WITH A VARIABLE STRUCTURE MECHANISM FOR CONSTRUCTION AND REPAIR WORKS

Бул макалада курулуш жана оңдоо иштеринде колдонулуучу өзгөрмө түзүлүштөгү манипуляторлордун бекитүү схемасын талдоо жана тандоо маселелери каралат. Кинематикалык схемалардын өзгөчөлүктөрү, туруктуулук жана мобилдүүлүк талаптары, ошондой эле эксплуатация шарттарынын таасири изилденген. Манипуляторлордун ишенимдүүлүгүн жана универсалдуулугун жогорулатуучу рационалдуу комбинирленген бекитүү схемасы негизделген.

Ачкыч сөздөр: *манипулятор, өзгөрмө түзүлүш, бекитүү, туруктуулук, мобилдүүлүк, робототехника, курулуш.*

В статье рассматриваются вопросы анализа и выбора схемы крепления манипулятора с механизмом переменной структуры для строительно-ремонтных работ. Исследованы особенности кинематических схем, требования к устойчивости и мобильности, а также влияние условий эксплуатации на эффективность системы. Обоснована рациональная комбинированная схема крепления, обеспечивающая повышение надёжности и универсальности применения манипуляторов.

Ключевые слова: *манипулятор, переменная структура, крепление, устойчивость, мобильность, робототехника, строительство.*

The article discusses the analysis and selection of a mounting scheme for a manipulator with a variable structure used in construction and repair works. The features of kinematic structures, requirements for stability and mobility, and the influence of operating conditions are examined. A rational combined mounting scheme is substantiated to improve the reliability and versatility of manipulators.

Keywords: *manipulator, variable structure, mounting, stability, mobility, robotics, construction.*

Современное развитие строительной отрасли характеризуется активным внедрением роботизированных и автоматизированных систем, направленных на повышение производительности труда, снижение уровня травматизма и улучшение качества выполняемых работ. Одним из ключевых элементов таких систем являются манипуляторы, представляющие собой механизмы с несколькими степенями свободы, предназначенные для выполнения операций перемещения, монтажа, удержания и обработки различных объектов.

Особую значимость приобретают манипуляторы с механизмами переменной структуры, поскольку они обладают способностью адаптироваться к изменяющимся условиям эксплуатации [1]. В условиях строительной площадки, где характер задач может существенно варьироваться, такие системы позволяют эффективно решать широкий спектр задач без необходимости полной замены оборудования. Однако эффективность работы манипулятора определяется не только его кинематической схемой, но и способом его крепления, который напрямую влияет на устойчивость, точность позиционирования и безопасность эксплуатации.

Задача анализа и выбора рациональной схемы крепления манипулятора с механизмом переменной структуры является актуальной и требует детального научного рассмотрения [1].

Манипуляторы традиционно классифицируются по типу кинематической структуры, включающей последовательные, параллельные и комбинированные схемы. Последовательные манипуляторы характеризуются простотой конструкции и высокой подвижностью, однако их недостатком является снижение жёсткости при увеличении длины кинематической цепи. Параллельные механизмы, напротив, обеспечивают высокую жёсткость и точность за счёт замкнутых кинематических контуров, но обладают ограниченной рабочей зоной.

Механизмы переменной структуры представляют собой более сложные системы, способные изменять конфигурацию кинематических связей в процессе работы. Это может достигаться за счёт включения или отключения отдельных звеньев, изменения типа соединений или перестройки кинематической схемы. В результате достигается возможность адаптации к различным режимам работы, что особенно важно при выполнении строительно-ремонтных операций, отличающихся высокой вариативностью [2].

При проектировании таких систем необходимо учитывать не только кинематические параметры, но и динамические характеристики, включая распределение масс, инерционные

нагрузки и влияние внешних воздействий. В этом контексте схема крепления манипулятора играет важную роль, поскольку она определяет условия передачи нагрузок на основание и влияет на общую устойчивость системы.

Эксплуатация манипуляторов в ремонтно-строительной сфере предъявляет ряд специфических требований, обусловленных особенностями рабочей среды. В первую очередь необходимо обеспечить достаточную грузоподъёмность и радиус действия, позволяющие выполнять операции на значительном удалении от точки установки. Одновременно с этим требуется высокая точность позиционирования, особенно при выполнении монтажных работ [3].

Особое значение имеет устойчивость системы, так как строительные площадки зачастую характеризуются неровной поверхностью, наличием вибраций и переменных нагрузок. В таких условиях неправильно выбранная схема крепления может привести к потере устойчивости, снижению точности и даже аварийным ситуациям.

Важным требованием является мобильность, позволяющая оперативно перемещать манипулятор между объектами или зонами работы. Это особенно актуально при выполнении ремонтных работ, где требуется частая смена рабочего положения оборудования.

Схемы крепления манипуляторов можно классифицировать по типу основания и способу взаимодействия с опорной поверхностью. Наиболее распространёнными являются стационарные, мобильные и подвесные схемы.

Стационарное крепление предполагает жёсткую фиксацию манипулятора на фундаменте или иной неподвижной конструкции. Данное решение обеспечивает максимальную жёсткость и точность, однако ограничивает рабочую зону и не позволяет использовать манипулятор в различных местах без демонтажа.

Мобильные схемы крепления предусматривают установку манипулятора на транспортные средства или самоходные платформы. Это позволяет значительно расширить область применения, однако приводит к снижению устойчивости системы, особенно при работе с большими нагрузками. Для компенсации этого недостатка применяются дополнительные опорные элементы, такие как выносные аутригеры, которые увеличивают площадь опоры и снижают нагрузку на основное шасси.

Подвесные схемы используются в условиях ограниченного пространства или при необходимости работы на высоте. В этом случае манипулятор крепится к несущим конструкциям здания или специальным подвесным системам. Несмотря на преимущества в доступе к труднодоступным зонам, такие схемы требуют сложных систем стабилизации и управления.

При использовании манипуляторов с переменной структурой выбор схемы крепления усложняется необходимостью учитывать изменяющиеся параметры системы. В процессе изменения конфигурации может происходить перераспределение масс и нагрузок, что влияет на положение центра тяжести и устойчивость.

В связи с этим схема крепления должна обеспечивать возможность адаптации к различным режимам работы. Это достигается за счёт применения регулируемых опор, систем автоматической стабилизации и модульных конструктивных решений. Важным фактором является также обеспечение достаточной жёсткости соединения между манипулятором и основанием при сохранении возможности быстрого изменения конфигурации.

Кинематическая схема манипулятора приведена на рис. 1.

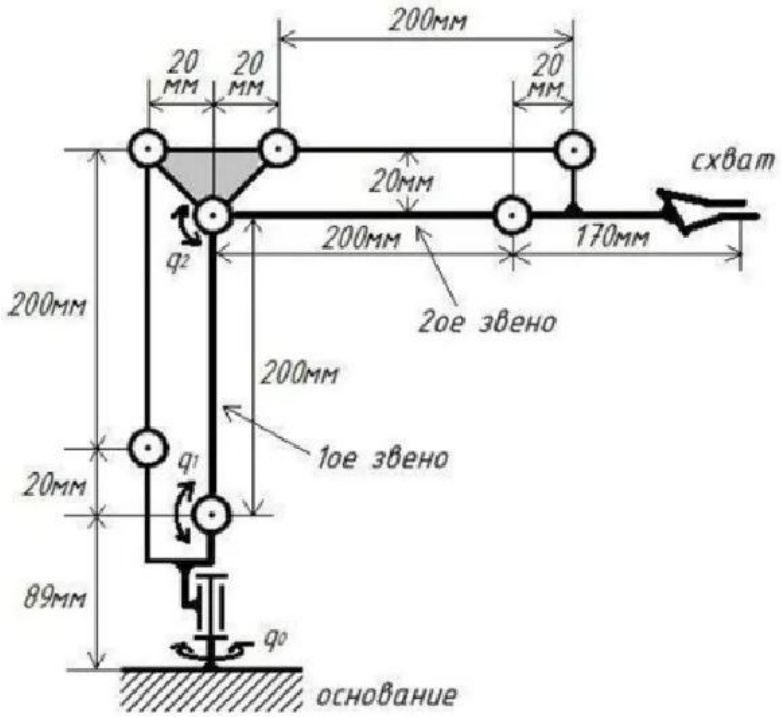


Рисунок 1 - Кинематическая схема манипулятора для ремонтно-строительных работ

Необходимо учитывать и динамические эффекты, возникающие при перемещении звеньев манипулятора. При резких изменениях положения или скорости могут возникать значительные инерционные нагрузки, которые передаются на основание. Поэтому схема крепления должна обеспечивать эффективное демпфирование и распределение этих нагрузок.

Проведённый анализ показывает, что наилучшим решением для строительно-ремонтных работ является комбинированная схема крепления, сочетающая мобильную базу с системой выносных опор. [2] Такая схема позволяет объединить преимущества мобильности и устойчивости, обеспечивая возможность работы в различных условиях без значительного снижения точности.

Использование выносных опор позволяет увеличить площадь опоры и снизить нагрузку на основное основание, что особенно важно при работе с тяжёлыми грузами или на неровной поверхности. При этом мобильная база обеспечивает возможность быстрого перемещения манипулятора между рабочими зонами.

Дополнительным преимуществом является возможность интеграции систем автоматической стабилизации, которые регулируют положение опор в зависимости от текущих условий и конфигурации манипулятора. Это особенно важно для механизмов переменной структуры, где параметры системы могут изменяться в процессе работы.

В настоящее время исследования в области роботизированных манипуляторов активно ведутся в различных научных учреждениях и инженерных центрах. В частности, в Инженерной академии Кыргызской Республики также проводятся научно-исследовательские работы, направленные на разработку современных робототехнических систем для строительной отрасли, включая манипуляторы с адаптивной кинематикой и механизмами переменной структуры, что свидетельствует о высокой актуальности данной тематики и её практической значимости для региона.

Перспективным направлением является внедрение интеллектуальных систем управления, использующих методы искусственного интеллекта для оптимизации работы манипуляторов. Это позволит повысить точность, снизить энергопотребление и обеспечить более эффективное взаимодействие с окружающей средой.

Анализ показал, что выбор схемы крепления манипулятора является одним из ключевых факторов, определяющих эффективность его применения в строительно-ремонтных работах. Особенности механизмов переменной структуры требуют применения адаптивных и

универсальных решений, способных учитывать изменение параметров системы в процессе эксплуатации.

Наиболее рациональным вариантом является комбинированная схема крепления, обеспечивающая баланс между мобильностью и устойчивостью. Дальнейшее развитие данного направления связано с совершенствованием конструктивных решений, внедрением интеллектуальных систем управления и расширением функциональных возможностей манипуляторов.

Список литературы

1. Абдраимов С., Джуматаев М. С. «Шарнирно-рычажные механизмы переменной структуры». Бишкек: Илим, 1993-166с [1].

2. Смирнов А. А. «Ручные машины для строительных работ» - Ч. 2. – М.: Стройизд, 1989. – 239с [2].

3. Бутовченко М. Г. «Строительные машины и оборудование». – М.: Высшая школа, 1991 г.

4. Анурьев В. И. «Справочник конструктора машиностроителя». – М.: Машиностроение, 1978. – Т. 1, 2, 3.

5. ГОСТ Р 51246-99 Перфораторы пневматические переносные. Технические требования и методы испытаний [3].

УДК 621.9.048

М.И. Алиев, В.В. Анциферов

И. Раззаков атындагы КМТУ филиалы, Кара-Балта шаары, Кыргыз Республикасы.

Филиал КГТУ им. И.Раззакова, г. Кара-Балта, Кыргызская Республика

M.I. Aliev, V.V. Antsiferov

Branch of KSTU named after I. Razzakov, Kara-Balta city, Kyrgyz Republic

ӨЗГӨРҮЛМӨ ТҮЗҮЛҮШТҮҮ МЕХАНИЗМГЕ ЭЭ СОККУ БЕРҮҮЧҮ МАШИНАЛАРДЫ ТҮЗҮҮ БОЮНЧА ИШТЕП ЧЫГУУЛАР

РАЗРАБОТКИ ПО СОЗДАНИЮ УДАРНЫХ МАШИН С МЕХАНИЗМОМ ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ

DEVELOPMENTS IN THE CREATION OF IMPACT MACHINES WITH A VARIABLE STRUCTURE MECHANISM

Бул макалада Кыргыз Республикасынын Инженердик академиясынын окумуштуулары тарабынан иштелип чыккан өзгөрмө түзүлүштөгү сокку берүүчү машиналар каралат. Конструкциялык өзгөчөлүктөрү, иштөө принциптери жана адаптивдүү механизмдердин артыкчылыктары талданган. Машиналардын натыйжалуулугун, ишенимдүүлүгүн жана энергия кайтарымын жогорулатуу, ошондой эле курулуш жана тоо-кен тармагында колдонуу мүмкүнчүлүктөрү көрсөтүлгөн.

Ачкыч сөздөр: *сокку берүүчү машиналар, өзгөрмө түзүлүш, механизм, натыйжалуулук, ишенимдүүлүк, энергия, курулуш.*

В статье рассматриваются разработки ученых Инженерной академии Кыргызской Республики в области создания ударных машин с механизмом переменной структуры. Проанализированы конструктивные особенности, принципы работы и преимущества адаптивных механизмов. Особое внимание уделено повышению эффективности, надёжности

и энергоотдачи машин, а также расширению их применения в строительстве и горной промышленности.

Ключевые слова: *ударные машины, переменная структура, механизм, эффективность, надёжность, энергия удара, строительство*

The article presents developments by scientists of the Engineering Academy of the Kyrgyz Republic in the field of impact machines with variable structure mechanisms. The design features, operating principles, and advantages of adaptive mechanisms are analyzed. Special attention is given to improving efficiency, reliability, and impact energy, as well as expanding applications in construction and mining industries.

Keywords: *impact machines, variable structure, mechanism, efficiency, reliability, impact energy, construction*

Современное развитие ремонтно-строительной и горнодобывающей отраслей требует внедрения высокоэффективных машин и механизмов, способных обеспечивать высокую производительность при одновременном снижении энергозатрат и повышении надёжности оборудования. Особое место среди таких технических средств занимают ударные машины, широко применяемые при разрушении горных пород, бетона, асфальта, реконструкции зданий и сооружений и других твёрдых материалов.

Традиционные ударные машины, несмотря на широкое распространение, обладают рядом существенных недостатков, среди которых можно выделить ограниченную адаптивность к изменяющимся условиям работы, значительные динамические нагрузки на конструкцию, а также сравнительно низкую энергоэффективность. В связи с этим актуальным направлением научных исследований является разработка ударных машин с механизмом переменной структуры, способных изменять свои параметры в процессе работы.

Значительный вклад в развитие данного направления вносят сотрудники Инженерной академии КР и Института машиноведения НАН КР, где ведутся научные исследования, направленные на создание новых типов ударных машин с механизмами переменной структуры (МПС), обладающих улучшенными эксплуатационными характеристиками [2].

В последние годы учёными Инженерной академии КР и Института машиноведения НАН КР созданы ряд моделей ударных машин, начиная ручных перфораторов, отбойных молотков и гидравлических молотов с различными энергиями ударов. В качестве привода этих ударных машин применены электродвигатели, гидравлические и пневматические приводы. Эти ударные машины прошли лабораторные и промышленные испытания, активно применяются на производстве в дорожно-строительных работах, реконструкции зданий и сооружений и т.д.

Созданные на основе МПС ударные машины имеют простую конструкцию, детали просты при изготовлении на металлорежущих станках [3]. Конструкция ручных ударных машин состоит из кривошипа, шатуна и коромысла – бойка [1].

Структурная схема шарнирно-четырехзвенного механизма показана на рис. 1.

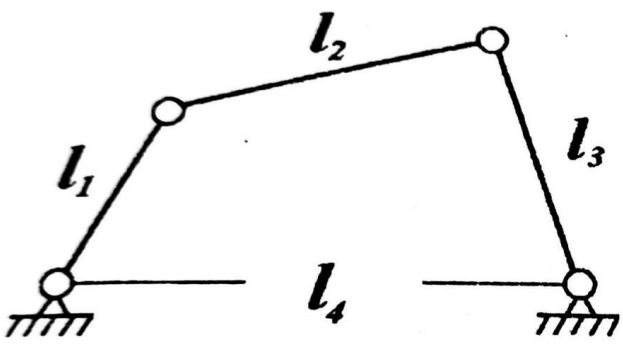


Рисунок 1 - Структурная схема шарнирно-четырехзвенного механизма

Ударные машины представляют собой устройства, в которых энергия накапливается и затем передаётся рабочему органу в виде кратковременного импульса. Основными элементами таких машин являются источник энергии, накопитель энергии, ударный механизм и рабочий инструмент.

В классических конструкциях параметры ударного процесса, такие как энергия удара, частота и амплитуда движения, являются фиксированными или регулируются в узких пределах. Это ограничивает эффективность применения машин в условиях, где свойства обрабатываемого материала могут существенно изменяться.

Механизм переменной структуры позволяет изменять кинематическую схему машины в процессе её работы. Это достигается за счёт использования переключаемых кинематических связей, регулируемых элементов и адаптивных приводов. В результате машина может изменять режим работы в зависимости от внешних условий, обеспечивая оптимальное соотношение между энергией удара и частотой воздействия [5].

С точки зрения теории механизмов и машин, такие системы относятся к классу структурно-перестраиваемых механизмов, в которых изменяется число степеней свободы или характер связей между звеньями. Это позволяет существенно расширить функциональные возможности машины [6].

В Инженерной академии Кыргызской Республики исследования в области ударных машин с механизмом переменной структуры ведутся по нескольким ключевым направлениям.

Одним из основных направлений является разработка ударных механизмов с МПС, способных изменять параметры удара в зависимости от сопротивления среды. Это позволяет повысить эффективность разрушения материалов различной прочности без необходимости ручной перенастройки оборудования.

Другим важным направлением является создание энергоэффективных систем накопления и передачи энергии. В частности, разрабатываются конструкции, в которых энергия аккумулируется с минимальными потерями и передаётся рабочему органу с максимальной эффективностью. Это достигается за счёт оптимизации кинематических схем и применения современных материалов [5].

Также значительное внимание уделяется снижению динамических нагрузок на элементы конструкции. Использование механизмов переменной структуры позволяет перераспределять нагрузки и уменьшать вибрации, что способствует увеличению срока службы оборудования.

Разрабатываемые ударные машины отличаются рядом конструктивных особенностей, обусловленных использованием механизмов переменной структуры.

Одной из таких особенностей является наличие регулируемых кинематических цепей, позволяющих изменять траекторию и скорость движения ударного элемента [5]. Это обеспечивает возможность адаптации машины к различным режимам работы.

Другой важной особенностью является применение модульного принципа построения, при котором отдельные элементы машины могут заменяться или перенастраиваться в зависимости от конкретной задачи. Это повышает универсальность оборудования и упрощает его обслуживание.

Кроме того, в конструкциях широко используются системы автоматического управления, позволяющие в реальном времени изменять параметры работы машины на основе данных о текущем состоянии процесса.

Использование механизмов переменной структуры обеспечивает ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционными решениями.

Прежде всего, повышается эффективность разрушения материалов за счёт оптимизации параметров ударного процесса. Машина способна автоматически подстраиваться под свойства обрабатываемой среды, что позволяет достигать максимальной производительности.

Кроме того, снижается уровень энергопотребления, так как энергия используется более рационально. Это особенно важно в условиях ограниченных энергетических ресурсов или при работе в удалённых районах.

Также повышается надёжность оборудования, поскольку уменьшаются динамические нагрузки и износ элементов конструкции. Это приводит к снижению затрат на техническое обслуживание и ремонт.

Разработанные ударные машины могут эффективно применяться в различных отраслях. В строительстве они используются для демонтажа зданий, разрушения бетонных конструкций и подготовки строительных площадок.

В горнодобывающей промышленности такие машины применяются для разрушения горных пород, проходки выработок и добычи полезных ископаемых. Благодаря адаптивности они могут эффективно работать в условиях изменяющихся характеристик породы.

Кроме того, ударные машины с механизмом переменной структуры могут использоваться в дорожном строительстве, коммунальном хозяйстве и других областях, где требуется разрушение твёрдых материалов.

Перспективы дальнейшего развития ударных машин с механизмом переменной структуры связаны с внедрением современных технологий управления и материаловедения.

Одним из ключевых направлений является использование интеллектуальных систем управления, основанных на методах искусственного интеллекта. Это позволит автоматизировать процесс выбора оптимального режима работы и повысить эффективность использования оборудования.

Также перспективным является применение новых материалов с улучшенными прочностными и демпфирующими свойствами, что позволит увеличить срок службы машин и снизить уровень вибраций.

Таким образом, разработки ученых Инженерной академии Кыргызской Республики в области создания ударных машин с механизмом переменной структуры представляют собой важное направление развития современной инженерной науки. Использование адаптивных механизмов позволяет существенно повысить эффективность, надёжность и универсальность оборудования.

Внедрение таких машин в практику ремонтно-строительных и горнодобывающих работ будет способствовать повышению производительности, снижению затрат и улучшению условий труда. Дальнейшие исследования в данной области имеют значительный потенциал и могут привести к созданию принципиально новых типов машин, отвечающих требованиям современного производства.

Список литературы

1. Алимов О.Д., Манжосов В.К.,Филиповский В.П. Механические импульсные генераторы с шарнирно-рычажным захватывающим устройством. — Фрунзе: Илим,1975. — 148 с.

2. Алимов О.Д., Абдраимов С. Основы теории прессов с механизмами переменной структуры (на примере создания прессов УСТА). ДСП. — Фрунзе: Илим,1988. — 294 с.

3. Абдраимов С., Джуматаев М.С. Шарнирно-рычажные механизмы переменной структуры. — Бишкек: Илим,1993. — 179 с.

4. Джуматаев М.С., Абдрахманов И.А., Уркунов З.А. Шарнирно-рычажные ударные механизмы с кинематической развязкой ударного узла. — Бишкек: Илим,2007. — 85 с.

5. Джуматаев М.С., Каримбаев Т.Т., Баялиев А.Ж. Ударные механизмы с разделяющимся бойком. — Бишкек: Илим, 2015. — 137 с.

6. Джуматаев М.С., Каримбаев Т.Т., Уркунов З.А. Исследование двухкривошипно–ползунных ударных механизмов переменной структуры. / Сб. научных трудов Института машиноведения. — Вып. 2. — Бишкек, 2000. — С. 85— 90.

7. Джуматаев М.С., Каримбаев Т.Т., Уркунов З.А., Баялиев А.Ж. Двухкривошипно-ползунный ударный механизм с воздушной подушкой. / Сб. научных трудов Института машиноведения. — Вып. 5. — Бишкек: Илим, 2006. — С. 20—25.

8. Джуматаев М.С., Уркунов З.А., Баялиев А.Ж. Молот с воздушной подушкой. / Сб. научных трудов Института машиноведения. — Вып. 6. — Бишкек: Илим, 2008. — С. 65— 70.

УДК 629.735.33

А.К. Калчороев, Н.Р. Белеков
И. Раззаков атындагы КМТУ филиалы, Кара-Балта шаары, Кыргыз Республикасы.
Филиал КГТУ им. И.Раззакова, г. Кара-Балта, Кыргызская Республика

A.K. Kalchoroev, N.R. Belekov
Branch of KSTU named after I. Razzakov, Kara-Balta city, Kyrgyz Republic

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МАЛОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

ЧАКАН УЧКУЧСУЗ УЧУУЧУ АППАРАТ СИСТЕМАСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ

DEVELOPMENT OF A SMALL UNMANNED AERIAL VEHICLE SYSTEM

Бул иште чакан учкучсуз учуучу аппараттын системасын иштеп чыгуу каралат. Учкучсуз технологиялар тармагындагы учурдагы чечимдерге талдоо жүргүзүлүп, аппараттын конструкциясына жана функционалдык мүмкүнчүлүктөрүнө коюлган негизги талаптар аныкталды. Аппараттык жана программалык бөлүктөрдү камтыган системанын структуралык схемасы иштелип чыгып, башкаруу, навигация жана маалыматтарды берүү маселелери каралды. Учкучсуз учуучу аппараттын иштөөсүнүн натыйжалуулугун, ишенимдүүлүгүн жана автономдуулугун жогорулатууга өзгөчө көңүл бурулду. Иштин жыйынтыктары мониторинг, картография, айыл чарба жана башка тармактарда колдонулушу мүмкүн.

Ачкыч сөздөр: *учуучу аппарат, учкучсуз аппарат, дрон, башкаруу системасы, навигация, автономдуулук, мониторинг.*

В данной работе рассматривается разработка системы малого беспилотного летательного аппарата. Проведен анализ существующих решений в области беспилотных технологий, определены основные требования к конструкции и функциональным возможностям аппарата. Разработана структурная схема системы, включающая аппаратную и программную части, а также рассмотрены вопросы управления, навигации и передачи данных. Особое внимание уделено повышению эффективности, надежности и автономности работы беспилотного летательного аппарата. Результаты работы могут быть использованы в области мониторинга, картографии, сельского хозяйства и других сферах.

Ключевые слова: *беспилотный летательный аппарат, БПЛА, дрон, система управления, навигация, автономность, мониторинг.*

This paper presents the development of a small unmanned aerial vehicle (UAV) system. An analysis of existing solutions in the field of unmanned technologies is carried out, and the main

requirements for the design and functionality of the UAV are defined. A structural scheme of the system, including both hardware and software components, is developed. Issues of control, navigation, and data transmission are also considered. Special attention is paid to improving the efficiency, reliability, and autonomy of the UAV. The results of the study can be applied in monitoring, mapping, agriculture, and other fields.

Key words: *unmanned aerial vehicle, UAV, drone, control system, navigation, autonomy, monitoring.*

В последние годы наблюдается интенсивное развитие технологий беспилотных летательных аппаратов, что обусловлено их широким применением в различных отраслях экономики и промышленности. Малые беспилотные летательные аппараты активно используются в мониторинге территорий, сельском хозяйстве, картографии, строительстве и спасательных операциях. Их применение позволяет существенно сократить затраты, повысить точность наблюдений и снизить риски для человека.

Актуальность данной работы определяется необходимостью создания эффективных, надежных и доступных систем малого беспилотного летательного аппарата, способных функционировать в автономном режиме. Целью исследования является разработка системы малого беспилотного летательного аппарата с учетом современных требований к управлению, навигации и энергоэффективности.

Современные беспилотные летательные аппараты представлены различными типами конструкций, среди которых наиболее распространены аппараты самолетного типа, вертолетного типа и мультикоптеры. Наибольшее распространение получили мультикоптеры благодаря простоте конструкции и высокой устойчивости в полете. Коммерческие решения широко представлены на рынке и обладают высокой функциональностью, однако зачастую характеризуются высокой стоимостью и ограниченной гибкостью настройки.

Существующие открытые платформы позволяют создавать собственные системы управления, однако требуют значительных знаний и времени на разработку. Основными проблемами современных решений являются ограниченная автономность, зависимость от спутниковых систем навигации и сложность адаптации под конкретные задачи. В связи с этим возникает необходимость разработки универсальной системы малого беспилотного летательного аппарата.

Разрабатываемая система должна обеспечивать выполнение автономных полетов, устойчивость в пространстве и передачу данных в реальном времени. Особое внимание уделяется снижению массы конструкции, повышению энергоэффективности и обеспечению надежной работы в различных условиях эксплуатации. Программная часть системы должна включать алгоритмы управления, обработки данных с датчиков и реализации автономных режимов.

Система малого беспилотного летательного аппарата включает аппаратную и программную составляющие. Аппаратная часть состоит из корпуса, электродвигателей, регуляторов скорости, аккумуляторной батареи, полетного контроллера и набора датчиков, включающих гироскоп, акселерометр и GPS-модуль. Программная часть реализует алгоритмы стабилизации, навигации и обработки телеметрической информации. Схема малого беспилотного летательного аппарата показана на рис. 1.

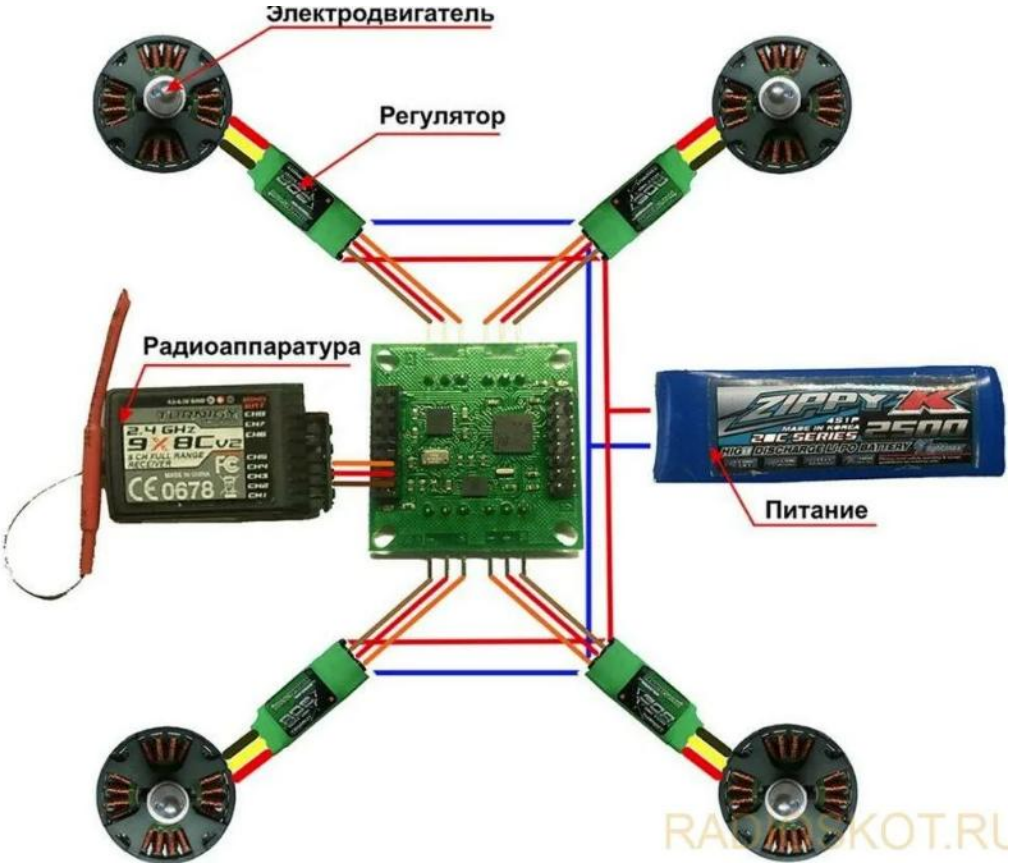


Рисунок 1 - Схема малого БПЛА

Полетный контроллер является центральным элементом системы, обеспечивающим обработку информации и управление исполнительными механизмами. Взаимодействие всех компонентов обеспечивает устойчивый и управляемый полет аппарата.

Управление беспилотным летательным аппаратом осуществляется на основе данных, получаемых с датчиков. Для стабилизации положения аппарата используются гироскоп и акселерометр, которые позволяют определять ориентацию в пространстве. Алгоритмы управления основаны на применении ПИД-регуляторов, обеспечивающих корректировку положения аппарата в режиме реального времени.

Навигация реализуется с использованием спутниковых систем позиционирования. Дополнительно могут применяться инерциальные методы и барометрические датчики для повышения точности. Передача данных осуществляется через радиоканал, что позволяет оператору получать информацию о состоянии аппарата и при необходимости корректировать его действия.

Работа беспилотного летательного аппарата начинается с инициализации системы и калибровки датчиков. После этого осуществляется взлет и переход к выполнению полетного задания. В процессе полета система управления обеспечивает устойчивость, корректирует траекторию движения и предотвращает возникновение аварийных ситуаций. Завершающим этапом является посадка аппарата.

Алгоритмы управления обеспечивают адаптацию к изменяющимся условиям внешней среды и позволяют поддерживать стабильную работу системы.

Одной из важнейших задач является повышение энергоэффективности системы. Это достигается за счет оптимизации конструкции, выбора эффективных компонентов и совершенствования алгоритмов управления. Автономность работы аппарата обеспечивается за счет реализации функций автоматического возврата, планирования маршрута и минимизации энергопотребления.

Разработанная система может использоваться в различных сферах, включая мониторинг территорий, сельское хозяйство, картографирование, охрану объектов и

проведение поисково-спасательных операций. Универсальность системы позволяет адаптировать ее под различные задачи.

В результате проведенного исследования разработана система малого беспилотного летательного аппарата, включающая аппаратные и программные компоненты. Проведен анализ существующих решений и сформулированы требования к системе. Предложенная структура обеспечивает устойчивость, надежность и автономность работы аппарата. Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанной системы в различных отраслях.

Список литературы

1. Дроны и беспилотные летательные аппараты / АПР: агентство промышленного развития Москвы. – Москва, 2020. – 53 с. – URL: https://leader-id.storage.yandexcloud.net/event_doc/436213/648af99336c1a573583773.pdf
2. Каршов, Р. С. Классификация беспилотных летательных аппаратов / Р. С. Каршов // Проблемы Науки. – 2016. – №11 (53). – С. 38-40. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov
3. Ковалёв, М. А. Беспилотные летательные аппараты вертикального взлета: сборка, настройка и программирование : учебное пособие / М. А. Ковалёв, Д. Н. Овакимян. – Самара: Издательство Самарского университета, 2023. – 96 с. – URL: https://repo.ssau.ru/bitstream/Uchebnye-izdaniya/Bespilotnye-letatelnye-apparaty-vertikalnogo-vzleta-sborka-nastroika-i-programmirovanie-107946/1/978-5-7883-2025-0_2023.pdf
4. Моисеев В.С. Беспилотные летательные аппараты: Отечественная история создания и современная классификация. Препринт. – Казань: Редакционно-издательский центр «Школа», 2022. – 40 с. – URL: https://xn----8sbccoat3acurs.xn--p1ai/images/files/Preprint1.PDF
5. Моисеев, В. С. Основы теории эффективного применения беспилотных летательных аппаратов : монография / В. С. Моисеев. – Казань: Редакционно-издательский центр «Школа», 2015. – 444 с. – URL: https://моисеев-бпла.рф/images/files/monography_2.pdf

УДК 629.33

Т.А. Калилов, А.Э. Смадияров

И. Раззаков атындагы КМТУ филиалы, Кара-Балта шаары, Кыргыз Республикасы.

Филиал КГТУ им. И.Раззакова, г. Кара-Балта, Кыргызская Республика

T.A. Kalilov, A.E. Smadiyarov

Branch of KSTU named after I. Razzakov, Kara-Balta city, Kyrgyz Republic

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ХОДОВОЙ ЧАСТИ АВТОМОБИЛЕЙ

АВТОУНААЛАРДЫН ЖҮРҮҮ БӨЛҮГҮН ТЕХНИКАЛЫК ТЕЙЛӨӨНҮ ӨРКҮНДӨТҮҮ

IMPROVEMENT OF MAINTENANCE OF VEHICLE CHASSIS SYSTEMS

Бул макалада автоунаанын жүрүү бөлүгүнүн диагностикасынын заманбап ыкмалары каралат, алардын кемчиликтери талданып, ошондой эле видеокөзөмөлдү, акустикалык сенсорлорду жана жасалма жол шарттарын колдонуу менен техникалык абалды көзөмөлдөөнүн өркүндөтүлгөн ыкмасы сунушталат.

Ачкыч сөздөр: *диагностика, техникалык тейлөө, жүрүү бөлүгү, асма, вибростенд, инновациялар, коопсуздук, ишенимдүүлүк.*

В данной статье рассматриваются современные методы диагностики ходовой части автомобиля, анализируются их недостатки, а также предлагается усовершенствованный метод контроля технического состояния с использованием видеонаблюдения, акустических датчиков и искусственно созданных дорожных условий.

Ключевые слова: *диагностика, техническое обслуживание, ходовая часть, подвеска, вибростенд, инновации, безопасность, надежность.*

This article discusses modern methods for diagnosing vehicle chassis systems, analyzes their shortcomings, and proposes an improved method for monitoring technical condition using video surveillance, acoustic sensors, and artificially created road conditions.

Key words: *diagnostics, maintenance, chassis, suspension, vibration test bench, innovations, safety, reliability.*

Введение. Автомобильная промышленность в настоящее время развивается быстрыми темпами. Современные автомобили становятся более технологичными, сложными и комфортными. В связи с этим возрастает необходимость в качественном техническом обслуживании, особенно ходовой части автомобиля, которая напрямую влияет на безопасность движения.

Ходовая часть обеспечивает устойчивость, управляемость и плавность движения автомобиля. В процессе эксплуатации она подвергается значительным нагрузкам, особенно при движении по неровным дорогам, что приводит к износу деталей и возникновению неисправностей.

Современные методы диагностики ходовой части. На сегодняшний день применяются следующие основные методы диагностики:

1. Визуальный осмотр — позволяет выявить явные повреждения, трещины, износ деталей.

2. Проверка на подъемнике — используется для выявления люфтов, проверки шаровых опор, сайлентблоков и других элементов.

3. Диагностика с помощью вибростенда — один из наиболее точных методов.

Вибростенд имитирует дорожные условия, создавая колебания, и позволяет определить состояние амортизаторов, пружин и других элементов подвески. Этот метод широко применяется на современных станциях технического обслуживания.

Рисунок 1 - Вибростенд

Недостатки существующих методов. Несмотря на широкое применение, существующие методы имеют ряд недостатков:

- высокая стоимость оборудования (особенно вибростендов);
- невозможность полного воспроизведения реальных дорожных условий;
- ограниченность визуального контроля;
- зависимость результата от квалификации специалиста;
- отсутствие возможности записи и последующего анализа работы подвески.

Рисунок 2

Предлагаемый метод совершенствования диагностики. Для повышения эффективности технического обслуживания предлагается внедрение нового метода диагностики ходовой части автомобиля.

Суть метода заключается в следующем:

1. Установка видеокамер под днищем автомобиля, направленных на элементы подвески.
2. Установка чувствительных микрофонов на каждое колесо для фиксации посторонних шумов и вибраций.
3. Создание искусственного диагностического участка (неровности, ямы, препятствия).
4. Проезд автомобиля через данный участок.
5. Запись видео и аудио данных.
6. Последующий анализ полученной информации.

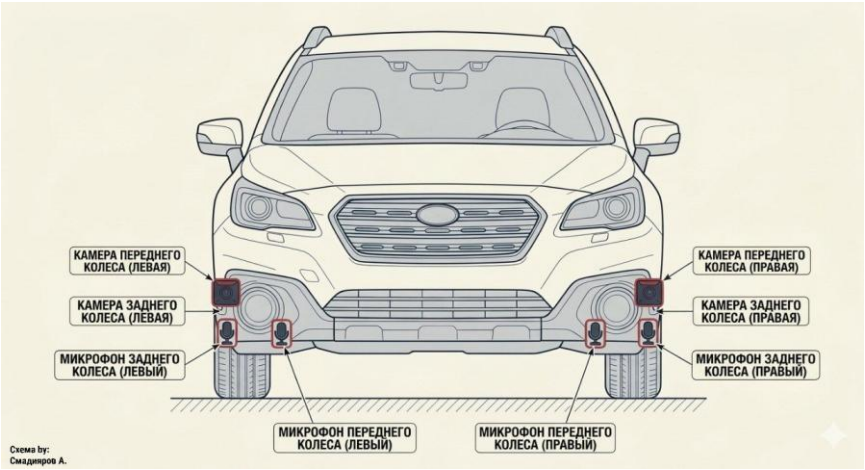


Рисунок 3

Преимущества предлагаемого метода. Данный метод имеет ряд преимуществ:

- позволяет наблюдать работу ходовой части в реальных условиях;
- выявляет скрытые дефекты, которые невозможно определить статическими методами;
- дает возможность записи и повторного анализа;
- повышает точность диагностики;
- может быть реализован при сравнительно невысоких затратах.

Кроме того, данный метод может быть усовершенствован путем использования программного анализа данных, включая элементы искусственного интеллекта для автоматического выявления неисправностей.

Практическое применение. Предлагаемый метод может применяться:

- на станциях технического обслуживания;
- в учебных заведениях для подготовки специалистов;
- в исследовательских целях;
- при тестировании автомобилей после ремонта.

Заключение.Таким образом, совершенствование технического обслуживания ходовой части автомобиля является важной задачей в условиях развития автомобильной отрасли. Предложенный метод диагностики позволяет значительно повысить качество обслуживания, снизить вероятность ошибок и повысить безопасность эксплуатации автомобилей.

Список литературы

1. Анохин, В. И. Отечественные автомобили : учебник / В. И. Анохин. – М. : Машиностроение, 1964. – 720 с.
2. Туревский, И. С. Техническое обслуживание автомобилей. Книга 1 : учебное пособие / И. С. Туревский. – М. : Форум : Инфра-М, 2005. – 432 с.
3. Крамаренко, Г. В. Техническое обслуживание автомобилей : учебник для вузов / Г. В. Крамаренко. – М. : Транспорт, 1982. – 368 с.
4. Дехтеринский, Л. В. Технология ремонта автомобилей : учебник для вузов / Л. В. Дехтеринский. – М. : Транспорт, 1979. – 345 с.

УДК 664.65.05:664.1.053.4

А.К. Кадыкеев, А.Э.Садиева, М. Осмонбек кызы
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A.K. Kadykeev., A.E. Sadieva, M.Osmonbek kyzy
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

ИССЛЕДОВАНИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПЕРЕВОРОТА ИЗДЕЛИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

ТЕХНОЛОГИЯЛЫК ПРОЦЕССТЕРДЕ ПРОДУКЦИЯНЫН АВТОМАТТЫК АЙРЫЛУУ СИСТЕМАСЫН ИЗИЛДӨӨ ЖАНА МАТЕМАТИКАЛЫК МОДЕЛДӨӨ

RESEARCH AND MATHEMATICAL MODELING OF A SYSTEM FOR AUTOMATIC PRODUCT TURNING IN TECHNOLOGICAL PROCESSES

Бул макалада эки тараптуу жылуулук менен иштетүү учурунда продукцияны автоматтык айлантуу системасын иштеп чыгуу жана изилдөө каралат. Пневматикалык дискке негизделген механизм сунушталат. Жүргүзүүчү механизмдин кыймылын математикалык моделдөө жүргүзүлүп, пневматикалык цилиндрлердин негизги параметрлери аныкталат. Изилдөөнүн натыйжалары тамак-аш өнөр жайы үчүн технологиялык жабдууларды түзүүдө, өзгөчө салттуу азыктарды кууруу үчүн колдонулушу мүмкүн.

Ачкыч сөздөр: *автоматика, пневматикалык жетек, боорсок, буюм токары, технологиялык жабдуулар.*

В данном статье рассматривается вопросы разработки и исследование системы автоматического переворота изделий в процессе двухсторонней термической обработки. Предложена конструкция механизма на базе пневматического привода. Выполнено математическое моделирование движения исполнительных органов и определены основные параметры пневмоцилиндров. Результаты исследования могут быть использованы при создании технологического оборудования для пищевой промышленности, в частности для жарки национальных изделий.

Ключевые слова: *автоматизация, пневмопривод, боорсок, переворот изделий, технологическое оборудование.*

This article examines the development and research of a system for automatic product rotation during double-sided heat treatment. A pneumatic drive-based mechanism is proposed. Mathematical modeling of the actuator motion is performed, and the key parameters of the pneumatic cylinders are determined. The research results can be used in the creation of process equipment for the food industry, particularly for frying traditional products.

Key words: *automation, pneumatic drive, boorsok, product turning, technological equipment.*

Введение. Пищевой промышленности нынешнее развитие характеризуется активным внедрением автоматизированных систем или, позволяющих повысить эффективность производства и обеспечить стабильное качество продукции. Особое значение приобретает автоматизация операций, ранее выполняемых вручную, к числу которых относится переворот изделий при жарке, данном работе рассматривается национальная изделия “Боорсок”.

В традиционных технологиях приготовления мучных изделий, таких как боорсок, процесс переворачивания осуществляется в ручную, что приводит к неравномерности обжарки и увеличению трудозатрат. В связи с этим **целью** исследовательской работы является вопросы разработки автоматизированной системы переворота изделий для обеспечения равномерной двухсторонней жарки.

Для достижения поставленной цели решены следующие **задачи:**

- предложена модернизация конструкции автоматического пончикового аппарата, включающая оптимизацию механизма переворота изделий;
- применение пневматической и электрической схем управления для этого процесса;
- выбор и обоснование элементов системы;
- математическое моделирование движения исполнительных механизмов.

В настоящее время в различных отраслях промышленности широко применяются автоматизированные системы, объединяющие механические, пневматические и электронные компоненты в единую систему управления.

Особое распространение получила пневмоавтоматика, что обусловлено рядом её преимуществ:

- высокая скорость срабатывания;
- простота конструкции;
- надёжность эксплуатации;

- удобство управления исполнительными механизмами.

Электропневматические системы находят применение в машиностроении, пищевой промышленности, робототехнике и других областях, постепенно вытесняя традиционные механические решения[5].

Описание системы автоматического переворота. В рамках совершенствования технологического оборудования для производства пончиков и адаптации его к выпуску национального изделия «боорсок» предлагается модернизация базового аппарата с сохранением общего принципа его работы и внедрением усовершенствованного механизма переворота изделий с применением пневматических исполнительных механизмов.

Основные изменения касаются как конструктивных, так и технологических параметров. В частности, на этапе дозирования теста формируются заготовки круглой формы, в отличие от традиционной кольцевидной формы пончиков, что соответствует особенностям технологии приготовления боорсоков. Кроме того, в конструкцию оборудования внедрён автоматический механизм переворачивания изделий, реализованный на базе пневматической системы с электрическим управлением.

Предлагаемая система автоматического переворота включает три пневматических исполнительных механизма: два линейных пневмоцилиндра (вертикального и горизонтального перемещения) и один поворотный пневмоцилиндр. Исполнительный орган выполнен в виде лопатки, обеспечивающей захват и удержание изделия в процессе переворота.

Работа механизма осуществляется последовательно. На первом этапе горизонтальный пневмоцилиндр перемещает лопатку под изделие, находящееся в жарочной ванне. Далее вертикальный цилиндр поднимает изделие над уровнем рабочей среды. После этого поворотный пневмоцилиндр осуществляет переворот изделия на заданный угол. Завершающим этапом является возврат системы в исходное положение для выполнения следующего цикла.

Система управления включает блок подготовки сжатого воздуха, распределители с электромагнитным управлением, датчики положения, оптический датчик наличия изделия и релейные элементы управления. Функционирование осуществляется в автоматическом режиме: при поступлении изделия датчик формирует сигнал, запускающий последовательность срабатывания пневмоцилиндров. Переключение между этапами происходит по сигналам концевых датчиков, что обеспечивает точность и синхронность работы механизмов.

Учитывая, что боорсоки характеризуются меньшей продолжительностью тепловой обработки и более высокой температурой жарочного масла, разработанный механизм переворота обеспечивает более интенсивное и оперативное изменение положения изделий в процессе их перемещения. Это позволяет повысить равномерность обжарки и предотвратить локальный перегрев поверхности.

Транспортирующее устройство обеспечивает непрерывное перемещение изделий вдоль жарочной ванны с заданной скоростью, регулируя время их пребывания в зоне термической обработки. Своевременное переворачивание боорсоков гарантирует равномерную прожарку с обеих сторон, что способствует повышению качества готовой продукции.

Таким образом, предложенная модернизация оборудования с внедрением пневматического механизма переворота и автоматизированной системы управления позволяет реализовать непрерывный циклический процесс без участия оператора, повысить производительность, улучшить качество изделий и обеспечить стабильность технологических режимов при производстве национального изделия «боорсок». Ниже показано автомат пончиковый до модернизации (рис.1). Принцип его работы в целом сохраняется, однако будет внесены конструктивные и технологические изменения. В частности, на этапе дозирования теста формируются заготовки круглой формы, в отличие от традиционной кольцевидной формы пончиков, что соответствует особенностям национального изделия «Боорсок». Кроме того,

будет усовершенствован механизм переворачивания изделий с применением пневматической и электрической схем управления для этого процесса[1].

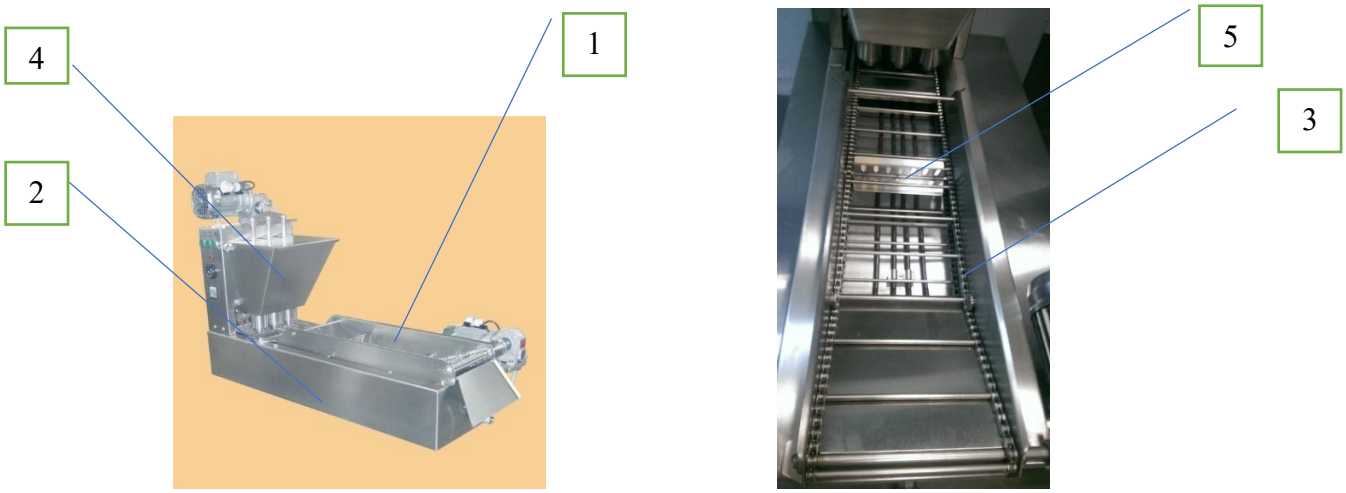


Рисунок 1- Автоматический пончиковый аппарат CHRANMECHANIKA XM3
1-ванна для жарки масла,2-электрические нагревательные элементы, 3-транспортер перемещения изделий,4-устройство подачи тестовых заготовок,5-механизм переворачивания изделий.

В рамках разработки и обоснования эффективности предложенного механизма переворота изделий выполнено математическое моделирование работы пневматического привода, в частности пневмоцилиндра, обеспечивающего перемещение исполнительного органа.

Математическое моделирование системы. Рассмотрим модель движения цилиндра. При перемещении пневмоцилиндру необходимо преодолеть усилие[4]:

$$P = m \cdot f \cdot g$$

Необходимо найти скорость перемещения поршня. Согласно второму закону Ньютона:

$$mx = F_x$$

Для определения скорости перемещения поршня необходимо рассмотреть силы действующие на него:

$$F_x = S_1 \cdot p_1 \cdot S_2 \cdot P_2 - P$$

где S_i – площадь поршня, на которую действует давление p_i.

Причем $S_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}$,

а $S_2 = \frac{\pi d_1^2}{4} - \frac{\pi d_2^2}{4}$

($d_1 = 2d_2$), отсюда получим[4]:

$$F_x = \frac{\pi d_1^2}{4} \cdot p_1 - \left(\frac{\pi d_1^2}{4} - \frac{\pi d_1^2}{16} \right) \cdot p_2 - P$$

$$F_x = \frac{\pi d_1^2}{16} (4p_1 - 3p_2) - P$$

Отсюда найдем скорость разделив данное выражение на массу перемещаемую цилиндром и проинтегрировав его по времени[2]:

$$\dot{x} = \int \frac{F_x}{m} dt = \int \left[\frac{\pi d^2}{16m} (4p_1 - 3p_2) - fg \right] dt$$

т.к. данные параметры не зависят от времени, получим:

$$\dot{x} = \left[\frac{\pi d^2}{16m} (4p_1 - 3p_2) - fg \right] \cdot t$$

Из этого уравнения найдем диаметр и ход поршня пневмоцилиндра:

$$h = \dot{X} \cdot t$$

$$\frac{\pi d^2}{16}(4P_1 - 3P_2) = m \cdot f \cdot g$$

отсюда получаем:

$$d_1 = k_3 \sqrt{\frac{16 \cdot m \cdot f \cdot g}{\pi(4p_1 - 3p_2)}}$$

где $k_з$ – коэффициент запаса.

Заключение. В результате выполненного исследования рассмотрена вопросы разработки автомата для автоматического переворота изделий на основе пневматического привода. Предложенная конструкция обеспечивает автоматизацию процесса двухсторонней жарки и позволяет повысить качество готовой продукции.

Разработанная математическая модель позволяет определить основные параметры системы и может быть использована при проектировании технологического оборудования.

Список литературы

1. Антипин, С.Т. Машины и аппараты пищевых производств : учебник для вузов / С.Т. Антипин, В.Я. Груданов, И.Т. Кретов. — Минск : БГАТУ, 2008. — 420 с.
2. Ивановский Ю.К., Моргунов К.П. Гидравлические и пневматические системы. — СПб.: Лань, 2023. — 400 с.
3. Электропневмоавтоматика в производственных процессах: Учебное пособие; под редакцией Е.В. Пашкова. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Севастополь: издательство СевНТУ, 2003. -496с., ил.
4. Расчет пневмоприводов: Справочное пособие. Е.В. Герц, Г.В. Крейнин. – Москва: «Машиностроение», 1975. -274с.
5. http://www.alternativaspb.ru.
6. http://www.sikom.com.

УДК 662.767.2

Н.А. Абдирашитова, А.М. Дунканаев, Ш.Ш. Борбоев
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУим. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

N.A. Abdirashitova, A.M. Dunkanaev, Sh.Sh. Borboev
Kyrgyz State Technical University n.a. I.Razzakov
Bishkek, Kyrgyz Republic
n.abdyrashitova@kstu.kg, Dunkanaev.am@gmail.com, Shatman@mail.ru

ПРОГНОЗ ПОТРЕБЛЕНИЯ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА В СИСТЕМАХ АВТОНОМНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

КАЛКТУУ КОНУШТАРДЫ АВТОНОМДУУ ГАЗИФИКАЦИЯЛОО ТУТУМДАРЫНДА СУЮЛТУЛГАН ЖАРАТЫЛЫШ ГАЗЫН КЕРЕКТӨӨ ПРОГНОЗУ

FORECASTING LIQUEFIED NATURAL GAS CONSUMPTION IN AUTONOMOUS GASIFICATION SYSTEMS OF SETTLEMENTS

Макалада Кыргызстандын тоолуу рельефинин шартында жаратылыш газын ташуу жана газдаштыруу мүмкүнчүлүктөрүнүн чектөөлөрү талдоого алынган. Автономдуу газдаштыруунун альтернативдүү варианты катары суюлтулган жаратылыш газын (СЖГ) колдонуунун келечеги каралган. Кожолуктардын санына жана аймактардын климаттык өзгөчөлүктөрүнө таянуу менен, республиканын калктуу конуштары үчүн СЖГны жылдык керектөөнүн көлөмүнүн болжолу түзүлдү. Отунга болгон муктаждыктын белгиленген көрсөткүчтөрү автономдуу газ менен камсыздоо системаларынын кубаттуулугун пландаштыруу жана газ жеткирүүнүн логистикалык моделдерин негиздөө үчүн база болуп кызмат кылат.

Ачкыч сөздөр: *автономдуу газ менен камсыздоо, калктуу конуштарды газдаштыруу, суюлтулган жаратылыш газы.*

В статье проанализированы ограничения возможностей газификации и транспортировки природного газа в условиях горного рельефа Кыргызстана. Рассмотрены перспективы использования сжиженного природного газа (СПГ) как альтернативного варианта автономной газификации. На основании приведенного количества домовладений и климатических особенностей регионов сформирован прогноз годового объема потребления СПГ для населенных мест республики. Установленные показатели потребности в топливе служат базой для планирования мощностей систем автономного газоснабжения и обоснования логистических моделей доставки газа.

Ключевые слова: *автономное газоснабжение, газификация населенных пунктов, сжиженный природный газ.*

The article analyzes the limitations of gasification and natural gas transportation within the mountainous terrain of Kyrgyzstan. It examines the prospects of using liquefied natural gas (LNG) as an alternative for autonomous gasification. Based on the number of households and the climatic

characteristics of the regions, a forecast for the annual LNG consumption volume for the republic's settlements has been developed. The established fuel demand indicators serve as a basis for planning the capacity of autonomous gas supply systems and justifying logistics models for gas delivery.

***Keywords**: autonomous gas supply, gasification of inhabited localities, liquefied natural gas.*

Современное состояние энергетического сектора Кыргызской Республики характеризуется глубоким дисбалансом между растущими потребностями населения в качественных энергоносителях и ограниченными возможностями существующей инфраструктуры. В условиях глобального энергетического перехода и стремления к декарбонизации экономик, вопрос обеспечения надежного, экологичного и экономически эффективного тепло- и энергоснабжения регионов Кыргызстана выходит на первый план.

Кыргызская Республика обладает уникальными географическими и климатическими характеристиками. Около 90% территории страны занимают горные хребты, что накладывает существенные ограничения на развитие линейной инфраструктуры. Традиционный метод газификации - прокладка магистральных газопроводов и строительство разветвленных газораспределительных сетей - в условиях высокогорья сопряжен с колоссальными капитальными вложениями, сложными инженерными задачами и длительными сроками окупаемости. Для многих малых и удаленных населенных пунктов в Нарынской, Иссык-Кульской, Баткенской областях сетевой природный газ остается недоступным.

В этом контексте развитие автономного газоснабжения на базе сжиженного природного газа (СПГ) становится не просто альтернативой, а стратегической необходимостью. Автономная газификация позволяет решать социально-экономические задачи точечно, обеспечивая энергетическую независимость отдельных поселков, промышленных объектов и туристических кластеров без привязки к единой трубе.

Генеральная схема газоснабжения и газификации Кыргызской Республики до 2030 года (рис.1), представленная в [1], определяет приоритеты развития магистральных сетей и ключевые зоны покрытия, а также указывает на территории, где актуальны автономные решения.

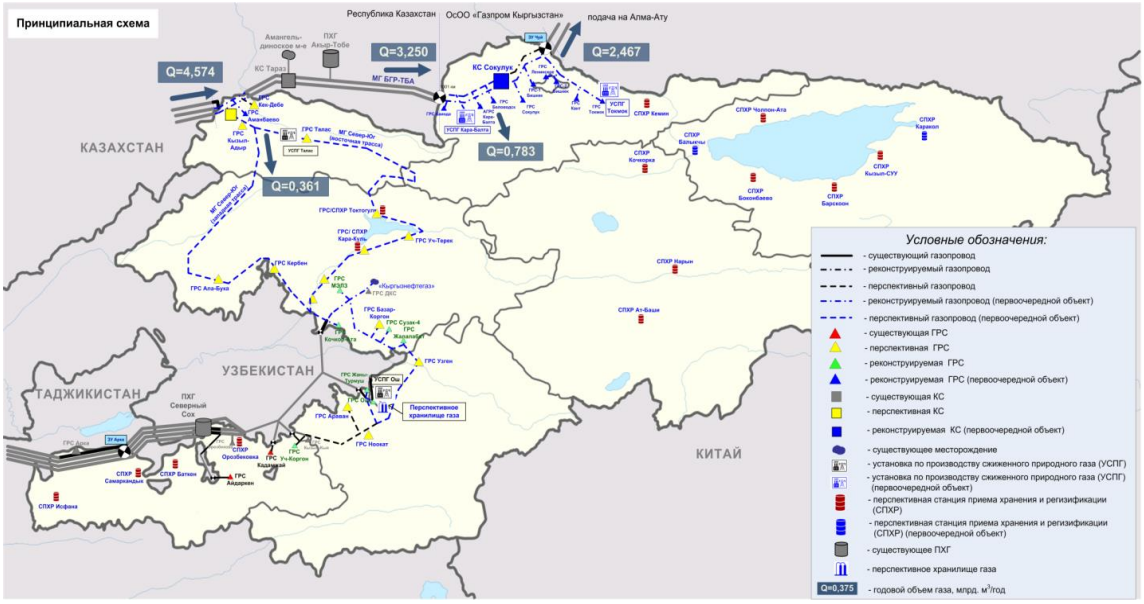


Рисунок 1 - Схема магистральных газопроводов и ключевых объектов газоснабжения КР [1]

Согласно целевым показателям Генеральной схемы газоснабжения и газификации Кыргызской Республики, разработанной ООО «Газпром Кыргызстан», стратегический план развития отрасли предусматривает охват около 400 населенных пунктов. Полномасштабная

реализация данного проекта позволит обеспечить доступ к сетевому топливу для более чем 845 тыс. домохозяйств. Инфраструктурное развитие предполагает строительство масштабной сети трубопроводов совокупной протяженностью свыше 7 150 км (включая межпоселковые и внутрипоселковые линии), что в перспективе должно повысить общий уровень газификации страны до 60%.

На представленных рисунках 2,3 отражена динамика расширения газовой инфраструктуры: от фактического состояния до перспективных значений, предусмотренных стратегическим планом газификации регионов.

Стратегическая концепция газификации Кыргызской Республики предусматривает дифференцированный подход к развитию энергетической инфраструктуры в зависимости от региональных особенностей. Так, для Чуйской, Таласской, Джалал-Абадской, Ошской и Баткенской областей, включая города республиканского значения Бишкек и Ош, приоритетным определен сценарий сетевой газификации, базирующийся на реконструкции и расширении магистральных систем и газораспределительных станций (ГРС).

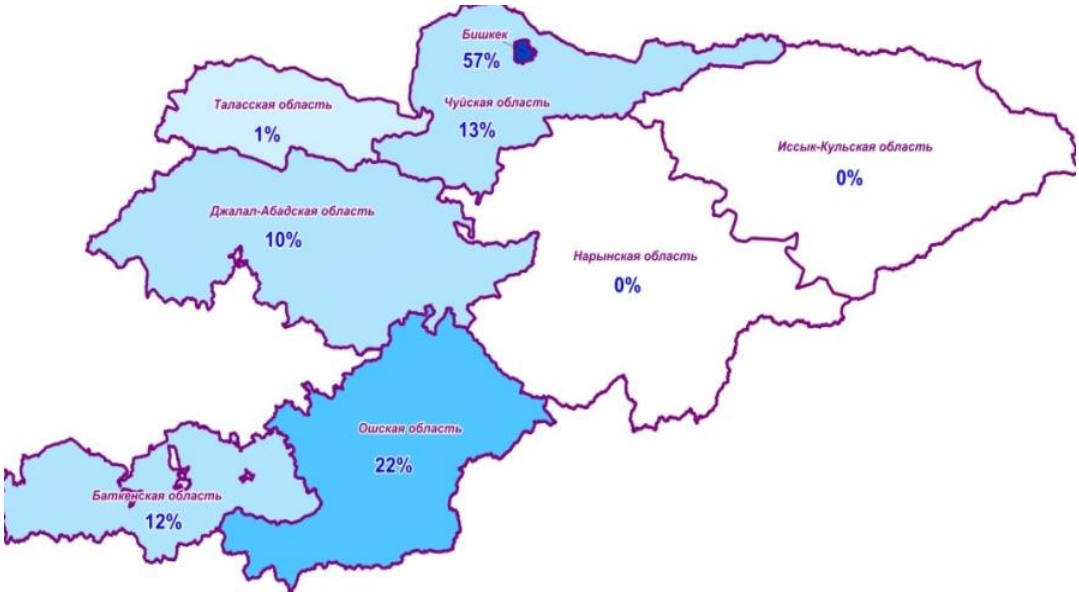


Рисунок 2 - Текущий уровень газификации по областям и городам Республики [1]

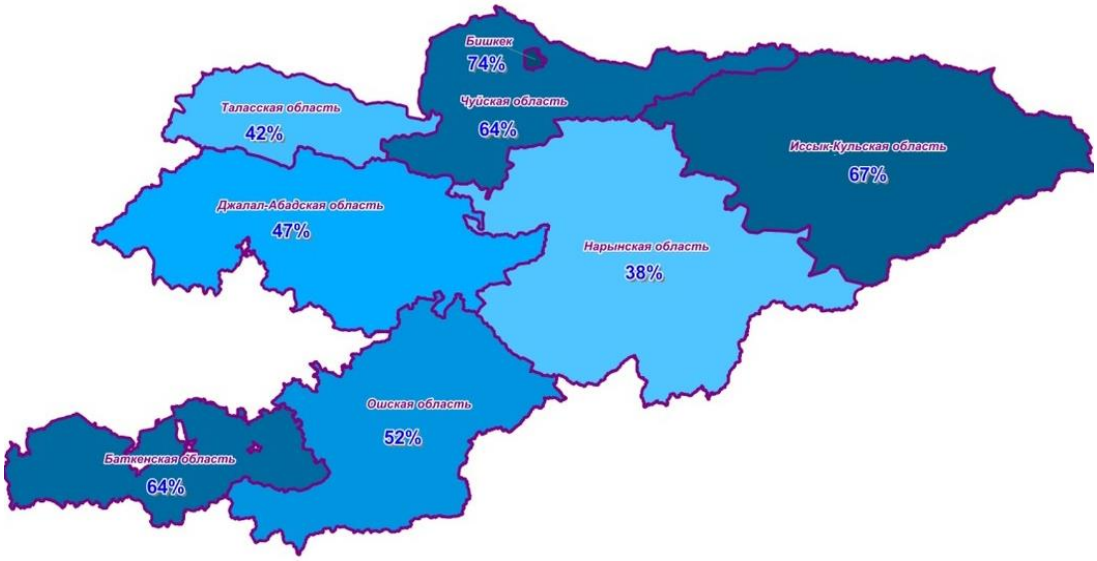


Рисунок 3 - Перспективный уровень газификации [1]

В то же время, ввиду сложной географической доступности и экономической нецелесообразности прокладки трубопроводов, для Иссык-Кульской, Нарынской и ряда районов Баткенской области Генеральной схемой предусмотрено внедрение систем автономного газоснабжения.

Выбор в пользу автономной модели для данных территорий продиктован необходимостью поиска баланса между капитальными затратами и скоростью обеспечения населения энергоресурсами. В этом контексте наиболее перспективной технологией является использование СПГ, который представляет собой метан, охлажденный до температуры –162 °С. Процесс газификации населенного пункта по такой схеме принципиально отличается от традиционной прокладки труб и включает в себя несколько последовательных технологических этапов, образующих единую логистическую цепочку.

Первым этапом является подготовка и сжижение природного газа на специальных малотоннажных заводах (КСПГ), располагаемых в точках подключения к действующим магистральным газопроводам. Природный газ поступает из магистрального газопровода на завод СПГ, где происходит его очистка, обезвоживание, охлаждение, сжижение с последующим хранением в специальных криогенных емкостях.

На втором этапе сжиженный природный газ загружается в специальные криогенные автоцистерны для дальнейшей транспортировки до конечных потребителей. В процессе сжижения объем газа уменьшается примерно в 600 раз, что позволяет эффективно аккумулировать огромную энергию в малых объемах и транспортировать её на значительные расстояния. Такой способ транспортировки позволяет доставлять топливо в горные населенные пункты Иссык-Кульской и Нарынской областей по существующим автомобильным дорогам, полностью исключая необходимость строительства дорогостоящих и экологически уязвимых газопроводов через перевалы.

Третьим, ключевым этапом является функционирование станции приема, хранения и регазификации (СПХР), которая возводится непосредственно на окраине газифицируемого поселка [2]. Транспортируемый криогенными автоцистернами СПГ поступает в систему приема, хранения и регазификации (СПХР), где происходит выгрузка и хранение СПГ для последующего процесса нагревания газа до превращения его в газообразное состояние. Также, происходит редуцирование газа до среднего давления и одоризация. После процесса регазификации СПГ, природный газ поступает по распределительным газопроводам до газорегуляторных пунктов, где происходит редуцирование до низкого давления, необходимого для конечных потребителей.

Завершающим этапом является подача готового природного газа через локальные распределительные сети непосредственно к жилым домам, социальным объектам и котельным.

Теоретическое обоснование преимуществ автономного газоснабжения на базе СПГ требует подкрепления конкретными расчетными данными для оценки масштабируемости технологии в условиях рассматриваемого региона. Переход от общих концепций к количественным показателям позволяет оценить реальную потребность в инфраструктуре и транспортных мощностях.

В качестве исследуемого объекта для детального анализа было выбрано село Бостери, как пример крупного населенного пункта в Иссык-Кульской области с высокой плотностью застройки и выраженной сезонностью нагрузок.

Определение параметров системы автономного газоснабжения (объема резервуарного парка, мощности испарительных установок и интенсивности логистических маршрутов) напрямую зависит от объемов потребления топлива конечными абонентами. В связи с этим, первоочередной задачей проектирования является расчет прогнозируемого годового расхода природного газа для нужд жилого сектора данного населенного пункта.

Ниже представлен расчет годового потребления газа для села Бостери (Иссык-Кульская область).

Для расчета приняты следующие исходные данные:

- количество домовладений (N): 2538 единиц;

- средняя площадь одного домовладения (S): принимаем 100 м² (стандарт для сельской местности);

- продолжительность отопительного периода (n): для Иссык-Кульской котловины в среднем 183–190 суток;

- цели использования газа: пищеприготовление, горячее водоснабжение (ГВС) и отопление.

В соответствии со строительными нормами и правилами (СНиП), средние годовые нормы на 1 человека или 1 м² переводятся в кубометры газа (м^3) [3].

Отопление: Средний расход газа на отопление 1 м² в условиях Кыргызстана составляет примерно 20–25 м^3 за сезон (при использовании современного газового оборудования).

На дом 100 м²: 100×22=2200 м^3/ год.

Пищеприготовление и ГВС: В среднем на одно домовладение (семья из 4-5 человек) уходит около 400–600 м^3 в год.

Средний расход газа на одно домовладение ($q_{год}$): ≈ 2700 - 2800 м^3/год.

Годовой объём газопотребления $V_{год}$ составил [4]:

$$V_{год} = N \times q_{год} \qquad (1)$$

$$V_{год} = 2538 \times 2800 = 7106400 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Полученное значение суммарного годового потребления в объеме 7,1 млн м³ природного газа характеризует потребность населенного пункта в конечном энергоресурсе. Однако, в рамках реализации модели автономного газоснабжения, ключевое значение имеет определение физических объемов топлива в сжиженном состоянии, которое будет транспортироваться от завода-изготовителя до места потребления.

Коэффициент расширения СПГ при регазификации составляет примерно 1:600 [5].

$$V_{СПГ} = V_{год}/600 \qquad (2)$$

Таким образом, объём СПГ составит:

$$V_{СПГ} = 7106400/600 \approx 11844 \text{ м}^3 \text{ жидкого газа в год}.$$

Далее, на основе отработанной методики, проведены расчеты на ряд других населенных пунктов Иссык-Кульской и Нарынской областей. Сводный расчет годового потребления СПГ по регионам представлен в табличной форме (см. табл. 1).

При формировании прогнозных показателей учитывалась региональная дифференциация климатических условий. Для населенных пунктов Иссык-Кульской котловины расчет производился исходя из средней продолжительности отопительного сезона в 183 суток. Для города Нарын, находящегося в зоне высокогорья, расчетный период увеличен до 215 суток, что в сочетании с более низкими расчетными температурами наружного воздуха приводит к росту удельного потребления на 17,8% по сравнению с прибрежными районами. Как видно из Таблицы 1, учет климатического фактора существенно корректирует итоговую потребность: суммарный годовой объем СПГ для рассматриваемых пунктов составляет 160,9 тыс. м³, что требует соответствующего планирования пропускной способности регазификационных установок.

Таблица 1 - Прогнозные показатели годового потребления газа и СПГ населенными пунктами

Населенный пункт	Кол-во домовладений (ед.)	Отопительный период (сут.)	Уд. расход на дом ($м^3$/год)	Годовой объем прир. газа (тыс. $м^3$/год)	Годовой объем СПГ ($м^3$ жидкого газа/год)
г. Балыкчы	11 437	183	2 800	32 023,6	53 372,7
г. Нарын	10 250	215	3 300	33 825,0	56 375,0
г. Чолпон-Ата	6 856	183	2 800	19 196,8	31 994,7
с. Бостери	2 538	183	2 800	7 106,4	11 844,0
с. Бактуу-Долоноту	658	183	2 800	1 842,4	3 070,7
с. Сары-Ой	364	183	2 800	1 019,2	1 698,7
с. Чон-Сары-Ой	334	183	2 800	935,2	1 558,7
с. Кара-Ой	214	183	2 800	599,2	998,7
ИТОГО:	**32 651**	—	—	**96 547,8**	**160 913**

Выводы. Полученные прогнозные значения, представленные в Таблице 1, формируют количественный базис для реализации проектов автономного газоснабжения. Установленные годовые объемы потребления газа (от 1,0 до 56,4 тыс. $м^3$ СПГ в зависимости от масштаба населенного пункта) являются ключевыми исходными параметрами для дальнейшего инженерного проектирования.

Данные показатели позволяют определить необходимую емкость резервуарного парка станций приема, хранения и регазификации (СПХР), а также рассчитать требуемую производительность испарительных установок для покрытия пиковых зимних нагрузок. Кроме того, полученные цифры служат основой для формирования графиков поставок и выбора типа криогенных автоцистерн, обеспечивающих бесперебойную работу системы в условиях автономности. Таким образом, расчет потребности трансформирует теоретическую модель газификации в конкретную проектную базу, адаптированную к нуждам как малых сел, так и крупных городских центров Кыргызстана.

Список литературы

1. Генеральная схема газоснабжения и газификации Кыргызской Республики до 2030 года [Электронный ресурс] // Официальный сайт ОсОО «Газпром Кыргызстан». – URL: gazprom.ru (дата обращения: 21.05.2024).
2. ТР ТС 032/2013. О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением. – М.: Евразийская экономическая комиссия, 2013.
3. СНиП КР 42-01:2002. Газораспределительные системы. – Бишкек: Госстрой КР, 2002. – 56 с.
4. Ионин А. А. Газоснабжение: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1989. – 439 с.
5. Бармин И. В., Кунис И. Д. Сжиженный природный газ вчера, сегодня, завтра / под ред. А. М. Архарова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 256 с.

УДК 622.691.4

Н.М. Жыргалбаева, Ш.Ш. Борбоев, А.М. Дунканаев
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУим. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

N. M. Zhyrgalbaeva, Sh.Sh. Borboev, A.M. Dunkanaev
[1,2,3] Kyrgyz State Technical University n.a. I. Razzakov
Bishkek, Kyrgyz Republic
Dunkanaev.am@gmail.com, Shatman@mail.ru

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ: ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПЕРЕХОДА НА ПОЛИМЕРНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ

ГАЗ БӨЛҮШТҮРҮҮЧҮ ТУТУМДАРДАГЫ РЕСУРСТАРДЫ ҮНӨМДӨӨЧҮ ТЕХНОЛОГИЯЛАР: ПОЛИМЕР ӨТКӨРГҮЧ ТҮТҮКТӨРГӨ ӨТҮҮНҮН ТЕХНИКАЛЫК-ЭКОНОМИКАЛЫК НЕГИЗДЕМЕСИ

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES IN GAS DISTRIBUTION SYSTEMS: TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF TRANSITIONING TO POLYMER PIPELINES

Макалада калктуу конуштун шарттарында газ бөлүштүрүүчү тармактын долбоорун ишке ашыруунун салыштырмалуу техникалык-экономикалык анализи берилген. Изилдөөнүн конкреттүү объектисинин — узундугу 6,4 км болгон төмөнкү басымдагы газ куурунун мисалында салттуу болот түтүктөрү менен ПЭ 100 маркасындагы заманбап полиэтилен түтүктөрүн салыштыруу жүргүзүлдү. Иштин жүрүшүндө курулуш-монтаждоо баскычындагы капиталдык салымдардын түзүмү талдоого алынды жана гидравликалык натыйжалуулукту жана коррозияга каршы коргоо муктаждыгын эске алуу менен жылдык эксплуатациялык чыгымдарга баа берилди.

Ачкыч сөздөр: *газ бөлүштүрүүчү тармактар, полиэтилен түтүктөрү, техникалык-экономикалык негиздеме, капиталдык чыгымдар, эксплуатациялык чыгымдар.*

В статье представлен сравнительный технико-экономический анализ реализации проекта распределительной сети газоснабжения в условиях жилого массива. На примере конкретного объекта исследования — газопровода низкого давления протяженностью 6,4 км — проведено сопоставление традиционных стальных трубопроводов и современных полиэтиленовых аналогов марки ПЭ 100. В ходе работы проанализирована структура капитальных вложений на этапе строительно-монтажных работ и проведена оценка ежегодных операционных затрат с учетом гидравлической эффективности и необходимости противокоррозийной защиты.

Ключевые слова: *газораспределительные сети, полиэтиленовые трубы, технико-экономическое обоснование, капитальные затраты, эксплуатационные расходы.*

The article presents a comparative technical and economic analysis of a gas distribution network project implementation within a residential area. Using a specific research object — a low-pressure gas pipeline with a length of 6.4 km — a comparison is made between traditional steel pipelines and modern polyethylene analogs of the PE 100 grade. In the course of the work, the structure of capital investments at the construction and installation stage was analyzed, and an assessment of annual operating costs was carried out, taking into account hydraulic efficiency and the need for anti-corrosion protection.

***Key words**: gas distribution networks, polyethylene pipes, technical and economic feasibility, capital costs, operating expenses.*

Развитие систем газоснабжения населенных пунктов является приоритетной задачей энергетической инфраструктуры, напрямую влияющей на социально-экономический уровень жизни населения. Традиционно при строительстве распределительных газопроводов использовались стальные трубы, однако их эксплуатация в современных условиях сопряжена с рядом существенных проблем: высокой подверженностью коррозии, необходимостью содержания дорогостоящих систем электрохимической защиты (ЭХЗ) и значительными трудозатратами при монтаже.

В условиях рыночной экономики и ограниченности бюджетных средств критически важным становится поиск технологических решений [1], позволяющих минимизировать не только капитальные вложения на стадии строительства, но и последующие эксплуатационные издержки. Одним из наиболее перспективных направлений является массовое внедрение труб из полиэтилена высокой плотности (марки ПЭ 100) [2].

Целью данной работы является сравнительный технико-экономический анализ проекта газификации жилого массива с использованием традиционных стальных трубопроводов и их современных полиэтиленовых аналогов.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения энергоэффективности и долговечности систем газораспределения при одновременном снижении финансовой нагрузки на бюджеты всех уровней.

Объектом исследования является участок распределительного газопровода системы газоснабжения с. Сокулук Чуйской области. Схема данного участка представлена на рисунке 1.

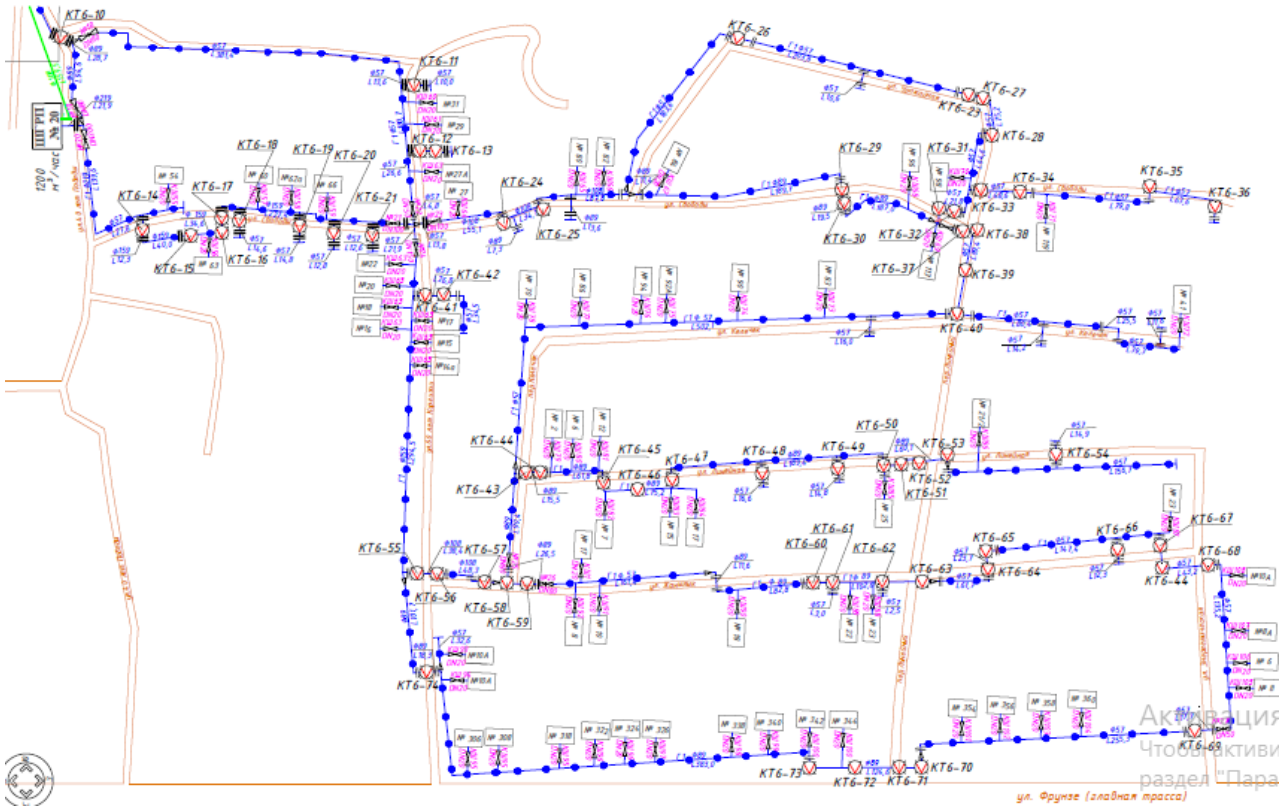


РИсунок 1 - Схема системы газоснабжения исследуемого участка с. Сокулук

Система газоснабжения представляет собой разветвленную сеть газопроводов низкого давления (Г1), предназначенную для транспортировки природного газа к конечным потребителям (жилым домам).

Сеть включает в себя следующие элементы:

1. Источники подачи: шкафной газорегуляторный пункт (ШГРП), обеспечивающий снижение давления до рабочих параметров.
2. Контрольные точки (КТ): в работе анализируется сеть, состоящая из более чем 70 контрольных точек (от КТ6-10 до КТ6-74), которые служат узлами для гидравлического расчета и привязки участков к местности.
3. Запорная арматура: линейная часть оснащена шаровыми кранами (КШ), обеспечивающими возможность секционирования сети при аварийных или ремонтных работах.

Трассировка газопровода выполнена трубами различного диаметра, что обусловлено расчетными расходами газа. На магистральных участках используются трубы диаметром 219, 159, и 89 мм. Распределительные ветки: выполнены трубами диаметром 57 мм. Абонентские вводы: Подключения к жилым домам (например, № 358, № 113, № 83) выполнены трубами с номинальным диаметром 20 мм.

Газораспределительная сеть охватывает жилой массив, ограниченный улицами: Энергетическая, Жанылык, Линейная, Свободы, Урожайная, 60 лет Киргизии, 40 лет Победы и главной трассой по ул. Фрунзе. Общая протяженность исследуемых участков варьируется от коротких вставок (2.5–3 м) до протяженных линий (свыше 500 м).

Для проведения гидравлических расчетов и формирования спецификации материалов вся топология сети была сегментирована по улицам и типам назначения (магистрали, уличные сети, вводы). Детализация проектных решений по каждому участку, включая их протяженность и параметры замены материалов, систематизирована в ведомости объемов работ (табл. 1).

Таблица 1 - Ведомость объемов работ и замена материалов

№ п/п	Участок (улица/ориентир)	Диаметр стали, мм	Длина *L*, м	Диаметр ПЭ, мм	Примечание
1	Магистраль от ШГРП	219	161,5	225	Главный питающий участок
2	ул. Энергетическая / ул. Свободы / ул. 60 лет Киргизии	159	608,8	160	Основные распределительные сети
3	ул. Свободы / ул. 60 лет Киргизии	108	423,2	110	Квартальные сети
4	ул. Линейная / ул. Келечек / ул. Жанылык	89	1895,3	90	Уличные распределительные сети
5	Внутридворовые сети и вводы к домам	57	3308,7	63	Абонентские вводы
	Итого:		6397,5		

Для объективной оценки целесообразности замены материала необходимо рассмотреть технологические особенности монтажа и эксплуатации стальных и полиэтиленовых трубопроводов [1,2]. В таблице 2 приведен качественный сравнительный анализ, который лег в основу последующих экономических расчетов.

Таблица 2 – Качественное сравнение капитальных и эксплуатационных характеристик материалов

№ п/п	Статья расходов	Стальная труба (в изоляции ВУС)	Полиэтиленовая труба (ПЭ 100)
1	Стоимость трубы	Выше (зависит от цен на металл)	Ниже (в среднем на 15-20%)
2	Сварка/Монтаж	Электросварка, рентген-контроль швов	Стыковая сварка (быстрее в 3 раза)
3	Техника	Тяжелые краны, трубоукладчики	Легкие манипуляторы (ПЭ легче в 5-7 раз)
4	Защита	Нужна станция ЭХЗ	Не требуется

Переход от проектирования топологии сети к выбору конкретных технологических решений требует детального финансового анализа. В рамках исследования было проведено сравнение сметной стоимости строительства сети из традиционных стальных труб (с изоляцией ВУС) и современных полиэтиленовых аналогов (ПЭ 100).

Основные расчетные показатели и итоговые затраты по участкам приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Ведомость объемов работ и сравнительный расчет стоимости замены материалов

№ п/п	Наименование (сталь / ПЭ)	Длина, м	Цена сталь (с ВУС и СМР), сом/м	Цена ПЭ (труба и СМР), сом/м	Итого сталь, сом	Итого ПЭ, сом
1	219 мм / 225 мм	161,5	6 800	5 600	1 098 200	904 400
2	159 мм / 160 мм	608,8	4400	3900	2 678 720	2 374 320
3	108 мм / 110 мм	423,2	3 200	2 300	1 354 240	973 360
4	89 мм / 90 мм	1 895,30	2 500	1 700	4 738 250	3 222 010
5	57 мм / 63 мм	3 308,70	2 200	1 300	7 279 140	4 301 310
	Итого:	6397,5			17148550	11775400

Для наглядного сопоставления удельных затрат на строительство трубопроводов из различных материалов была построена диаграмма сравнения (рис. 2).

График наглядно демонстрирует, что преимущество полиэтилена сохраняется на всех исследуемых диаметрах.

Видно, что с уменьшением диаметра трубы (переход от магистралей к абонентским вводам) относительная экономия при использовании ПЭ-труб возрастает [3]. Если на диаметре 219/225 мм разница в цене составляет около 17%, то на малом диаметре 57/63 мм стоимость стального варианта превышает стоимость ПЭ-варианта уже на 41%.

Данная визуализация подтверждает целесообразность массового применения ПЭ-труб именно в распределительных сетях с большой протяженностью малых диаметров, что характерно для газификации жилых массивов.

Для оценки общего инвестиционного эффекта от выбора материала было проведено сравнение итоговой сметной стоимости строительства всей газораспределительной сети [5].

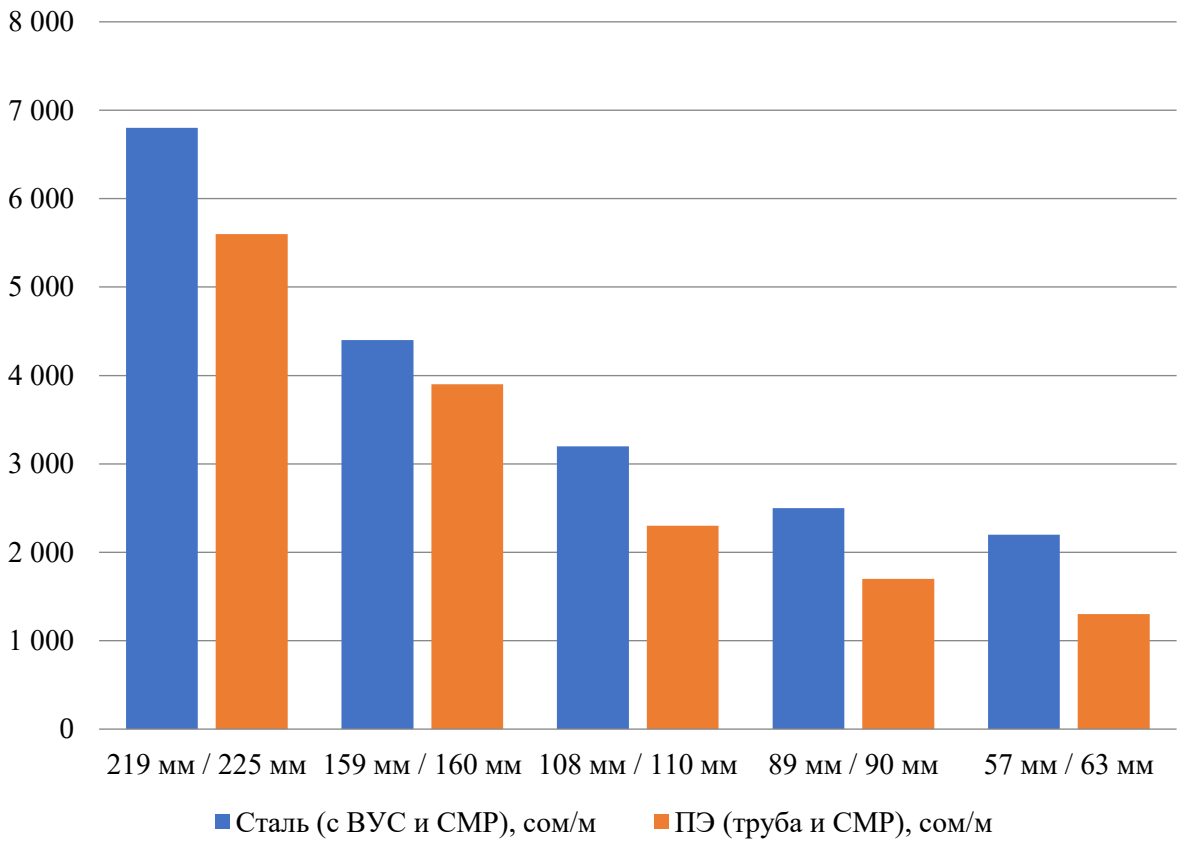


Рисунок 2 - Сравнительная стоимость погонного метра стального и полиэтиленового газопроводов с учетом СМР

Результаты сопоставления представлены на рисунке 3.

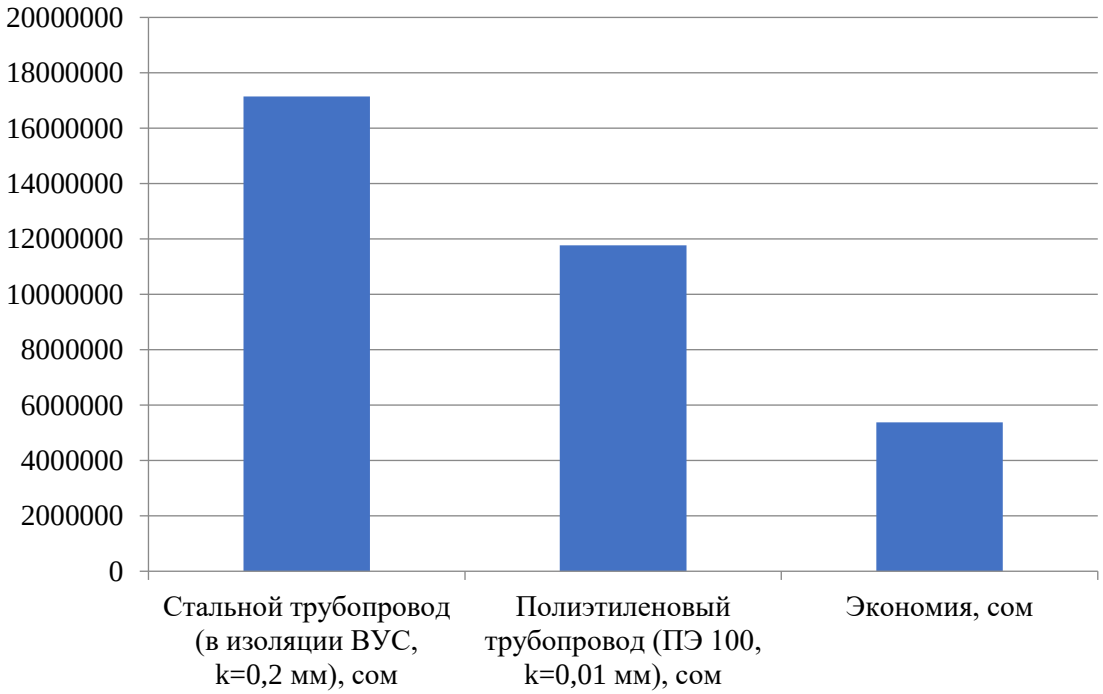


Рисунок 3 - Сравнительный анализ суммарных капитальных затрат на реализацию проекта

Сравнительный анализ ведомости объемов работ показывает, что использование полиэтиленовых труб (ПЭ 100) снижает общую стоимость строительства газопровода

протяженностью 6397,5 м до 11 775 400 сом, что на 31,3% (более 5,3 млн сом) дешевле стального аналога. Применение ПЭ-труб обеспечивает экономию за счет меньшей стоимости материалов, ускоренного монтажа и отсутствия необходимости в электрохимической защите.

Далее для сравнения стальных и ПЭ труб, произведена оценка капитальных и эксплуатационных расходов: стоимость материалов, монтаж и изоляция. Стоит отметить, что ПЭ трубы часто дешевле стальных при закупке (особенно с учетом защиты от коррозии). При монтаже для ПЭ труб не нужны тяжелые краны и электросварка на каждом стыке. Используется стыковая сварка или муфты с закладными нагревателями), что ускоряет работы в 2-3 раза. Кроме этого, сталь требует усиленной изоляции (ВУС), в отличие от ПЭ труб.

Срок службы стальных труб составляет 20-30 лет, ПЭ труб – 50 лет и более. Главным преимуществом ПЭ труб является устойчивость к электрохимической коррозии, поэтому нет необходимости в системе электрохимзащиты (ЭХЗ), которая обязательна для стали. Это главная статья экономии.

Протяженность системы газоснабжения в 6397,5 м стального трубопровода требует огромных затрат на антикоррозийную изоляцию и устройств электрохимзащиты. При переходе на ПЭ эти статьи расходов полностью обнуляются. На 1,8 км трубы диаметром 89 мм при стальном исполнении необходимо выполнить около 200-230 стыковых сварных соединений с обязательным рентген-контролем. Для ПЭ труб используются бухты или терморезисторная сварка, что в 2,5 раза быстрее. Основной экономический эффект будет достигнут за счет отсутсвия необходимости обслуживания станций катодной защиты на протяжении 50 лет.

При выборе материала важно учитывать не только капитальные вложения, но и эксплуатационные расходы, которые возникают в течение всего жизненного цикла газопровода.

В таблице 4 приведен сравнительный анализ затрат с учетом технических особенностей материалов, таких как шероховатость стенок (k), влияющая на гидравлические потери, и необходимость обслуживания систем защиты.

Таблица 4 – Сравнение капитальных и эксплуатационных затрат

№ п/п	Статья расходов	Стальная труба (в изоляции ВУС, k=0,2 мм), сом	Полиэтиленовая труба (ПЭ 100, k=0,01 мм), сом	Экономия, сом
1	Стоимость трубы и СМР	17148550	11775400	5373150
2	ТО и ремонт	Станция ЭХЗ, осмотры, замеры потенциалов, сом/год	Плановые обходы, сом/год	Экономия, сом/год
		280000	40000	240000
3	Гидравлический износ	555000	247000	308000
4	Срок окупаемости, лет			9,8

Визуализация данных (рис. 4) позволяет оценить долгосрочный экономический эффект, который складывается из исключения затрат на антикоррозийную защиту и снижения потерь за счет гладкости стенок полиэтиленовых труб.

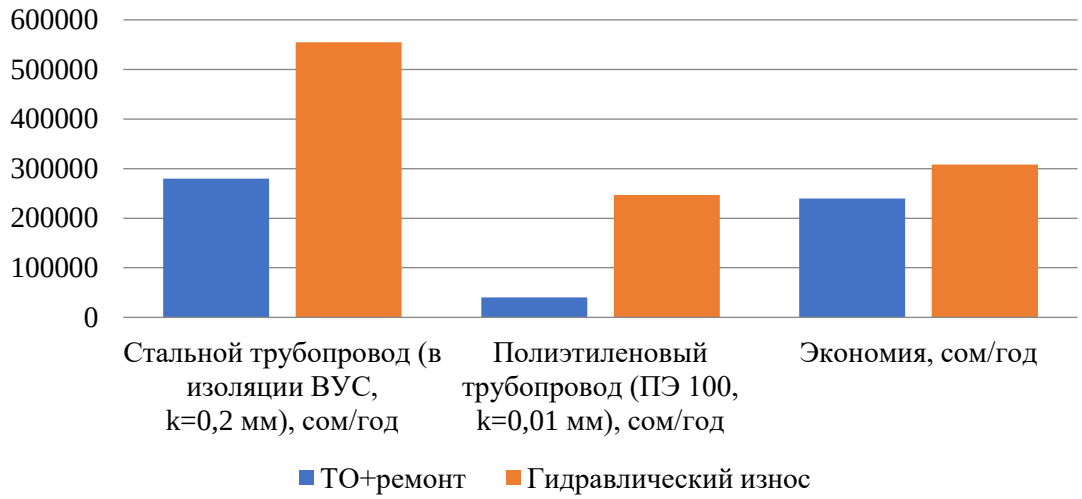


Рисунок 4 - Сравнительный анализ структуры ежегодных эксплуатационных затрат

Выводы и рекомендации. Проведенное исследование позволило комплексно оценить целесообразность модернизации подходов к строительству газораспределительных систем. На основании детального анализа топологии сети и сопоставления технических характеристик материалов можно сделать следующие выводы:

1. использование полиэтилена марки ПЭ 100 позволяет радикально упростить логистику и монтаж за счет малого веса материала (в 5–7 раз легче стали) и возможности отказа от дорогостоящей дефектоскопии и систем электрохимической защиты (ЭХЗ).
2. переход на ПЭ-технологии обеспечивает сокращение общего бюджета строительства на 31,3%, что позволяет достичь прямой экономии в размере 5 373 150 сом на стадии реализации проекта.
3. благодаря минимальной шероховатости стенок ПЭ труб (k=0,01 мм), затраты на компенсацию гидравлического износа снижаются более чем в два раза, а общие эксплуатационные издержки сокращаются на 548 000 сом ежегодно.
4. совокупный финансовый эффект обеспечивает возврат инвестиций в течение 9,8 лет, гарантируя при этом безаварийный срок службы сети более 50 лет.

Высвобождение значительных финансовых ресурсов на этапе СМР открывает возможности для интенсификации газификации региона, позволяя направить сэкономленные средства на подключение новых абонентов и расширение инфраструктуры.

Список литературы

1. СП 62.13330.2011. Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002 (с Изменениями № 1, 2). — М.: Минрегион России, 2011.

2. ГОСТ Р 50838-2009. Трубы из полиэтилена для газопроводов. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2010.

3. Аверкин А. Г., Зерщикова М. А. Сравнительный анализ применения стальных и полиэтиленовых труб при строительстве газопроводов // Научное обозрение. — 2017. — № 12.

4. Григорьев В. А. Ресурсосберегающие технологии в энергетике и газификации: учебное пособие. — СПб.: Лань, 2021.

5. Зайцев И. В. Экономическая эффективность внедрения инновационных материалов в инженерные сети // Экономика строительства. — 2020. — № 4.

УДК 504:-032.1(575.2)

А.Х.Куниев, А.Н. Мурзаканов
И.Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A.Kh.Kuniev, A.N.Murzakanov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
kuniev-a@mail.ru abat.murzakanov@mail.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ КЫРГЫЗСТАНА В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗАЦИИ

УРБАНИЗАЦИЯ ШАРТЫНДА КЫРГЫЗСТАНДЫН ТРАНСПОРТ СИСТЕМАСЫНЫН ЭКОЛОГИЯЛЫК КООПСУЗДУГУ

ENVIRONMENTAL SAFETY OF KYRGYZSTAN'S TRANSPORT SYSTEM IN THE CONTEXT OF URBANIZATION

Бул макалада урбанизация шартында Кыргыз Республикасынын транспорт системасынын экологиялык коопсуздугу каралат. Транспорт каражаттарынын санынын өсүшү шаарлардагы айлана-чөйрөгө жана атмосфералык абанын сапатына тийгизген таасири талданган. Айрыкча Бишкек шаарындагы экологиялык абалга көңүл бурулган, анткени автотранспорт абанын булгануусунун негизги булактарынын бири болуп саналат. Макалада транспорт каражаттарынын саны, зыяндуу заттардын чыгындылары жана алардын айлана-чөйрөгө тийгизген таасири боюнча статистикалык маалыматтар берилген. Транспорт системасынын экологиялык коопсуздугун жогорулатуу боюнча сунуштар иштелип чыккан.

Ачкыч сөздөр: *экологиялык коопсуздук, транспорт системасы, урбанизация, абанын булгануусу, транспорт, экология, Кыргызстан.*

В статье рассматриваются проблемы экологической безопасности транспортной системы Кыргызской Республики в условиях урбанизации. Проанализировано влияние увеличения количества транспортных средств на экологическое состояние городов и качество атмосферного воздуха. Особое внимание уделяется экологической ситуации в городе Бишкек, где автомобильный транспорт является одним из основных источников загрязнения воздуха. В работе приведены статистические данные о количестве транспортных средств, структуре выбросов загрязняющих веществ и их влиянии на окружающую среду. Рассмотрены основные экологические риски, связанные с развитием транспортной инфраструктуры. Предложены меры по повышению экологической безопасности транспортной системы, включая развитие экологически чистого транспорта, модернизацию общественного транспорта и внедрение экологических стандартов.

Ключевые слова: *экологическая безопасность, транспортная система, урбанизация, загрязнение воздуха, транспорт, экология, Кыргызстан.*

The article examines environmental safety issues of the transport system of the Kyrgyz Republic in the context of urbanization. The impact of the increasing number of vehicles on environmental conditions and air quality in urban areas is analyzed. Particular attention is given to the ecological situation in Bishkek, where road transport is one of the main sources of air pollution. Statistical data on the number of vehicles, emission structures, and their environmental impact are presented. The main environmental risks related to the development of transport infrastructure are identified. Measures to improve the environmental safety of the transport system are proposed,

including the development of environmentally friendly transport, modernization of public transport, and the introduction of environmental standards.

Key words: *environmental safety, transport system, urbanization, air pollution, transport, ecology, Kyrgyzstan.*

Введение. В современных условиях урбанизация в Кыргызстане является одним из наиболее значимых социально-экономических процессов, оказывающих влияние на развитие государства и его инфраструктуры. Рост городского населения сопровождается увеличением транспортных потоков и развитием транспортной инфраструктуры.

В Кыргызской Республике урбанизация наиболее заметна в крупных городах, таких как Бишкек и Ош. Увеличение количества автомобилей приводит к росту загрязнения окружающей среды, особенно атмосферного воздуха.

По данным исследований, транспортные выбросы формируют значительную часть загрязнения воздуха в городах Кыргызстана. В летний период автомобильный транспорт может обеспечивать до 46 % концентрации мелких частиц PM2.5 в воздухе.

В связи с этим вопросы экологической безопасности транспортной системы становятся важным направлением государственной экологической политики.

Цель исследования - анализ экологических проблем транспортной системы Кыргызстана в условиях урбанизации и разработка предложений по повышению экологической безопасности.

1.Урбанизация и развитие транспортной системы Кыргызстана

Процесс урбанизации сопровождается ростом числа транспортных средств и увеличением нагрузки на городскую инфраструктуру.

По данным Министерства природных ресурсов Кыргызстана, в 2025 году в стране было зарегистрировано около 1 674 085 автомобилей.

При этом значительная часть транспортных средств является устаревшей. Около 83 % автомобилей старше 15 лет, что существенно увеличивает уровень вредных выбросов.

Рост автопарка является одним из факторов ухудшения экологической ситуации, особенно в крупных городах.

2. Экологическая ситуация в Бишкеке

Бишкек является крупнейшим городом Кыргызстана и центром экономической активности страны. В последние годы экологическая ситуация в столице вызывает серьезную обеспокоенность.

По данным официальных источников, в Бишкеке зарегистрировано более 426 000 автомобилей, из которых большинство имеют большой срок эксплуатации. При этом количество автомобилей в городе значительно превышает пропускную способность дорожной инфраструктуры.

Среднегодовая концентрация мелкодисперсных частиц PM2.5 в Бишкеке составляет около 21,2 мкг/м³, что более чем в четыре раза превышает рекомендуемый норматив Всемирной организации здравоохранения.

Иногда Бишкек входит в список городов с наиболее загрязненным воздухом в мире.

Кроме того, загрязнение воздуха оказывает значительное влияние на здоровье населения и экономику страны.

Таблица 1 - Основные показатели транспортной системы Кыргызстана

Показатель	Значение
Количество автомобилей в Кыргызстане	1,67 млн
Количество автомобилей в Бишкеке	426 тыс
Автомобили старше 15 лет	83%
Средняя концентрация PM2.5	21,2 мкг/м³
Доля транспорта в загрязнении воздуха	около 30%

3. Экологические риски транспортной системы

Развитие транспортной системы сопровождается рядом экологических рисков:
Загрязнение воздуха. Выхлопные газы автомобилей содержат:
- угарный газ (CO);
- оксиды азота (NOx);
- твердые частицы PM2.5;
- углеводороды.

Эти вещества оказывают негативное влияние на здоровье человека.
Парниковый эффект
Транспорт является важным источником выбросов парниковых газов.
Шумовое загрязнение
Рост транспортных потоков приводит к увеличению уровня шума в городах.
Загрязнение почвы и воды
Нефтепродукты и автомобильные отходы могут попадать в окружающую среду.

3. Анализ экологических рисков транспортной системы Кыргызстана. Развитие транспортной системы в условиях урбанизации сопровождается увеличением экологических рисков, оказывающих влияние на состояние окружающей среды и здоровье населения. В Кыргызстане данные риски особенно актуальны для крупных городов, где наблюдается высокая концентрация транспортных потоков.

Одним из основных экологических рисков является загрязнение атмосферного воздуха. Выхлопные газы автомобилей содержат значительное количество вредных веществ, таких как угарный газ, оксиды азота, углеводороды и мелкодисперсные твердые частицы. Эти вещества способны вызывать заболевания дыхательной системы, сердечно-сосудистые болезни и другие негативные последствия для здоровья человека.

Другим важным риском является увеличение выбросов парниковых газов, что способствует усилению глобального изменения климата. Транспортный сектор является одним из основных источников выбросов углекислого газа, особенно в условиях роста автопарка.

Существенную проблему также представляет шумовое загрязнение, возникающее в результате интенсивного движения транспорта. Повышенный уровень шума негативно влияет на психологическое состояние населения и может приводить к различным заболеваниям.

Кроме того, транспорт оказывает влияние на состояние почвы и водных ресурсов. Нефтепродукты, технические жидкости и другие загрязняющие вещества могут попадать в окружающую среду и нарушать экологическое равновесие.

Таким образом, анализ экологических рисков транспортной системы показывает необходимость разработки комплексных мер по снижению негативного воздействия транспорта на окружающую среду.

Экологическая ситуация в Бишкеке. Экологическая ситуация в Бишкек в последние годы вызывает серьёзную обеспокоенность. Столица Кыргызстана регулярно сталкивается с проблемой загрязнения атмосферного воздуха, особенно в зимний период. Основной экологической проблемой города является смог, который образуется из-за выбросов транспорта, отопления и промышленных источников.

Загрязнение атмосферного воздуха

Главным показателем загрязнения воздуха является концентрация мелкодисперсных частиц PM2.5. Эти частицы имеют очень маленький размер и способны проникать глубоко в лёгкие человека, вызывая различные заболевания.

Среднегодовая концентрация PM2.5 в Бишкеке составляет около 21–30 мкг/м³, что значительно превышает рекомендуемый норматив Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), который составляет 5 мкг/м³.

В зимний период ситуация становится ещё хуже: уровень PM2.5 может достигать 80 мкг/м³, а в отдельных районах города — до 150 мкг/м³.

В некоторые дни индекс качества воздуха (AQI) в Бишкеке достигает высоких значений, а концентрация PM2.5 может превышать нормы ВОЗ почти в 10–12 раз.

Основные источники загрязнения. Основными источниками загрязнения воздуха в Бишкеке являются:

- Автомобильный транспорт — большое количество старых автомобилей с высоким уровнем выбросов.
- Отопление углём — в зимний период многие частные дома используют уголь для отопления.
- Промышленные предприятия.
- Пыль и строительные работы.

Особенно сильное загрязнение наблюдается зимой, когда холодная погода и слабый ветер препятствуют рассеиванию загрязняющих веществ.

Влияние на здоровье населения. Загрязнение воздуха оказывает серьёзное влияние на здоровье жителей города. Высокая концентрация мелких частиц в воздухе может приводить к:

- заболеваниям дыхательной системы;
- бронхиальной астме;
- сердечно-сосудистым заболеваниям;
- снижению продолжительности жизни.

Поэтому проблема загрязнения воздуха рассматривается как одна из ключевых экологических угроз для населения города. Динамика загрязнения воздуха в Бишкеке (PM2.5).

Одним из основных показателей загрязнения атмосферного воздуха является концентрация мелкодисперсных частиц PM2.5. Эти частицы образуются в результате выбросов транспорта, сжигания угля при отоплении и промышленной деятельности.

По данным экологического мониторинга и международных исследований качества воздуха, в Бишкеке наблюдаются значительные колебания уровня загрязнения воздуха в разные годы.

Таблица 2 — Динамика загрязнения воздуха PM2.5 в Бишкеке

Год	Средняя концентрация PM2.5 (мкг/м³)
2019	32
2020	35
2021	29
2022	31
2023	27
2024	24
2025	21

Анализ динамики. Анализ данных показывает, что наибольший уровень загрязнения воздуха наблюдался в 2020 году, когда среднегодовая концентрация PM2.5 достигла около 35 мкг/м³. Это значение значительно превышает рекомендуемый норматив Всемирной организации здравоохранения, который составляет 5 мкг/м³.

Анализ динамики загрязнения воздуха показывает, что в последние годы наблюдается постепенное снижение среднегодовой концентрации PM2.5 в Бишкеке. Однако уровень загрязнения всё ещё значительно превышает рекомендуемые нормы Всемирной организации здравоохранения, что свидетельствует о необходимости дальнейших мер по снижению выбросов загрязняющих веществ.

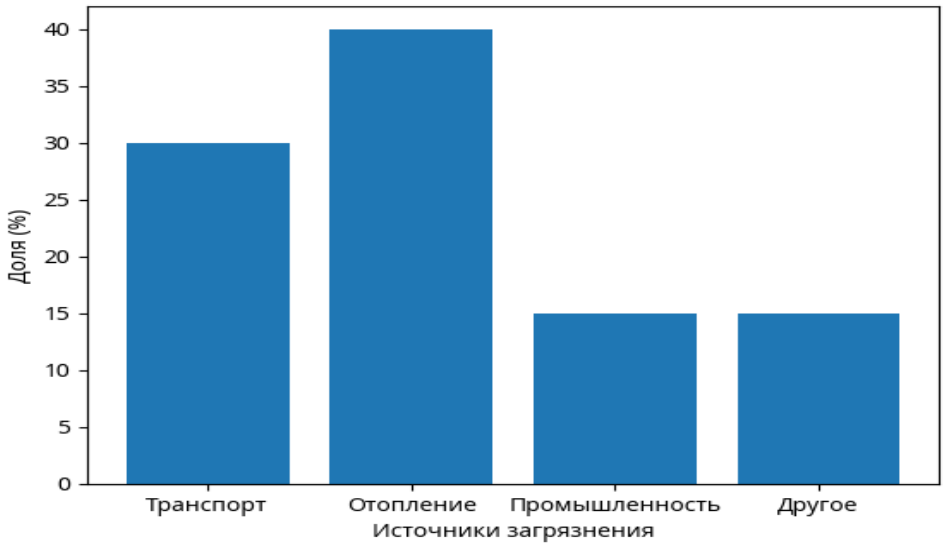


Рисунок 1 – Основные источники загрязнения воздуха в Бишкеке

4. Пути повышения экологической безопасности транспортной системы

Для улучшения экологической ситуации необходимо внедрение комплекса мер.

а) Развитие экологически чистого транспорта

В Бишкеке уже внедряются экологически чистые автобусы и электробусы. Более 1300 экологичных автобусов и около 120 электробусов уже введены в эксплуатацию.

б) Развитие электротранспорта

В Кыргызстане постепенно увеличивается количество электромобилей.

в) Модернизация общественного транспорта

Развитие общественного транспорта позволит сократить использование личных автомобилей.

г) Экологический мониторинг

Необходимо развивать системы контроля качества воздуха.

Заключение. Таким образом, развитие транспортной системы в условиях урбанизации оказывает значительное влияние на экологическое состояние городов Кыргызстана.

Рост количества транспортных средств приводит к увеличению загрязнения воздуха и ухудшению качества окружающей среды. Особенно остро эта проблема проявляется в городе Бишкек.

Для повышения экологической безопасности транспортной системы необходимо внедрение комплексных мер, направленных на развитие экологически чистого транспорта, модернизацию общественного транспорта и усиление экологического контроля.

Реализация этих мер позволит снизить негативное воздействие транспорта на окружающую среду и повысить качество жизни населения.

Список литературы

1. Закон КР «Об охране окружающей среды»

2. Закон КР «Об охране атмосферного воздуха»

3. Каюмов Б.А., Гиясов Ш.И. Обеспечение экологической безопасности автотранспортных средств

4. Шадиметов Ю.Ш., и др. Исследования по экологической логистике (Экологистика) и влиянию качества топлива на экологию

5. UNECE (ЕЭК ООН) Sustainable Transport Action Plan for Kyrgyzstan (План действий по устойчивому развитию транспорта в Кыргызстане)

6. “Tackling Air Pollution in Bishkek: A Road Map to Cleaner Air” (Резолюция по борьбес загрязнением воздуха в Бишкеке: Дорожная карта) отчет ПРООН в КР.

7. “Promoting Clean Urban Public Transportation and Green Investment in Kyrgyzstan” (Содействие чистому городскому общественному транспорту и «зеленым» инвестициям. Отчет OECD (ОЭСР))
8. Отчеты Минприроды КР
9. Сайт мэрии Бишкека.
10. Глазунов В.И. Глазунов Д.В. – «Автомобиль и экология: экологическая безопасность и нормативы», Учебник.

УДК 621.577:621.3.031

В.И.Саньков, С.Ж.Иманалиева, А.К.Алимов
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

V.I. Sankov, S.Zh.Imanalieva, A.K.Alimov
I.Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
imanalieva-70@mail.ru, kubanych.alimov@kazeco.kg

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВОГО НАСОСА И СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА

ЖЕКЕ ТУРАК ҮЙДҮН ЖЫЛЫТУУ СИСТЕМАСЫНДА ЖЫЛУУЛУК НАСОС МЕНЕН КҮН КОЛЛЕКТОРУН БИРГЕ КОЛДОНУУНУН НАТЫЙЖАЛУУЛУГУН ТАЛДОО

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF COMBINED USE OF A HEAT PUMP AND A SOLAR COLLECTOR IN THE HEAT SUPPLY SYSTEM OF AN INDIVIDUAL RESIDENTIAL BUILDING

Бул макалада жеке турак үйдүн жылытуу системасында жылуулук насосун жана күн коллекторун бирге колдонуунун эффективдүүлүгү изилденет. Жылуулук насосунун COP маанисине күн коллекторунун таасири талданат. Комбинацияланган схема электр энергиясын 45-50% үнөмдөөгө мүмкүндүк берери көрсөтүлгөн. Кыргызстандын климаттык шарттарында сунушталган системанын иштешинин негизги параметрлери аныкталган.

Ачкыч сөздөр*: жылуулук насосу, күн коллектору, комбинацияланган жылытуу, COP, кайра жаралуучу энергия булактары, үнөмдөө.*

В данной статье исследуется эффективность совместного применения теплового насоса и солнечного коллектора в системе теплоснабжения индивидуального жилого дома. Проанализировано влияние солнечного коллектора на значение COP теплового насоса. Показано, что комбинированная схема позволяет экономить электроэнергии на отопление на 45-50%. Определены основные параметры работы предлагаемой системы в климатических условиях Кыргызстана.

Ключевые слова: *тепловой насос, солнечный коллектор, комбинированное отопление, COP, возобновляемые источники энергии, экономия.*

This article examines the efficiency of the combined use of a heat pump and a solar collector in the heat supply system of an individual residential building. The influence of the solar collector on the COP value of the heat pump is analyzed. It is shown that the combined scheme allows achieving

electricity savings for heating of 45-50%. The main operating parameters of the proposed system in the climatic conditions of Kyrgyzstan are determined.

Key words: *heat pump, solar collector, combined heating, COP, renewable energy sources, savings.*

Введение. В последние годы в Кыргызской Республике наблюдается устойчивый рост стоимости традиционных энергоносителей: угля, природного газа и электроэнергии. Изменение климата делает экстремальные погодные явления, такие как волны жары, засухи, ливневые дожди, наводнения и ураганы, более суровыми, частыми и продолжительными. [1]. При этом индивидуальное жилищное строительство активно развивается, и вопросы экономичного и автономного теплоснабжения становятся особенно актуальными. Одним из перспективных направлений является использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в частности, тепловых насосов (ТН) и солнечных коллекторов (СК). Однако каждый из этих источников в отдельности имеет ограничения: тепловой насос требует затрат электроэнергии, а солнечный коллектор нестабилен из-за суточных и сезонных колебаний инсоляции. В связи с этим всё большее внимание исследователей привлекают комбинированные системы теплоснабжения, где тепловой насос и солнечный коллектор работают совместно. В данной статье проведён анализ эффективности такой комбинированной системы применительно к условиям индивидуального жилого дома в климате Кыргызстана.

Предлагаемая система теплоснабжения включает в себя следующие основные элементы:

- вакуумный солнечный коллектор (площадь 4-6 м²);
- тепловой насос типа «воздух–вода» или «грунт–вода» (тепловая мощность 6-10 кВт);
- буферная ёмкость (накопительный бак 300-500 л);
- система распределения тепла (тёплый пол или радиаторы);
- блок автоматики.

Солнечный коллектор работает в режиме предварительного подогрева теплоносителя, который затем поступает на испаритель теплового насоса [2]. Это повышает температуру низкопотенциального источника и, как следствие, увеличивает коэффициент преобразования (COP) теплового насоса. В светлое время суток при достаточной инсоляции солнечный коллектор может обеспечивать до 30-40% тепловой нагрузки непосредственно. В ночное время и в пасмурные дни основную нагрузку берёт на себя тепловой насос, работающий от электросети.

Коэффициент преобразования COP теплового насоса определяется соотношением:

$$COP = Q_тепло / W_эл,$$

где Q_тепло — тепловая мощность на конденсаторе, кВт;

W_эл — электрическая мощность компрессора, кВт.

Для теплового насоса типа «воздух–вода» COP сильно зависит от температуры на входе испарителя [3]. При использовании солнечного коллектора для предварительного подогрева воздуха или теплоносителя температура на испарителе повышается на 5-10°C. Расчёты показывают, что при повышении температуры на испарителе с -5°C до +5°C COP увеличивается с 2,5 до 3,8 (рост на 50%). В условиях Кыргызстана, где количество солнечных дней в году достигает 250-260, применение солнечного коллектора позволяет поддерживать повышенное значение COP в течение всего отопительного периода.

Рассмотрим индивидуальный жилой дом в г. Бишкек с расчётными теплопотерями 8 кВт

(для температуры наружного воздуха -15°C). Традиционная система на электроэнергии потребляла бы 8 кВт.ч электроэнергии на каждый час работы. При установке теплового насоса с COP = 3 (без солнечного коллектора) потребление составит 2,67 кВт·ч. При комбинированной системе (ТН + СК) с усреднённым COP = 4,5 потребление снижается до 1,78 кВт·ч.

За отопительный сезон (200 дней, в среднем 10 часов работы системы в сутки) экономия электроэнергии составит:

- Без ТН: 8 кВт × 2000 ч = 16 000 кВт·ч.
- Только ТН: 2,67 кВт × 2000 ч = 5 340 кВт·ч.
- ТН + СК: 1,78 кВт × 2000 ч = 3 560 кВт·ч.

Дополнительная экономия от применения солнечного коллектора: 5 340 — 3 560 = 1 780 кВт·ч в год, что в денежном выражении (при тарифе 2,5 сома/кВт·ч) составляет около 4 450 сомов в год. Срок окупаемости солнечного коллектора (при стоимости комплекта 60 000 сомов) — примерно 13-14 лет. При увеличении тарифов на электроэнергию окупаемость сокращается.

Кыргызстан характеризуется высокой продолжительностью солнечного сияния (Чуйская долина — до 2500 часов в год) [4]. Это делает использование солнечных коллекторов особенно эффективным в переходные сезоны (осень, весна) и даже в зимние месяцы при ясной погоде.

Основные рекомендации:

- ✓ ориентировать солнечный коллектор на юг под углом 35-45°;
- ✓ защиту от перегрева летом;
- ✓ использовать тепловой насос типа «воздух-вода» для стабильной работы при низких зимних температурах.

Заключение. В результате проведённого анализа установлено, что совместное применение теплового насоса и солнечного коллектора в системе теплоснабжения индивидуального жилого дома позволяет повысить усреднённый коэффициент преобразования COP с 2,5–3,0 до 4,0–4,5, обеспечивая дополнительную экономию электроэнергии в размере 45–50% по сравнению с использованием одного теплового насоса, и доказано, что для климатических условий Кыргызстана такая комбинированная система является технически реализуемой и экономически целесообразной, особенно в условиях роста тарифов на традиционные энергоносители.

Список литературы

1. Влияние последствий изменения климата на репродуктивное здоровье в Кыргызстане: от данных к действиям [Электронный ресурс]. Свободный доступ: https://kyrgyzstan.un.org/en (дата обращения — 29.03.2026 г.).

2. Оптимизация теплоснабжения [Электронный ресурс]. Свободный доступ: https://fms-kursk.ru/sbornik-statey/optimizaciya-teplosnabzheniya.php (дата обращения — 29.03.2026 г.).

3. Солнечные коллекторы и тепловые насосы: комбинированные системы / Под ред. А.А. Ковалёва. — СПб.: Энергоатомиздат, 2020. — 186 с.

4. Национальный статистический комитет КР. (2024). Окружающая среда в Кыргызской Республике 2019-2023

5. Кудинов В.А. Гидравлика: учебник / В.А.Кудинов, Э.М.Карташов, А.Г.Коваленко, И.В.Кудинов. — М.: Юрайт, 2019. — 287 с.

УДК 628.353:681.5:004.94

Маратбек уулу Ч., А.А. Алмасбеков
И. Раззаков ат. КМТУ, Транспорт жана робототехника институту,
«Автоматташтыруу жана робототехника» кафедрасы,
Бишкек, Кыргыз Республикасы
Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова,
Институт транспорта и робототехники, кафедра «Автоматизация и робототехника»,
Бишкек, Кыргызская Республика

Chyngyz Maratbek uulu, Aibek Almasbekov
Razzakov KSTU, Institute of Transport and Robotics,
Department of Automation and Robotics,
Bishkek, Kyrgyz Republic

РАЗРАБОТКА МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ АЭРАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД С ПРЕДИКТИВНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ, АДАПТИРОВАННОЙ К УСЛОВИЯМ КЫРГЫЗСТАНА

САРКЫНДЫ СУУЛАРДЫ АЭРАЦИЯЛООНУ АВТОМАТТАШТЫРУУНУН МЕХАТРОНДУК СИСТЕМАСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ (КЫРГЫЗСТАНДЫН ШАРТТАРЫНА ЫҢГАЙЛАШТЫРУУ ЖАНА ПРЕДИКТИВДИК БАШКАРУУСУ МЕНЕН)

DEVELOPMENT OF A MECHATRONIC SYSTEM FOR WASTEWATER AERATION AUTOMATION WITH PREDICTIVE CONTROL ADAPTED TO THE CONDITIONS OF KYRGYZSTAN

Макалада Кыргызстандын кичине жана орто тазалоо курулмаларындагы (КОС) эксплуатациянын көйгөйлөрү каралат, алар кол менен башкаруу режими, электр энергиясын ашыкча сарптоо (аэрацияга чейин 70%) жана БПК₅ боюнча жүктүн туруксуздугу менен мүнөздөлөт. ASM1 модели, машиналык окутуу жана моделдик алдын ала башкаруу (MPC) негизинде алдын ала башкаруу менен аэрацияны автоматташтыруунун мехатрондук системасы сунушталат. Аппараттык-программалык бөлүк (Siemens S7-1200 ПЛК, эриген кычкылтектин сенсорлору, гибриддик кубаттоо), математикалык модель жана алгоритмдер сүрөттөлгөн. Python/MATLAB программаларында сандык моделдөө жана лабораториялык прототип энергия чыгымдарын 20–30% азайтууну жана эриген кычкылтектин (DO) концентрациясын 2–3 мг/л деңгээлинде турукташтырууну ырастады.

Ачкыч сөздөр: *мехатрондук система, саркынды сууларды аэрациялоо, алдын ала башкаруу, ASM1 модели, машиналык окутуу, Siemens S7-1200 ПЛК, гибриддик кубаттоо, энергия үнөмдөө, Кыргызстан.*

В статье рассмотрены проблемы эксплуатации малых и средних очистных сооружений сточных вод (КОС) Кыргызстана, характеризующиеся ручным режимом управления, значительным перерасходом электроэнергии (до 70% на аэрацию) и нестабильностью нагрузки по БПК₅. Предложена мехатронная система автоматизации аэрации с предиктивным управлением на основе модели ASM1, машинного обучения и модельного предиктивного управления (MPC). Описаны аппаратно-программная часть (ПЛК Siemens S7-1200, датчики растворенного кислорода, гибридное питание), математическая модель и алгоритмы. Численное моделирование в Python/MATLAB и лабораторный прототип

подтвердили снижение энергозатрат на 20–30% и стабилизацию концентрации растворенного кислорода (DO) на уровне 2–3 мг/л.

Ключевые слова: *мехатронная система, аэрация сточных вод, предиктивное управление, модель ASM1, машинное обучение, ПЛК Siemens S7-1200, гибридное питание, энергосбережение, Кыргызстан.*

The paper addresses the operational challenges of small and medium-sized wastewater treatment plants (WWTPs) in Kyrgyzstan, which are characterized by manual control, significant electricity overuse (up to 70% for aeration), and unstable BOD_5 loading. A mechatronic aeration automation system with predictive control based on the ASM1 model, machine learning, and model predictive control (MPC) is proposed. The hardware-software architecture (Siemens S7-1200 PLC, dissolved oxygen sensors, hybrid power supply), mathematical model, and algorithms are described. Numerical simulation in Python/MATLAB and a laboratory prototype confirmed a 20–30% reduction in energy consumption and stabilization of dissolved oxygen (DO) concentration at 2–3 mg/l.

Key words: *mechatronic system, wastewater aeration, predictive control, ASM1 model, machine learning, Siemens S7-1200 PLC, hybrid power supply, energy saving, Kyrgyzstan.*

В Кыргызстане эксплуатируется 145 очистных сооружений сточных вод, более 90% из которых относятся к малой и средней мощности и работают преимущественно в ручном режиме. Процесс аэрации потребляет до 70% всей электроэнергии объекта, при этом ежегодно в водоемы сбрасывается около 5 млн м³ недостаточно очищенных стоков. Локальные условия характеризуются резкими колебаниями нагрузки по $БПК_5$ и нестабильностью электроснабжения, что делает традиционные системы управления неэффективными. Рекомендации европейской ассоциации DWA подчеркивают потенциал автоматизации для снижения энергозатрат на 15–30%, однако требуют адаптации к реалиям Кыргызстана (отсутствие надежного интернета, перепады напряжения).

Цель исследования: разработать, смоделировать и обосновать мехатронную систему автоматизации аэрации сточных вод с предиктивным управлением, адаптированную к условиям эксплуатации малых КОС в Кыргызстане, обеспечивающую снижение энергозатрат и повышение стабильности процесса очистки.

Материал и методы исследования. Объектом исследования являются процессы биологической очистки в одноступенчатых аэрационных установках малой мощности. Предмет — мехатронные компоненты и алгоритмы предиктивного управления.

Теоретической основой послужила модель активного ила №1 (ASM1). Для прогнозирования нагрузки применены алгоритмы машинного обучения (библиотека scikit-learn). Модельное предиктивное управление (MPC) реализовано с помощью библиотеки control в Python и MATLAB/Simulink. Аппаратная часть включает ПЛК Siemens S7-1200, датчики растворенного кислорода (DO), расхода и температуры, а также модуль гибридного питания (сеть + солнечные панели).

Численное моделирование выполнено в контролируемых условиях с имитацией пиковых нагрузок по $БПК_5$. Лабораторный прототип собран на базе Raspberry Pi и реальных промышленных сенсоров.

Результаты исследования и их обсуждение. Разработанная система представляет собой замкнутый контур управления с прогнозом нагрузки на 15–60 мин вперед.

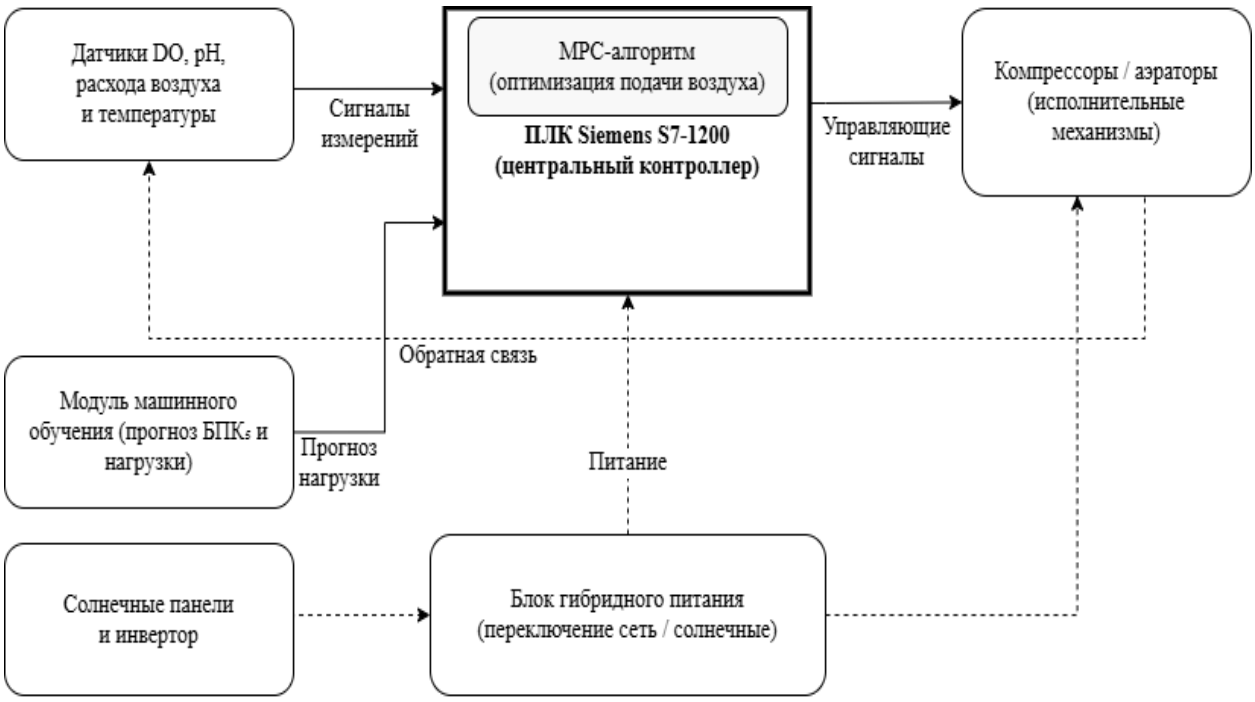


Рисунок 1 – Структурная схема мехатронной системы автоматизации аэрации сточных вод с предиктивным управлением

Результаты численного моделирования показали, что по сравнению с классическим PID-регулятором предложенная система снижает осцилляции концентрации DO на 40–50% и обеспечивает энергосбережение 20–30%.

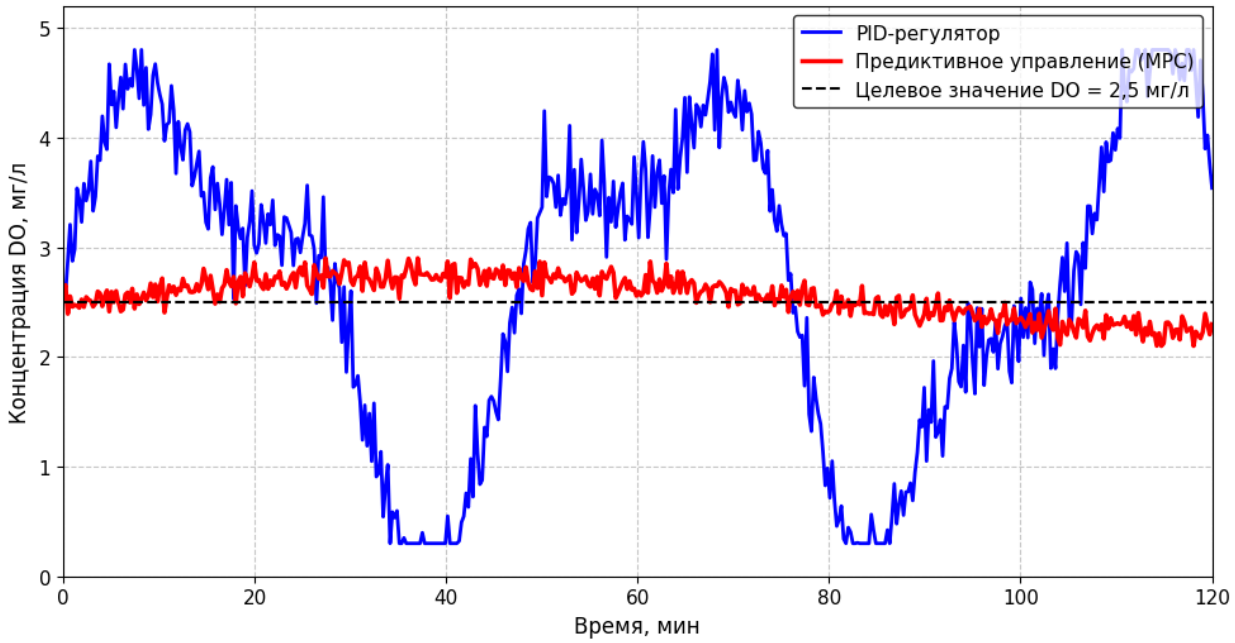


Рисунок 2 – Сравнение динамики концентрации растворенного кислорода (DO) при PID- и MPC-управлении

Выводы. Разработанная мехатронная система автоматизации аэрации сточных вод с предиктивным управлением полностью адаптирована к условиям Кыргызстана и позволяет значительно снизить энергозатраты, стабилизировать технологический процесс и повысить экологическую безопасность. Полученные результаты подтверждают возможность коммерциализации системы и её внедрения на 10–20 малых КОС республики. Материалы статьи могут быть использованы для подготовки патентной заявки как полезной модели.

Список литературы

1. Министерство природных ресурсов, экологии и технического надзора Кыргызской Республики. Отчет о состоянии окружающей среды Кыргызской Республики за 2023 год. Бишкек, 2024. URL: https://www.mnr.gov.kg/reports (дата обращения: 28.10.2025).
2. Automatisierung von einstufigen Belebungsanlagen: Arbeitsblatt DWA-A 268 / DWA. – Hennef, August 2016. – 92 S.
3. Prozessautomatisierung und Vernetzung abwassertechnischer Anlagen: Merkblatt DWA-M 253 / DWA. – Hennef, Juni 2024. – 76 S.
4. Prozessmesstechnik auf Kläranlagen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen: Merkblatt DWA-M 256-1 / DWA. – Hennef, Mai 2020. – 60 S.
5. Henze M. et al. Activated Sludge Model No. 1 (ASM1). Scientific and Technical Report No. 1 / IWA Publishing. – London, 2000. – 130 p.
6. Европейский банк реконструкции и развития (ЕБРР). Проект модернизации очистных сооружений сточных вод в Бишкеке. 2023. URL: https://www.ebrd.com/work-with-us/projects/psd/bishkek-wastewater.html (дата обращения: 28.10.2025).

УДК 628.973

Б.Н. Самудинов, Э.А. Шабданова
И.Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

B.N. Samudinov, E.A. Shabdanova
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
batyrbek05samydinov@gmail.com 493lmira.shabdanova@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ОСВЕЩЕНИЯ УЧЕБНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ САНИТАРНЫМ НОРМАМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛЮКСМЕТРА SONEL LXP-2

SONEL LXP-2 ЛЮКСМЕТРИН КОЛДОНУУ МЕНЕН БИЛИМ БЕРҮҮ ЖАЙЛАРЫНЫН ЖАРЫКТАНДЫРЫЛЫШЫНЫН САНИТАРДЫК НОРМАЛАРГА ЫЛАЙЫК КЕЛИШИН ИЗИЛДӨӨ

STUDY OF CONFORMITY OF LIGHTING OF EDUCATIONAL SPACES WITH SANITARY STANDARDS USING A SONEL LXP-2 LUXMETER

Бул макалада класстардын жарыктандыруу деңгээли алардын учурдагы санитардык стандарттарга шайкештигин баалоо үчүн каралат. Өлчөөлөр Sonel LXP-2 люксметрди колдонуу менен жүргүзүлдү. Жыйынтыктар көрсөткөндөй, бир катар бөлмөлөрдө жарыктандыруу деңгээли ченемдик талаптарга жооп бербейт, бул окуучулардын көрүү кабылдоосуна жана окуу жөндөмүнө терс таасирин тийгизиши мүмкүн. Жарыктандыруу чөйрөсүн жакшыртуу боюнча сунуштар берилген.

Ачкыч сөздөр: *жарыктандыруу, люксметр, класстар, санитардык стандарттар, жарыктандыруу чөйрөсү.*

В данной работе проведено исследование уровня освещенности учебных помещений с целью оценки их соответствия действующим санитарным нормам. Измерения выполнены с использованием люксметра Sonel LXP-2. Полученные результаты показали, что в ряде помещений уровень освещения не соответствует нормативным требованиям, что может

негативно влиять на зрительное восприятие и работоспособность обучающихся. Предложены рекомендации по улучшению световой среды.

Ключевые слова: *освещенность, люксметр, учебные помещения, санитарные нормы, световая среда.*

This article examines the illumination levels of classrooms to assess their compliance with current sanitary standards. Measurements were conducted using a Sonel LXP-2 lux meter. The results showed that in a number of rooms, the lighting levels do not meet regulatory requirements, which can negatively impact students' visual perception and performance. Recommendations for improving the lighting environment are provided.

Key words: *illumination, lux meter, classrooms, sanitary standards, lighting environment.*

Введение. Свет имеет гигиеническое и экономическое значение. Он является естественным условием жизнедеятельности человека, так как это один из основных факторов внешней среды, обладающий значительным биологическим действием и сопутствующий человеку в течение всей его жизни, ему принадлежит основная роль в регуляции жизненно важных функций организма. Свет необходим как для сохранения здоровья, так и для высокой производительности труда. Проведенные исследования показывают, что при неудовлетворительном качестве света снижается производительность труда, увеличивается количество несчастных случаев на производстве, ухудшается зрение и общее самочувствие работников [1].

Освещение учебных помещений является важным фактором, влияющим на здоровье, работоспособность и успеваемость студентов. Недостаточный или избыточный уровень освещенности может приводить к зрительному утомлению, снижению концентрации внимания и ухудшению общего самочувствия.

В соответствии с санитарными нормами, освещенность рабочих поверхностей в учебных аудиториях должна соответствовать установленным значениям (как правило, 300–500 лк для аудиторий). Проблемы плохого освещения может привести к: напряжению глаз и сухости — при слишком высокой контрастности или мерцании; головным болям и ухудшению настроения — при неверной цветовой температуре и недостатке дневного света; снижению концентрации и ошибок — из-за неравномерного освещения и бликов на экране. Решением может быть регулярное измерение текущих параметров, устранение бликов, внедрение локальных осветительных приборов и их регулировка.

Целью данной работы является оценка соответствия освещенности учебных помещений санитарным требованиям с использованием современного измерительного прибора.

Материалы и методы. Для измерения освещенности применяется прибор люксметр. Основу люксметра составляют фотоэлемент и гальванометр. Фотоэлемент преобразует световой поток, попадающий на него, в электрический ток, регистрируемый гальванометром, шкала которого градуирована в люксах. Рассмотрим возможности люксметров на примере люксметра Ю-116. Прибор имеет две шкалы: 0-100 лк и 0-30 лк. Для снижения погрешности показания снимаются в диапазонах: 20-100 лк и 5-30 лк. Включение одной или другой шкалы осуществляется кнопками на панели прибора. Для увеличения пределов измерения используют светопоглощающие насадки с обозначениями «М», «Р», «Т», которые ослабляют падающий на фотоэлемент световой поток в 10, 100 и 1000 раз. Эти насадки применяются совместно с полусферической белой насадкой «К», которая одновременно и крепит их к корпусу фотоэлемента. Измерение яркости может проводиться прямым методом посредством фотоэлектрического яркометра. Дающего отсчет показаний непосредственно в единицах яркости. Измерение уровней искусственного освещения необходимо производить в темное

время суток. Число контрольных точек для измерения должно быть не менее 5. При комбинированном освещении измеряют освещенность вначале от светильников общего освещения, затем включают светильники местного освещения в их рабочем положении и измеряют суммарную освещенность от светильников общего и местного освещения [2,4].

Основные функциональные возможности: широкий диапазон измерения освещенности; Высокая точность и чувствительность: 0,1 лк (0,01 фут-кд) – LXP-2, 0,01 лк (0,001 фут-кд) – LXP-10B, 0,001 лк (0,001 фут-кд) – LXP-10A; Функция фиксирования результата на дисплее измерителя (DATA HOLD); Четкий, высококонтрастный дисплей; Корректировка относительно спектральной световой эффективности; Поправочный коэффициент устанавливается автоматически, без дополнительный расчетов (для нестандартных источников света); Функция PEAK-HOLD, позволяющая измерить пиковые сигналы светового импульса продолжительностью более 0,1 с (0,4 с для LXP-2 с датчиком LP-1) и менее 1 с; Возможность выбора единиц измерения: Люкс или Фут Кандел FC (FC ≈ 10,764 люкс); Автоматическое отключение питания в случае бездействия прибора (5, 10, 15 минут); Отображение на дисплее максимального и минимального значения за период наблюдения; Подсветка дисплея; USB или радио интерфейс для подключения к компьютеру; память для сохранения результатов наблюдения [2,4].

Объект исследования. Так как я сейчас являюсь студентом, решил выбрать в качестве объекта исследования учебные аудитории высшего учебного заведения (лекционные и практические кабинеты учебный корпус 12/аудитории 103 и 104 ИГДиГТ им. Академика У.Асаналиева КГТУ им. И.Раззакова).

Прибор исследования. Измерения проводились с использованием люксметра Sonel LXP-2, предназначенного для измерения уровня освещенности в диапазоне от 0,1 до 200 000 лк [3].

Методика измерений: измерения проводились в дневное и вечернее время; точки измерений располагались на уровне рабочей поверхности (≈ 0,8 м от пола); в каждой аудитории фиксировалось не менее 4–6 точек; вычислялось среднее значение освещенности.

Помещение было условно разделено на 4 и 6 контрольных точек. В каждой точке измерялась освещенность при помощи люксметра. Полученные данные использовались для расчета средней освещенности см. рис.1а (ауд.104) и б (ауд.103).

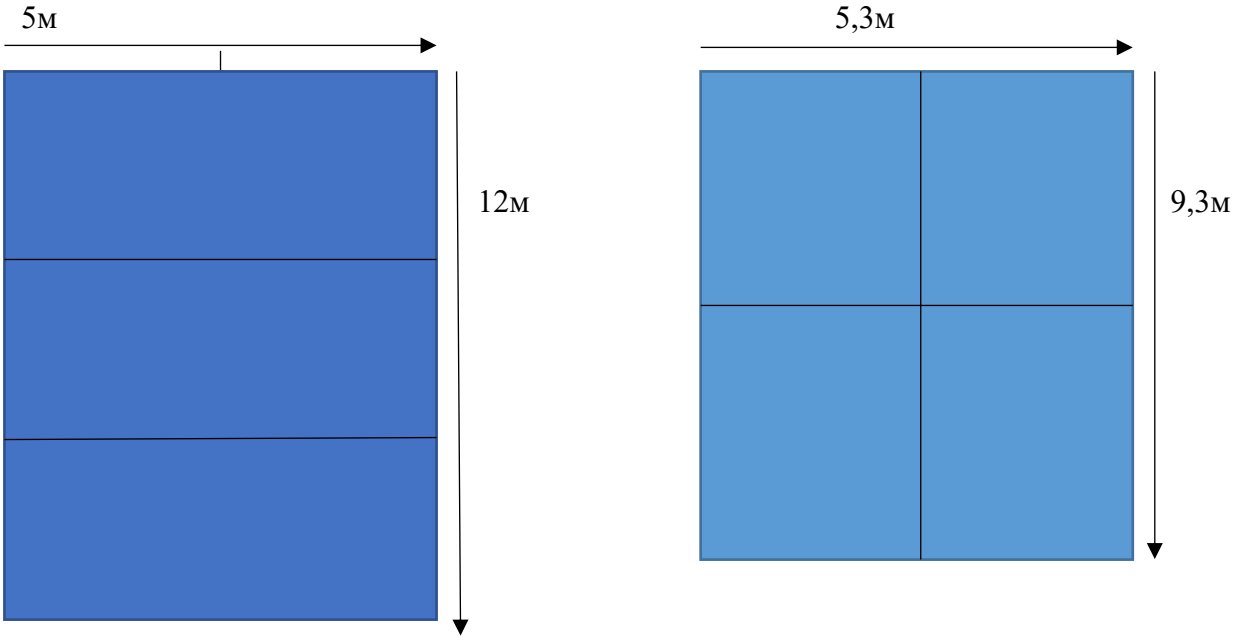


Рисунок 1 – Схема измерений в аудитории

Результаты и обсуждение

В ходе исследования были получены следующие усреднённые значения освещенности см.табл.1 и 2:

Таблица 1 – Результаты измерений освещенности в 104 ауд.

Точка	Искусственное освещение (лк)	Естественное освещение (лк)	При отсутствии освещения (лк)
1	399	548	0,14
2	180	274	0,05
3	327	700	0,43
4	199	320	0,08
5	340	570	0,50
6	227	330	0,15

Среднее значение при искусственном освещении:

$$L_{ср}=\frac{399+180+327+199+340+227}{6}=278,7 \text{ лк}$$

Среднее значение при естественном освещении:

$$L_{ср}=\frac{548+274+700+320+570+330}{6}=457 \text{ лк}$$

Среднее значение при отсутствии освещения:

$$L_{ср}=\frac{0,14+0,05+0,43+0,08+0,50+0,15}{6}=0,225 \text{ лк}$$

Таблица 2 – Результаты измерений освещенности в 103 ауд.

Точка	Искусственное освещение (лк)	Естественное освещение (лк)	При отсутствии освещения (лк)
1	1180	914	0,11
2	650	257	0,07
3	1198	699	0,37
4	681	200	0,06

Среднее значение при искусственном освещении:

$$L_{ср}=\frac{1180+650+1198+681}{4}=927 \text{ лк}$$

Среднее значение при естественном освещении:

$$L_{ср}=\frac{914+257+699+200}{4}=517,5 \text{ лк}$$

Среднее значение при отсутствии освещения:

$$L_{ср}=\frac{0,11+0,07+0,37+0,06}{4}=0,152 \text{ лк}$$

Из анализа средняя освещенность при искусственном освещении (ауд. 104): 278,7 лк. Согласно санитарным нормам для учебных аудиторий освещенность должна составлять около 300 лк. Полученные результаты показывают, что освещение близко к нормативному, но в некоторых точках аудитории уровень освещенности ниже нормы, возможные причины: устаревшие лампы, недостаточное количество светильников, загрязнение плафонов. Недостаточное освещение может привести к повышенной утомляемости, ухудшению зрения, снижению эффективности обучения.

Полученное значение (ауд. 103) 927 лк значительно превышает рекомендуемые санитарные нормы для учебных помещений (300–500 лк). Это свидетельствует о избыточной освещённости, что может приводить к: зрительному дискомфорту, повышенной утомляемости, появлению бликов на рабочих поверхностях. Среднее значение естественного освещения (517,5 лк) соответствует нормативным требованиям, разброс значений (от 200 до

914 лк) свидетельствует о существенной зависимости освещённости от расположения точек относительно окон и недостаточной освещённости в удалённых зонах аудитории.

Рекомендации по улучшению световой среды учебных помещений

На основании проведённого исследования уровня освещённости учебных помещений и выявленных отклонений от санитарных норм предлагается реализовать комплекс технических и организационных мероприятий, направленных на оптимизацию световой среды [4].

1. Модернизация системы освещения. Рекомендуется осуществить замену устаревших источников света (люминесцентных и ламп накаливания) на современные светодиодные (LED) светильники. Светодиодные источники освещения обладают рядом преимуществ, включая высокую энергоэффективность, длительный срок службы, стабильность светового потока и более благоприятные спектральные характеристики. Их использование способствует повышению уровня освещённости при одновременном снижении энергопотребления.

2. Оптимизация количества и размещения светильников. Необходимо провести перерасчёт системы освещения с учётом нормативных требований к освещённости (300–500 лк для учебных помещений) и геометрических параметров аудиторий. Увеличение количества светильников и их рациональное размещение позволит устранить зоны недостаточной освещённости и обеспечить равномерное распределение светового потока по всей площади рабочей поверхности.

3. Техническое обслуживание осветительных приборов. Существенное влияние на уровень освещённости оказывает состояние осветительных приборов. Рекомендуется внедрить регулярную очистку светильников, рассеивателей и оконных проёмов от пыли и загрязнений, так как даже незначительное загрязнение может снижать освещённость на 10–30%. Также необходимо своевременно производить замену вышедших из строя ламп.

4. Организация системы мониторинга освещённости. Целесообразно внедрить периодический контроль параметров освещённости с использованием измерительных приборов (люксметров). Проведение регулярных замеров позволит своевременно выявлять отклонения от нормативных значений и оперативно принимать корректирующие меры. Рекомендуется фиксировать результаты измерений в журналах контроля.

5. Повышение энергоэффективности и автоматизация освещения. В целях рационального использования электроэнергии рекомендуется внедрение автоматизированных систем управления освещением (датчики присутствия, системы диммирования, использование естественного освещения). Это позволит не только поддерживать оптимальный уровень освещённости, но и снизить эксплуатационные расходы.

Выводы

1. На основании проведённых измерений установлено, что средний уровень освещённости при искусственном освещении в аудитории №104 составляет 278,7 лк, что несколько ниже рекомендуемого нормативного значения (≈ 300 лк) для учебных помещений. Основной проблемой является недостаточный уровень освещения и его неравномерность.
2. Уровень искусственного освещения в аудитории №103 существенно превышает нормативные значения, что свидетельствует о необходимости его регулирования.
3. Естественное освещение в среднем соответствует санитарным нормам, однако характеризуется высокой неравномерностью распределения.
4. В помещении наблюдается значительный перепад освещённости между различными зонами, что может негативно влиять на зрительный комфорт обучающихся.
5. Применение люксметра Sonel LXP-2 позволяет эффективно контролировать параметры световой среды.

Список литературы

1. Гигиенические основы производственного освещения. Методы обследования и гигиеническая оценка световой среды на рабочих местах: учебное пособие / Е. В. Жукова, Г. В. Куренкова; Иркутский государственный медицинский университет, Кафедра профильных гигиенических дисциплин. – Иркутск: ИГМУ, 2021. – 51 с.
2. Методическое указание к выполнению лабораторной работы «Исследование искусственного освещения рабочих мест» составлено в соответствии с программой дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» для студентов специальности 630003 «Горное дело» / Д. А. Самбаева, Ч. К. Шапакова, Н. К. Кубатова / КГТУ им. И.Раззакова. – Бишкек: 2024. –28с.
3. Руководство по эксплуатации люксметра Sonel LXP-2.
4. Методическое пособие по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей и всех форм обучения / ИГД и ГТ им.У. Асаналиева; Сост.: Самбаева Д.А., Сыдыков Ж.Д., Шабданова Э.А., Молдобаев М.Б. Бишкек, 2016.-92 с.

УДК 004:659.127

Д.К. Айманбаева, В.В. Зюкина
И. Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

D.K. Aimanbaeva, V.V. Zyukina
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
daimanbaeva@kstu.kg vitazukina0@kstu.kg

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОЗДАНИИ РЕКЛАМНОЙ ПРОДУКЦИИ

ЖАРНАМАЛЫК ПРОДУКЦИЯНЫ ТҮЗҮҮДӨ МААЛЫМАТТЫК ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ КОЛДОНУУ

USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE CREATION OF ADVERTISING PRODUCTS

Бул макалада жарнамалык продукцияны түзүү процессинде маалыматтык технологияларды колдонуу каралат. Графикалык редакторлор, онлайн-платформалар жана социалдык тармактар сыяктуу заманбап санариптик куралдар сүрөттөлөт, алар жарнамалык контентти иштеп чыгууну жана жайылтууну жеңилдетет. IT-технологиялардын жардамы менен жарнамалык кампанияларды максаттуу багыттоо жана алардын натыйжалуулугун талдоо мүмкүнчүлүктөрүнө өзгөчө көңүл бурулат. Технологиялар контенттин сапатын жогорулатууга, чыгымдарды азайтууга жана аудиториянын камтылышын кеңейтүүгө кандайча жардам берери көрсөтүлөт. Маалыматтык технологиялар жарнамалык ишмердүүлүктүн натыйжалуулугун жогорулатууда негизги ролду ойнойт деген жыйынтык чыгарылган.

Ачкыч сөздөр: *маалыматтык технологиялар, жарнама, санариптик маркетинг, веб-платформалар, максаттуу багыттоо, талдоо, контент түзүү, социалдык тармактар, визуалдык дизайн.*

В статье рассматривается использование информационных технологий в процессе создания рекламной продукции. Описаны современные цифровые инструменты, такие как графические редакторы, онлайн-платформы и социальные сети, которые упрощают разработку и распространение рекламного контента. Особое внимание уделяется возможностям таргетирования и анализа эффективности рекламных кампаний с помощью IT-технологий. Показано, как технологии помогают повысить качество контента, сократить затраты и расширить охват аудитории. Сделан вывод о ключевой роли информационных технологий в повышении эффективности рекламной деятельности.

Ключевые слова: *информационные технологии, реклама, цифровой маркетинг, веб-платформы, таргетинг, аналитика, создание контента, социальные сети, визуальный дизайн.*

This article examines the use of information technologies in the process of creating advertising products. Modern digital tools, such as graphic editors, online platforms, and social networks, are described, which simplify the development and distribution of advertising content.

Special attention is given to the possibilities of targeting and analyzing the effectiveness of advertising campaigns using IT technologies. The article shows how technologies help improve content quality, reduce costs, and expand audience reach. It concludes that information technologies play a key role in enhancing the efficiency of advertising activities.

Key words: *information technologies, advertising, digital marketing, web platforms, targeting, analytics, content creation, social networks, visual design.*

Введение. В современном мире реклама выступает не только средством информирования потребителей о товарах и услугах, но и инструментом формирования имиджа компании и конкурентных преимуществ. С развитием цифровой экономики роль информационных технологий в рекламной деятельности существенно возросла. Ранее процесс создания рекламы был трудоемким и затратным, однако с появлением компьютеров, специализированного программного обеспечения и интернета ситуация кардинально изменилась. Сегодня рекламная продукция создается с использованием цифровых инструментов, что позволяет ускорить производство контента, повысить его точность и креативность. Актуальность темы обусловлена быстрым развитием технологий и их внедрением в сферу рекламы.

Цель исследования. Изучить использование информационных технологий в создании рекламной продукции и оценить их влияние на эффективность рекламной деятельности. В рамках исследования планируется выявить современные цифровые инструменты, применяемые в рекламе, включая графические и видеоредакторы, онлайн-платформы и социальные сети, а также проанализировать их влияние на процесс разработки, распространения и таргетирования рекламного контента. Особое внимание уделяется изучению возможностей персонализации рекламы, оптимизации затрат и повышения охвата целевой аудитории с помощью IT-технологий. Кроме того, цель исследования включает определение преимуществ и ограничений использования информационных технологий в рекламной практике, а также оценку их роли в повышении качества, креативности и эффективности рекламных кампаний в условиях цифровизации современного рынка.

Материал и методы исследования. На рисунке 1 представлена схема использования информационных технологий на различных этапах создания рекламной продукции.

Рисунок 1 – Создание визуального контента

На рисунке 1 показана схема применения информационных технологий на различных этапах создания рекламной продукции.

Информационные технологии представляют собой совокупность методов и средств для обработки, хранения и передачи информации. В рекламе они применяются для создания визуального, текстового и видеоконтента, а также для распространения материалов через интернет и цифровые каналы. Интернет стал ключевым инструментом продвижения, позволяя нацеливать рекламу на конкретную аудиторию, оперативно вносить изменения и отслеживать результаты кампаний в реальном времени. Веб-сайт компании выступает важным элементом, обеспечивая информирование потребителей, формирование имиджа и продвижение бренда.

Теоретические основы рекламной продукции. Рекламная продукция представляет собой совокупность различных материалов и инструментов, направленных на продвижение товаров, услуг или брендов на рынке. Она является важной частью современной экономики и выполняет несколько ключевых функций: информационную, экономическую и коммуникативную. Информационная функция заключается в донесении до потребителя сведений о товаре или услуге, их характеристиках и преимуществах. Экономическая функция проявляется в стимулировании спроса и увеличении прибыли компании. Коммуникативная функция обеспечивает взаимодействие между производителем и потребителем, формируя имидж бренда и уровень доверия к нему.

Современная рекламная продукция отличается большим разнообразием форм и видов. К основным видам относятся печатная реклама (листовки, буклеты, плакаты), цифровая реклама (баннеры, контекстная и таргетированная реклама), видеореклама, а также наружная реклама, включающая билборды и вывески. Выбор конкретного вида зависит от целей рекламной кампании, особенностей продукта и характеристик целевой аудитории. В условиях цифровизации всё большую значимость приобретает интернет-реклама, которая обеспечивает оперативность распространения информации и возможность точного взаимодействия с потребителем [1].

Развитие технологий существенно изменило подход к созданию и распространению рекламы. Если ранее основными каналами были телевидение, радио и печатные издания, то сегодня ведущую роль играют интернет-платформы. К основным каналам распространения относятся поисковые системы, социальные сети, сайты и мобильные приложения, а также электронные рассылки. Выбор канала напрямую влияет на эффективность рекламной кампании, так как позволяет охватить именно ту аудиторию, которая наиболее заинтересована в продукте.

Процесс создания рекламной продукции включает несколько последовательных этапов: анализ рынка и целевой аудитории, постановку целей, разработку стратегии, создание контента, запуск рекламной кампании и последующий анализ её эффективности. На этапе анализа учитываются демографические и поведенческие характеристики аудитории, что позволяет формировать более точные и релевантные рекламные сообщения. Важную роль играет визуальная составляющая, так как именно она привлекает внимание и формирует первое впечатление о продукте.

Роль информационных технологий в создании рекламы. Современные рекламные кампании невозможно представить без использования информационных технологий. Они значительно упрощают процесс создания рекламы, ускоряют выполнение задач и повышают качество конечного результата. Специализированные программные продукты позволяют создавать как статические, так и динамичные рекламные материалы.

Графические редакторы используются для разработки визуального контента — баннеров, плакатов, логотипов и других элементов фирменного стиля. С их помощью можно работать с изображениями, цветами, шрифтами и композицией, создавая уникальный дизайн. Видеоредакторы, в свою очередь, позволяют создавать рекламные ролики, которые отличаются высокой выразительностью и способны эффективно воздействовать на аудиторию.

Отдельного внимания заслуживают технологии искусственного интеллекта, которые активно внедряются в рекламную сферу. Они позволяют анализировать большие объёмы данных, выявлять поведенческие особенности пользователей и на основе этого формировать более точные рекламные стратегии. Нейросети способны генерировать тексты, изображения и даже видео, что значительно ускоряет процесс создания рекламы и снижает затраты.

Кроме того, использование искусственного интеллекта способствует повышению уровня креативности. С его помощью можно быстро генерировать идеи, разрабатывать сценарии и подбирать визуальные решения. Это особенно важно в условиях высокой конкуренции, когда необходимо постоянно привлекать внимание аудитории.

Персонализация и интерактивность рекламы. Одним из ключевых преимуществ современных информационных технологий является возможность создания персонализированной рекламы. В отличие от традиционных форматов, современные рекламные сообщения адаптируются под конкретного пользователя. Учитываются его интересы, поведение в интернете, история поиска и географическое положение.

Благодаря этому пользователь видит рекламу, которая соответствует его потребностям, что значительно повышает вероятность отклика. Персонализация делает рекламу менее навязчивой и более полезной для потребителя. Кроме того, современные технологии позволяют создавать интерактивные рекламные форматы, которые вовлекают пользователя во взаимодействие с контентом [2].

Практическое применение IT в рекламной деятельности. Информационные технологии используются на всех этапах рекламной деятельности — от анализа рынка до оценки эффективности кампаний. С их помощью можно собирать и анализировать данные о поведении пользователей, отслеживать результаты рекламных кампаний и вносить необходимые изменения.

Особую роль играют социальные сети, которые предоставляют широкие возможности для продвижения. Они позволяют настраивать таргетированную рекламу по различным параметрам, таким как возраст, интересы и местоположение пользователей. Это делает рекламные кампании более точными и эффективными.

Аналитические инструменты позволяют оценивать такие показатели, как количество просмотров, кликов и конверсий. Это даёт возможность не только контролировать результаты, но и оптимизировать рекламную стратегию в режиме реального времени.

Преимущества и недостатки использования IT. Цифровые технологии повышают скорость создания и распространения рекламы, позволяют точный таргетинг аудитории, персонализацию сообщений и оперативное внесение изменений [3]. Однако их применение требует технических знаний, обновления навыков, надежного интернет-соединения и учета высокой конкуренции в цифровой среде. Для наглядного примера в таблице 1 будут представлены преимущества и недостатки информационных технологий.

Таблица 1- Преимущества и недостатки использования информационных технологий в рекламе

Преимущества	Недостатки
Высокая скорость создания и распространения рекламной продукции	Необходимость специальных знаний и навыков
Снижение затрат на производство и размещение рекламы	Зависимость от технических средств и программного обеспечения
Возможность точного таргетинга аудитории	Высокая конкуренция в цифровой среде
Оперативное внесение изменений в рекламные материалы	Риск технических сбоев и ошибок
Возможность анализа эффективности в реальном времени	Перегрузка пользователей рекламной информацией
Персонализация рекламы под интересы пользователей	Зависимость от качества интернет-соединения
Широкий охват аудитории через интернет-платформы	Необходимость постоянного обновления контента

В таблице1 представлены основные преимущества и недостатки использования информационных технологий в рекламной деятельности.

Результаты исследования и их обсуждение. Исследование показало, что использование информационных технологий в создании рекламной продукции значительно повышает её эффективность. Цифровые инструменты, такие как графические и

видеоредакторы, онлайн-платформы и социальные сети, ускоряют разработку контента, снижают затраты и расширяют охват аудитории.

Таргетинг и персонализация позволяют создавать рекламные сообщения, адаптированные под интересы, поведение и географию пользователей, что увеличивает отклик аудитории. Аналитические инструменты дают возможность отслеживать эффективность кампаний в реальном времени и оптимизировать стратегии.

Однако для успешного применения IT-технологий необходимы технические навыки, стабильное интернет-соединение и регулярное обновление контента. В целом, результаты подтверждают ключевую роль информационных технологий в повышении качества, точности и эффективности рекламной продукции [4].

Выводы. В ходе исследования было установлено, что информационные технологии играют ключевую роль в создании рекламной продукции. Они обеспечивают разработку визуального, текстового и видеоконтента, упрощают процессы анализа аудитории, проектирования и распространения материалов, а также позволяют оперативно корректировать рекламные кампании. Использование цифровых инструментов — графических и видеоредакторов, онлайн-платформ, технологий искусственного интеллекта — повышает эффективность, точность и персонализацию рекламы, расширяет охват аудитории и ускоряет процессы продвижения. Вместе с тем, внедрение IT требует технических навыков, стабильного интернет-соединения и учета высокой конкуренции в цифровой среде. Таким образом, информационные технологии являются неотъемлемым инструментом современной рекламной деятельности и существенно повышают качество и результативность рекламных кампаний.

Список литературы

1. Информационные технологии в рекламе [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://studfile.net/preview/9305362/page:4/
2. IT применение [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-sistemy-i-tehnologii-v-reklamnoy-deyatelnosti
3. Canva. Онлайн-платформа для создания рекламы . [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.canva.com
4. Adobe. Официальный сайт Adobe Photoshop и Premiere Pro. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.adobe.com

УДК: 33:331:004.

Ф. А. Акылбекова, И. Х. Курбанова
И.Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

F. Akylbekova, I.Kurbanova
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
feruzaakylbekova@kstu.kg : indira.kurbanova@kstu.kg

РОЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА В РАЗВИТИИ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ КЫРГЫЗСТАНА

КЫРГЫЗСТАНДЫН САНАРИПТИК ЭКОНОМИКАСЫНЫН ӨНҮГҮҮСҮНДӨ АДАМ КАПИТАЛЫНЫН РОЛУ

THE ROLE OF HUMAN CAPITAL IN THE DEVELOPMENT OF THE DIGITAL ECONOMY OF KYRGYZSTAN

Бул макалада Кыргыз Республикасында санариптик экономиканы өнүктүрүүнүн негизги фактору катары адамдык капиталдын ролу каралат. Анда санариптештирүүнүн учурдагы тенденциялары, калктын санариптик кызматтарга тартуу деңгээли жана санариптик технологияларды ишке ашыруунун натыйжалуулугуна адам капиталынын таасири талданат. Анда адам капиталы туруктуу экономикалык өсүштүн жана өлкөнүн санариптик трансформациясынын пайдубалы экени айтылат.

Ачкыч сөздөр: *адамдык капитал, санариптик экономика, санариптештирүү, инновация, мамлекеттик кызматтар, санариптик технологиялар.*

В статье рассматривается роль человеческого капитала как ключевого фактора развития цифровой экономики Кыргызской Республики. Анализируются современные тенденции цифровизации, уровень вовлечённости населения в цифровые сервисы, а также влияние человеческого капитала на эффективность внедрения цифровых технологий. Обосновывается, что именно человеческий капитал является основой устойчивого экономического роста и цифровой трансформации страны.

Ключевые слова*: человеческий капитал, цифровая экономика, цифровизация, инновации, государственные сервисы, цифровые технологии.*

This article examines the role of human capital as a key factor in the development of the digital economy in the Kyrgyz Republic. It analyzes current digitalization trends, the level of population engagement in digital services, and the impact of human capital on the effectiveness of digital technology implementation. It argues that human capital is the foundation for sustainable economic growth and the country's digital transformation.

Key words: *human capital, digital economy, digitalization, innovation, government services, digital technologies.*

Введение. Современные процессы цифровизации охватывают все сферы общественной жизни и становятся ключевым фактором устойчивого развития национальных экономик. Для Кыргызстана цифровая трансформация является не только технологическим вызовом, но и стратегическим направлением, определяющим конкурентоспособность страны в условиях глобальной экономики. Центральным элементом этих процессов выступает человеческий капитал, как совокупность знаний, навыков, компетенций и инициативности граждан, обеспечивающих успешное внедрение и использование цифровых технологий.

Объектом исследования выступает цифровая экономика Кыргызстана как социально-экономическая система, включающая государственные сервисы, инфраструктуру, бизнес-процессы и инновационные практики.

Предметом исследования является человеческий капитал как фактор и ресурс цифровой трансформации, определяющий эффективность внедрения цифровых технологий и вовлечённость граждан в цифровые процессы.

Актуальность исследования обусловлена тем, что в условиях глобальной конкуренции именно человеческий капитал выступает ключевым фактором успешной цифровой трансформации. Цифровые технологии приобретают практическую ценность лишь при их активном освоении и применении обществом, а степень вовлечённости граждан в цифровые сервисы служит индикатором зрелости человеческого капитала и уровня развития цифровой экономики.

Целью исследования является комплексный анализ роли человеческого капитала как ключевого фактора развития цифровой экономики Кыргызской Республики, а также выявление механизмов его влияния на процессы цифровой трансформации в условиях современного технологического развития. В рамках исследования особое внимание уделяется оценке уровня вовлечённости населения в цифровые процессы, степени сформированности цифровых компетенций, а также определению направлений повышения эффективности использования человеческого капитала для обеспечения устойчивого экономического роста и

повышения конкурентоспособности страны в глобальной цифровой среде.

Материал и методы исследования. Современные научные исследования в области экономики знаний и цифровой трансформации убедительно свидетельствуют о наличии устойчивой и взаимно обусловленной связи между развитием цифровой экономики и качественными характеристиками человеческого капитала. В рамках данной взаимосвязи формируется концепция цифрового человеческого капитала, представляющая собой интегративную совокупность компетенций, включающих высокий уровень цифровой грамотности, развитые профессиональные навыки в сфере информационно-коммуникационных технологий, способность к генерации и внедрению инноваций, а также адаптивность к динамично изменяющимся технологическим условиям. Указанные характеристики определяют не только готовность индивидов к эффективному использованию цифровых инструментов, но и их способность выступать активными участниками цифровой трансформации, формируя новые модели экономического поведения и производственных процессов.

Международный опыт демонстрирует, что страны, обладающие развитым человеческим капиталом, характеризуются более высокими темпами цифровизации, значительным уровнем инновационной активности и устойчивыми позициями в глобальных рейтингах конкурентоспособности. Это обусловлено тем, что именно человеческий капитал обеспечивает генерацию знаний, их трансформацию в технологические решения и последующее масштабирование в экономике, тем самым выступая ключевым фактором формирования цифровой среды и долгосрочного экономического роста.

Анализ динамики показателей глобального инновационного индекса (Global Innovation Index) Кыргызской Республики за период 2023–2025 гг., представленный в таблице 1, демонстрирует относительную стабильность позиций страны в мировом рейтинге. Значения индекса варьируются в пределах 95–97, при этом наблюдается определённая волатильность по отдельным компонентам.

Так, показатель «Инновационные ресурсы» снизился с 88 в 2023 г. до 81 в 2024 г., что свидетельствует о временном сокращении доступных факторов для инновационного развития, однако в 2025 г. он вновь повысился до 85, отражая тенденцию к восстановлению. В то же время «Результаты инновационной деятельности» демонстрируют более выраженные колебания: рост с 107 в 2023 г. до 119 в 2024 г. сменился снижением до 108 в 2025 г. Это указывает на наличие краткосрочных успехов в реализации инновационных проектов, но также на необходимость укрепления устойчивости инновационной системы.

Таблица 1 – Рейтинг Кыргызской Республики по глобальному инновационному индексу [8]

	2023	2024	2025
Global Innovation Index, GII	95	97	96
Инновационные ресурсы	88	81	85
Результаты инновационной деятельности	107	119	108

Представленные данные подтверждают, что развитие цифровой экономики Кыргызстана тесно связано с качеством и эффективностью использования человеческого капитала. Снижение инновационных ресурсов отражает недостаточную подготовку кадров и ограниченность научно-исследовательской базы, тогда как рост результатов инновационной деятельности в отдельные годы демонстрирует потенциал человеческого капитала при условии его активного вовлечения в процессы цифровой трансформации.

Рисунок 1– Графическая оценка семи компонентов глобального инновационного индекса для Кыргызстана в сравнении с другими странами

На рисунке представлена диаграмма, демонстрирующая сравнительную оценку инновационного развития Кыргызской Республики по ключевым компонентам глобального инновационного индекса. В качестве осей анализа выделены семь параметров, таких как человеческий капитал и научные исследования, институциональная среда, инфраструктура, развитость рынка, бизнес-сложность, накопленные знания и технологические результаты, а также результаты в сфере креативности.

Визуализация позволяет сопоставить показатели Кыргызстана с тремя группами стран, а именно государствами с уровнем дохода ниже среднего, странами Центральной и Южной Азии, а также лидирующими государствами, входящими в топ-10 мирового рейтинга.

Диаграмма позволяет визуально выявить как сильные, так и слабые стороны национальной инновационной системы. Кыргызстан демонстрирует результаты, близкие к среднерегиональным значениям по институциональной среде и инфраструктуре, однако заметно уступает по компонентам «человеческий капитал и научные исследования» и «накопленные знания и технологические результаты». Наибольший разрыв наблюдается в сравнении с топ-10 стран, что указывает на необходимость усиления образовательных и научных ресурсов, а также развития инновационной активности.

Цифровизация в Кыргызской Республике в последние годы выступает одним из ключевых приоритетов государственной социально-экономической политики, направленной на повышение эффективности государственного управления, развитие цифровой инфраструктуры и улучшение качества предоставления государственных услуг. Реализация комплексных программ цифровой трансформации сопровождается активным внедрением элементов электронного правительства, расширением функционала цифровых платформ и повышением уровня доступности государственных сервисов для населения и бизнеса.

Анализ текущего состояния цифровой экономики Кыргызстана показывает устойчивую положительную динамику. По состоянию на 2024 год значительное число государственных органов интегрировано в систему предоставления электронных услуг, что свидетельствует о формировании единого цифрового пространства государственного управления. Существенным элементом цифровой инфраструктуры выступает межведомственная система электронного взаимодействия «Түндүк», обеспечившая огромный объём транзакций, что отражает высокий уровень цифровизации административных процессов и межведомственного обмена данными. Активное использование данной

платформы позволило существенно сократить временные затраты граждан на получение государственных услуг, выражающиеся в экономии десятков миллионов часов, а также обеспечило значительный экономический эффект для государственного бюджета за счёт оптимизации процессов и снижения операционных издержек.

Важным индикатором цифровой зрелости общества является широкое распространение электронной подписи, которая используется как физическими, так и юридическими лицами, обеспечивая юридическую значимость электронного документооборота и способствуя переходу к безбумажным технологиям. Масштабное внедрение электронного документооборота, выражающееся в миллионах зарегистрированных цифровых документов, подтверждает институционализацию цифровых практик в государственном управлении и деловой среде. Дополнительным фактором развития цифровой экономики является рост популярности мобильных цифровых сервисов, в частности, государственного приложения Tunduk, которое обеспечивает доступ к широкому спектру услуг и цифровых документов, формируя удобную экосистему взаимодействия граждан с государством. Увеличение объёмов онлайн-платежей также свидетельствует о расширении цифровых финансовых инструментов и повышении доверия населения к электронным сервисам.

В совокупности представленные в таблице 2, показатели отражают не только количественный рост цифровых сервисов, но и качественные изменения в модели взаимодействия государства, бизнеса и общества. Повышение уровня вовлечённости населения в использование цифровых технологий способствует росту прозрачности государственного управления, снижению коррупционных рисков и формированию более эффективной институциональной среды. Вместе с тем дальнейшее развитие цифровой экономики требует углубления цифровых реформ, повышения уровня цифровой грамотности населения, сокращения цифрового неравенства между регионами и усиления инвестиционной поддержки инновационных проектов.

Таблица 2 – Показатели развития цифровой экономики Кыргызской Республики за 2024 год [8]

Показатель	**Значение**
Госорганы, предоставляющие услуги онлайн	37
Количество транзакций в системе «Түндүк»	3.53 млрд
Экономия времени граждан	21 млн часов
Экономия бюджета	1.67 млрд сомов
Пользователи электронной подписи	1.17 млн физических лиц, 42.3 тыс. юридических лиц
Документы в системе электронного документооборота	8.7 млн
Экономия бюджета от электронного документооборота	1.2 млрд сомов
Пользователи мобильного приложения Tunduk	2.85 млн скачиваний
Доступные услуги через приложение	60 госуслуг и 10 цифровых документов
Сумма онлайн-оплат	171.4 млн сомов

В 2024 году цифровые государственные сервисы Кыргызской Республики продемонстрировали устойчивую положительную динамику развития, что свидетельствует о последовательной реализации политики цифровой трансформации государственного управления. Через единый портал электронных услуг предоставление сервисов осуществлялось 37 государственными органами, что отражает высокий уровень институциональной интеграции и расширение функциональных возможностей электронного правительства. Существенным показателем эффективности цифровизации является деятельность межведомственной системы электронного взаимодействия «Түндүк», в рамках которой было зафиксировано 3.53 млрд транзакций, что указывает на масштабное внедрение цифровых решений в административные и управленческие процессы.

Достижение такого уровня цифровизации позволило существенно оптимизировать взаимодействие граждан с государственными структурами, обеспечив экономию временных ресурсов населения в объёме около 21 млн часов, а также значительный финансовый эффект для государственного бюджета, оцениваемый в 1.67 млрд сомов. Массовое распространение электронной подписи, используемой 1.17 млн физических лиц и 42.3 тыс. юридических лиц, свидетельствует о росте доверия к цифровым инструментам и формировании правовой среды для полноценного функционирования электронного документооборота.

Развитие системы электронного документооборота, в рамках которой было зарегистрировано 8.7 млн документов, способствовало повышению эффективности управленческих процессов и сокращению государственных расходов на 1.2 млрд сомов за счёт перехода к безбумажным технологиям. Значительный прогресс также наблюдается в сфере мобильных цифровых сервисов: государственное приложение Tunduk, количество пользователей которого превысило 2.85 млн человек, обеспечивает доступ к широкому спектру услуг, включая 60 государственных сервисов и 10 цифровых документов, таких как удостоверение личности, водительское удостоверение и свидетельство о рождении. Рост объёмов онлайн-платежей через данное приложение, достигших 171.4 млн сомов, подтверждает активное развитие цифровых финансовых инструментов и повышение уровня цифровой активности населения.

Цифровизация в Кыргызстане постепенно трансформируется в системный фактор экономического развития, в основе которого лежит активное участие человеческого капитала и его способность эффективно использовать современные технологические решения.

Результаты исследования и их обсуждение. Человеческий капитал играет системообразующую роль в процессе цифровизации экономики, выступая ключевым фактором, определяющим темпы, качество и устойчивость цифровой трансформации. Его значение проявляется прежде всего в обеспечении эффективного внедрения и использования цифровых технологий, поскольку сами по себе технологические решения не обладают экономической ценностью вне контекста их практического применения. Уровень готовности населения к использованию цифровых сервисов, сформированность цифровых компетенций и степень доверия к новым технологическим инструментам во многом определяют результативность проводимых цифровых реформ и глубину их проникновения в социально-экономическую систему.

Одновременно человеческий капитал выступает важнейшим источником инновационного развития, формируя интеллектуальную основу цифровой экономики. Молодые специалисты, студенты, предприниматели и представители научного сообщества генерируют новые идеи, разрабатывают технологические решения и создают стартапы, способствуя развитию инновационной экосистемы и интеграции национальной экономики в глобальное цифровое пространство. Способность к креативному мышлению, междисциплинарному взаимодействию и быстрому освоению новых технологий становится важнейшим конкурентным преимуществом в условиях цифровой среды.

Существенным аспектом влияния человеческого капитала является его способность снижать транзакционные издержки в экономике за счёт активного использования цифровых инструментов. Расширение практики применения электронных сервисов позволяет

оптимизировать временные затраты, повысить эффективность управленческих процессов, сократить государственные расходы и минимизировать бюрократические барьеры. Кроме того, цифровизация способствует повышению прозрачности государственного управления, снижению уровня коррупционных рисков и формированию более открытой институциональной среды.

Важным социально-экономическим эффектом развития человеческого капитала в условиях цифровизации является укрепление доверия граждан к государственным институтам. Широкое использование цифровых государственных сервисов, обеспечивающих доступность, удобство и оперативность получения услуг, формирует положительный пользовательский опыт и способствует росту институционального доверия.

Выводы. Проведённое исследование подтверждает, что развитие цифровой экономики Кыргызской Республики определяется не только уровнем инфраструктуры и технологических платформ, но прежде всего качеством человеческого капитала. Именно люди с их знаниями, профессиональными компетенциями, инициативностью и готовностью к инновациям, выступают главным драйвером цифровой трансформации.

Молодые специалисты и студенты становятся источником новых идей, создают стартапы и внедряют современные технологии, тем самым формируя инновационный потенциал страны. Образование и повышение квалификации обеспечивают подготовку кадров, способных эффективно использовать цифровые инструменты, а вовлечённость граждан в цифровые сервисы служит индикатором зрелости общества и уровня его конкурентоспособности.

Человеческий капитал является стратегическим ресурсом, обеспечивающим устойчивость, инновационность и интеграцию Кыргызстана в глобальную цифровую экономику. Будущее цифрового Кыргызстана во многом зависит от способности общества инвестировать в развитие знаний, навыков и креативности своих граждан.

Список литературы

1. Национальная стратегия развития Кыргызской Республики на 2018–2040 годы [Электронный ресурс]. – URL: http://donors.kg/ru/strategiya/5173-natsionalnaya-strategiya-razvitiya-kyrgyzskoj-respubliki-na-2018-2040-gody.

2. Аматова, Н. С. Особенности процесса цифровизации в Кыргызстане [Текст] / Н. С. Аматова // Высокие технологии, наука и образование: актуальные вопросы, достижения и инновации : сборник статей VIII Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 27 октября 2020 года. – Пенза: Наука и Просвещение, 2020. – С. 188–190.

3. Бровко, Н. А. Особенности развития человеческого капитала в условиях цифровизации [Текст] / Н. А. Бровко // Социально-экономическая политика страны и сибирского региона в условиях цифровой экономики : материалы XIII международной научно-практической конференции, Барнаул, 10–11 июня 2021 года / под ред. В. А. Ивановой, Ю. М. Ильиных. – Москва: Издательство «Перо», 2021. – С. 15–19.

4. Концепция цифровой трансформации Кыргызской Республики на 2024–2028 годы [Электронный ресурс]. – URL: https://cbd.minjust.gov.kg/30-164/edition/6414/ru.

5. Курбанова, И. Х. Влияние информационно-коммуникационных технологий на формирование и развитие человеческого капитала [Текст] / И. Х. Курбанова, С. Э. Иманкулова, К. Б. Исабаева // Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова. – 2022. – № 4(78). – С. 1648–1654. – DOI 10.35803/1694-5298.2022.4.1648-1654.

6. Курбанова, И. Х. Новые тренды цифровизации в Кыргызской Республике в условиях пандемии COVID-19 [Текст] / И. Х. Курбанова // Евразийское научное объединение. – 2021. – № 3-3(73). – С. 218–220.

7. Проект развития человеческого капитала. Всемирный банк [Электронный ресурс]. – URL: https://www.vsemirnyjbank.org/ru/publication/human-capital.

8. Развитие цифровой экономики в Кыргызской Республике: отчет Международного делового совета [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ibc.kg/ru/analysis/surveys/5710_mds_issledovanie_pomozhet_razvivat_cifrovuyu_ekonomiku_v_strane (ibc.kg in Bing).

УДК 658.56

А.Г. Арзаева
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, г. Бишкек, Кыргызская Республика

A.G. Arzaeva
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
gulmedinaarzaeva@gmail.com

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДОКУМЕНТАЦИИ ОРГАНА ПО СЕРТИФИКАЦИИ ДЛЯ ПРОХОЖДЕНИЯ АККРЕДИТАЦИИ

СЕРТИФИКАЦИЯ ОРГАНЫ ҮЧҮН АККРЕДИТАЦИЯДАН ӨТҮҮГӨ ДОКУМЕНТАЦИЯ СИСТЕМАСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ

DEVELOPMENT OF A DOCUMENTATION SYSTEM FOR A CERTIFICATION BODY FOR ACCREDITATION

Макалада сертификация органы үчүн аккредитациядан өтүү максатында документация системасын иштеп чыгуу этаптары каралат. Документтердин түзүмү, процесстерди жөнгө салуу жана тобокелдиктерди эске алуу маселелери талданат.
Ачкыч сөздөр: *аккредитация, документация, процесс, сапат, тобокелдик.*

В статье рассматриваются вопросы разработки системы документации органа по сертификации для прохождения аккредитации. Основное внимание уделено этапам разработки, структуре документов, управлению процессами и обеспечению соответствия требованиям международных стандартов.
Ключевые слова: *аккредитация, документация, орган по сертификации, система менеджмента качества, процесс.*

The article discusses the development of a documentation system for a certification body for accreditation. The stages of development, documentation structure and compliance issues are considered.
Key words: *accreditation, documentation, certification body, quality management system.*

Разработка системы документации органа по сертификации представляет собой сложный, многоуровневый и системно организованный процесс, направленный на формирование документированной основы деятельности организации, обеспечивающей ее соответствие установленным требованиям и успешное прохождение аккредитации. В современных условиях глобализации и усиления требований к качеству продукции и услуг роль сертификационных органов существенно возрастает, а наличие эффективной системы документации становится ключевым фактором, подтверждающим их компетентность, беспристрастность и способность проводить объективную оценку соответствия. Документированная информация выступает не только инструментом управления, но и

доказательной базой при проведении процедур аккредитации, аудитов и внешних проверок, что делает процесс ее разработки особенно значимым и ответственным [1].

Актуальность разработки системы документации обусловлена необходимостью соответствия требованиям международных стандартов, таких как ISO/IEC 17065, устанавливающего требования к органам по сертификации продукции, процессов и услуг, а также ISO 9001, определяющего принципы построения систем менеджмента качества. Указанные стандарты формируют методологическую основу для разработки документации, включая требования к управлению процессами, оценке рисков, документированию процедур и постоянному улучшению деятельности [1], [2].

На начальном этапе разработки системы документации проводится всесторонний анализ требований международных и национальных нормативных документов, а также специфики деятельности конкретного органа по сертификации. В ходе данного этапа определяется перечень процессов, подлежащих документированию, устанавливаются взаимосвязи между ними, формируются цели и задачи системы документации, а также определяется общая концепция ее построения. Особое внимание уделяется идентификации как основных, так и обеспечивающих процессов, поскольку только комплексный подход позволяет создать целостную и эффективную систему управления [2].

Следующим важным этапом является формирование структуры документации, которая, как правило, имеет иерархический характер. На верхнем уровне располагается руководство по качеству, представляющее собой ключевой документ, в котором отражаются политика и цели организации в области качества, область ее деятельности, принципы функционирования системы менеджмента, а также распределение ответственности и полномочий между сотрудниками. Руководство по качеству задает стратегическое направление развития системы и служит основой для разработки более детализированных документов, таких как процедуры, инструкции и регламенты [2], [3].

В рамках разработки системы документации органа по сертификации формируется перечень основных документов, обеспечивающих функционирование системы менеджмента качества. *К числу таких документов относятся:*

– руководство по качеству, устанавливающее политику и цели организации;

– процедуры сертификации и инспекционного контроля, регламентирующие ключевые процессы оценки соответствия;

– процедура управления документированной информацией, определяющая порядок работы с документами и записями;

– процедуры внутреннего аудита и анализа со стороны руководства;

– процедура управления несоответствиями и корректирующими действиями;

– процедуры управления беспристрастностью и конфиденциальностью;

– процедуры рассмотрения жалоб и апелляций.

Дополнительно разрабатываются документы, регулирующие обеспечивающие процессы, включая управление персоналом, закупками и договорными отношениями.

На среднем уровне иерархии находятся процедуры, регламентирующие выполнение основных и вспомогательных процессов. Особое значение имеют процедуры, описывающие ключевые функции органа по сертификации, включая процедуру сертификации, процедуру инспекционного контроля, процедуру управления несоответствиями и корректирующими действиями, а также процедуру внутреннего аудита и анализа со стороны руководства. Процедура сертификации определяет последовательность действий при работе с заявителем, начиная от приема заявки и заканчивая принятием решения о выдаче сертификата и последующим контролем за соблюдением требований. Процедура инспекционного контроля направлена на подтверждение стабильности характеристик сертифицированной продукции или услуг и включает проведение плановых и внеплановых проверок [3].

Процедуры управления несоответствиями и корректирующими действиями позволяют своевременно выявлять отклонения от установленных требований, анализировать их причины и разрабатывать меры по предотвращению повторного возникновения подобных ситуаций.

Внутренние аудиты и анализ со стороны руководства обеспечивают регулярную оценку эффективности системы документации, выявление слабых мест и принятие управленческих решений, направленных на ее совершенствование [3], [4].

Существенную роль в системе документации играет управление документированной информацией, включающее разработку правил создания, согласования, утверждения, распространения, хранения, актуализации и архивирования документов. В современных условиях целесообразно объединять управление документами, записями, формами и делопроизводством в рамках единой процедуры, что позволяет обеспечить согласованность действий персонала, снизить дублирование информации и повысить эффективность контроля за жизненным циклом документов [4].

Важным элементом системы документации являются документы, направленные на обеспечение доверия к деятельности органа по сертификации. К ним относятся процедуры управления беспристрастностью, конфиденциальной информацией, а также процедуры рассмотрения жалоб и апелляций. Управление беспристрастностью предполагает выявление и минимизацию возможных конфликтов интересов, способных повлиять на объективность принимаемых решений. Управление конфиденциальной информацией обеспечивает защиту данных заявителей, результатов оценки соответствия и внутренней информации организации [1].

Процедура рассмотрения жалоб и апелляций устанавливает порядок приема, регистрации, анализа и рассмотрения обращений заинтересованных сторон, что способствует повышению прозрачности деятельности органа и укреплению доверия к нему. Реализация данных процедур является обязательным условием аккредитации и подтверждает соответствие органа международным требованиям [1], [3].

Помимо основных процессов, система документации охватывает обеспечивающие процессы, такие как управление персоналом, закупками, инфраструктурой и договорными отношениями. Управление персоналом включает подбор, оценку компетентности, обучение и повышение квалификации сотрудников, а также периодическую оценку их профессионального уровня. Управление закупками и договорами регулирует взаимодействие с поставщиками и оформление договорных обязательств, что напрямую влияет на качество предоставляемых услуг [5].

При разработке системы документации широко применяется процессный подход, который предполагает рассмотрение деятельности организации как совокупности взаимосвязанных процессов, направленных на достижение определенных результатов. Для каждого процесса определяются входные и выходные данные, ресурсы, ответственные исполнители, а также показатели результативности и эффективности. Такой подход позволяет повысить управляемость системы и обеспечить ее результативность [2], [5].

Неотъемлемой частью разработки системы документации является управление рисками, которое является обязательным требованием современных стандартов менеджмента качества. В рамках данного подхода осуществляется идентификация потенциальных рисков для каждого процесса, оценка их вероятности и последствий, а также разработка мероприятий по их снижению. К числу наиболее значимых рисков относятся ошибки при проведении оценки соответствия, недостаточная квалификация персонала, несоблюдение процедур и конфликты интересов [4], [6].

После завершения разработки документации осуществляется этап внедрения системы, который включает доведение документов до сведения персонала, организацию обучения сотрудников, а также контроль практического применения разработанных процедур. Важно обеспечить не только ознакомление сотрудников с документацией, но и их понимание требований системы и ответственности за выполнение процессов [2].

Завершающим этапом является мониторинг и постоянное совершенствование системы документации. Для этого проводятся внутренние аудиты, анализируются результаты деятельности, выявляются несоответствия и разрабатываются корректирующие действия.

Постоянное улучшение системы позволяет поддерживать ее актуальность и соответствие требованиям стандартов [3], [4].

Практическая значимость разработки системы документации заключается в создании эффективного инструмента управления деятельностью органа по сертификации, обеспечивающего прозрачность процессов, снижение рисков и повышение качества услуг. Наличие структурированной документации способствует успешному прохождению аккредитации и укреплению доверия со стороны клиентов и регулирующих органов [1], [2].

Таким образом, разработка системы документации органа по сертификации представляет собой комплексный и последовательный процесс, включающий анализ требований, формирование структуры документов, разработку процедур, внедрение системы и ее постоянное совершенствование. Результатом является создание эффективной системы управления, обеспечивающей стабильное функционирование организации и ее соответствие международным требованиям [1], [2], [3].

Вывод. Разработка системы документации органа по сертификации является ключевым условием успешного прохождения аккредитации и эффективного функционирования организации. Сформированная система обеспечивает прозрачность процессов, повышение качества работы, снижение рисков и соблюдение принципов беспристрастности и конфиденциальности. Внедрение и постоянное совершенствование документации способствует укреплению доверия со стороны клиентов и аккредитующих органов, а также повышает конкурентоспособность организации на рынке услуг по оценке соответствия [1], [2].

Список литературы

1. ISO/IEC 17065:2012 — Оценка соответствия. Требования к органам по сертификации продукции, процессов и услуг.
2. ISO 9001:2015 — Системы менеджмента качества. Требования.
3. ISO 19011:2018 — Руководство по аудиту систем менеджмента.
4. ISO 31000:2018 — Менеджмент риска. Принципы и руководство.
5. Басовский Л.Е. Управление качеством. — М.: Инфра-М, 2015.
6. ГОСТ Р 51901.12-2007 — Менеджмент риска. Методы анализа риска.

УДК 658.7:004.8

И.А. Набиев
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

Islam Nabiev
I.Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
nabievislam12@gmail.com

AGENTIC AI И АВТОНОМНЫЕ ЦЕПИ ПОСТАВОК

AGENTIC AI ЖАНА АВТОНОМДУУ ЖЕТКИРҮҮ ЧЫНЖЫРЛАРЫ

AGENTIC AI AND AUTONOMOUS SUPPLY CHAINS

Макалада логистика жана жеткирүү чынжырларын башкарууда жасалма интеллекттин ролу, өзгөчө Agentic AI концепциясы каралат. ЖИ операциялык процесстерди

автоматташтырган, чечим кабыл алууну жакшырткан жана тобокелдиктерди азайткан санариптик ассистент катары түшүндүрүлөт. Кампа башкаруу, маршруттарды пландаштыруу жана маалыматтарды иштетүү оптималдаштырылары белгиленет. Amazon, DHL жана Maersk мисалында ЖИ негизинен колдоо куралы экени, ал эми адамдын ролу сакталары баса белгиленет.

Ачкыч сөздөр: *жасалма интеллект, логистика, жеткирүү чынжырлары, Agentic AI, автономдук системалар, санариптик ассистент, процесстерди оптималдаштыруу.*

В статье рассматривается роль искусственного интеллекта в логистике и управлении цепями поставок с акцентом на концепцию Agentic AI. ИИ представлен как цифровой ассистент, который автоматизирует операционные процессы, повышает качество принятия решений и снижает риски. Особое внимание уделяется оптимизации управления запасами, маршрутизации и обработке данных. На примере компаний Amazon, DHL и Maersk показано, что ИИ выступает инструментом поддержки, сохраняя ключевую роль человека в управлении.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, логистика, цепи поставок, Agentic AI, автономные системы, цифровой ассистент, оптимизация процессов.*

The article examines the role of artificial intelligence in logistics and supply chain management, with a focus on Agentic AI. AI is presented as a digital assistant that automates operational processes, improves decision-making, and reduces risks. Particular attention is given to inventory management, routing, and data processing optimization. Using examples of Amazon, DHL, and Maersk, the article shows that AI mainly supports decisions while preserving the key role of humans in management.

Key words: *artificial intelligence, logistics, supply chains, Agentic AI, autonomous systems, digital assistant, process optimization.*

Современные цепи поставок усложняются из-за глобализации, роста данных и нестабильности среды, поэтому традиционные методы управления уже не обеспечивают нужной гибкости. В этих условиях искусственный интеллект становится ключевым инструментом трансформации логистики: он анализирует большие данные, прогнозирует спрос, выявляет риски и оптимизирует процессы, делая управление более проактивным. Особую роль играет Agentic AI, способный не только обрабатывать информацию, но и инициировать действия. При этом ИИ не заменяет человека, а дополняет его, формируя модель сотрудничества, где системы поддерживают решения, а стратегическое управление остаётся за специалистом.

Современные цепи поставок характеризуются высокой степенью сложности, что связано с глобализацией рынков, ростом объемов данных и увеличением числа участников логистических процессов. Традиционные методы управления, основанные на ручной обработке информации и статических моделях, не позволяют эффективно реагировать на изменения внешней среды.

В этих условиях искусственный интеллект становится ключевым фактором трансформации логистики. Он позволяет:

- обрабатывать большие массивы данных в реальном времени
- выявлять скрытые закономерности
- прогнозировать спрос и поведение рынка
- оптимизировать процессы

В отличие от классических IT-систем, ИИ способен адаптироваться и обучаться, что делает его особенно ценным в условиях неопределённости. Искусственный интеллект позволяет перейти от реактивного управления к проактивному за счёт анализа данных и прогнозирования.

Например, Amazon активно использует ИИ для прогнозирования спроса и распределения товаров по складам. Система анализирует миллионы транзакций и заранее размещает продукцию ближе к потребителю, сокращая время доставки. В свою очередь, Maersk применяет ИИ для анализа глобальных логистических потоков, учитывая погодные условия, загрузку портов и экономические факторы. Это позволяет заранее предотвращать задержки.

Таблица 1. Применение ИИ в компаниях Amazon, DHL, Maersk

Компания	Область	Роль ИИ	Роль человека
Amazon	склады	автоматизация	контроль
DHL	операции	помощь	выполнение
Maersk	маршруты	аналитика	решения

Искусственный интеллект всё активнее проникает в логистику, берёт на себя рутинные и операционные задачи - обработку заказов, отслеживание грузов, планирование поставок и анализ данных. Это существенно снижает нагрузку на сотрудников, сокращает количество ошибок и ускоряет выполнение операций. Однако роль ИИ не ограничивается простой автоматизацией: он также выступает инструментом поддержки принятия решений, предлагая оптимальные маршруты, анализируя риски и прогнозируя последствия тех или иных действий. При этом окончательное слово всегда остаётся за человеком - особенно когда речь идёт о стратегических решениях, нестандартных ситуациях и вопросах ответственности.

Наглядным примером такого подхода служит опыт компании DHL, которая внедрила систему Vision Picking на основе компьютерного зрения. Сотрудники склада получают подсказки в режиме реального времени, что позволяет ускорить сбор заказов и минимизировать ошибки. Схожая модель реализована в Amazon, где складские роботы перемещают товары и оптимизируют внутренние маршруты, тогда как люди контролируют весь процесс и справляются с непредвиденными ситуациями. Эти примеры наглядно демонстрируют ключевой принцип: ИИ - это инструмент усиления человека, а не его замены.

Особую роль в развитии логистических систем играют большие языковые модели (LLM). Они способны анализировать неструктурированные текстовые данные - контракты, инвойсы, деловую переписку и отчёты - и интегрировать информацию из различных источников, выдавая рекомендации в реальном времени. Это открывает широкие возможности для автоматизации документооборота, ускорения обработки информации и повышения прозрачности бизнес-процессов.

Следующим шагом в эволюции ИИ-систем становится Agentic AI - технология, которая не просто анализирует данные и формулирует рекомендации, но и способна самостоятельно инициировать действия: пересчитать маршрут, перераспределить запасы, уведомить участников цепи поставок. Тем не менее даже в таких продвинутых системах сохраняется принцип human-in-the-loop - человек остаётся в контуре управления и контролирует все ключевые решения. Таким образом, если LLM работает по схеме «анализ - рекомендации», то Agentic AI добавляет к ней третье звено: «анализ -рекомендации - действие».

Сегодня ИИ охватывает все ключевые области логистики. В управлении запасами он прогнозирует спрос и помогает избежать излишков. В транспортировке - оптимизирует маршруты и снижает затраты. На складах обеспечивает роботизацию и автоматизацию

операций. В документообороте - обрабатывает массивы данных и исключает человеческий фактор. В совокупности это позволяет выстроить гибкую и устойчивую логистическую систему.

Вместе с тем важно понимать, что у ИИ есть объективные ограничения. Качество его работы напрямую зависит от качества входящих данных, алгоритмы могут ошибаться, а понимание широкого контекста по-прежнему остаётся слабым местом автоматизированных систем. Особенно ярко эти недостатки проявляются в кризисных и форс-мажорных ситуациях, когда стандартные модели перестают работать. Именно в такие моменты незаменимым становится человек - с его способностью к гибкому мышлению, интуицией и готовностью брать на себя ответственность.

Заключение. В ходе исследования установлено, что внедрение искусственного интеллекта в логистику и управление цепями поставок существенно повышает эффективность бизнес-процессов: улучшается качество обработки данных, точность прогнозирования, оптимизируются маршруты и снижаются операционные издержки. Опыт Amazon, DHL и Maersk подтверждает, что интеллектуальные технологии значительно повышают производительность и устойчивость логистических систем.

Вместе с тем анализ показал, что ИИ на текущем этапе не способен полностью заменить человека - в силу зависимости от качества данных, ограниченной способности к обработке нестандартных ситуаций и отсутствия ответственности за принимаемые решения. Наиболее эффективной моделью остаётся гибридная: ИИ берёт на себя рутинные операции и формирование рекомендаций, человек - стратегический контроль и управленческие решения.

Таким образом, будущее логистики - не в замене человека, а в его усилении за счёт интеграции интеллектуальных систем. Синергия человека и ИИ позволяет создать адаптивные и устойчивые цепи поставок, способные эффективно работать в условиях высокой неопределённости.

Список литературы

1. Built In. AI in Supply Chain: How It Works and Examples [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://builtin.com/artificial-intelligence/ai-in-supply-chain

2. DHL. Artificial Intelligence in Logistics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.dhl.com

3. Lex Localis. AI-Powered Supply Chain Optimization (2025) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://lex-localis.org/index.php/LexLocalis/article/view/802400

4. Maersk. AI in Logistics and Supply Chains [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.maersk.com

5. Preprints. AI-driven Logistics and Supply Chain Management [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.preprints.org/manuscript/202502.0095

6. Reuters. Amazon’s delivery logistics will get an AI boost [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.reuters.com

7. Thinking Inc. AI in Logistics Industry [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://thinking.inc/en/industry-service/ai-in-logistics/

8. Webosmotic. Best Examples of AI in Logistics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://webosmotic.com/blog/best-examples-of-ai-in-logistics/

9. Zhang, Y. Research on AI Applications in Global Supply Chains // Advances in Economics, Management and Political Sciences. – 2024.

УДК 330.15:336.7

Э.К. Нарбаева, З.Х. Тохтыева
И.Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

E. Narbaeva, Z. Tohktyeva
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
elviranarbaeva@kstu.kg zulfiya.tokhtyeva@kstu.kg

ЗЕЛЕНОЕ ФИНАНСИРОВАНИЕ КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

ЖАШЫЛ ФИНАНСЫЛОО КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН ТУРУКТУУ ЭКОНОМИКАЛЫК ӨНҮГҮҮСҮНҮН ФАКТОРУ КАТАРЫ

GREEN FINANCE AS A FACTOR OF SUSTAINABLE ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE KYRGYZ REPUBLIC

Макалада жашыл каржылоонун Кыргыз Республикасынын туруктуу өнүгүүсүндөгү негизги инструмент катары ролу каралат. Табигый ресурстарды интенсивдүү пайдалануунга негизделген салттуу өсүү моделинин чакырыктары көрсөтүлүп, төмөн көмүртектүү экономикага өтүүнүн зарылдыгы негизделет. Жашыл демилгелерди колдоочу финансылык инструменттер, анын ичинде гранттар, субсидияланган кредиттер, «жашыл» облигациялар жана аралаш каржылоо механизмдери баяндалат. Энергетика, айыл чарба жана шаардык өнүгүү тармактарындагы долбоорлордун мисалдары келтирилет. Жыйынтыгында, Кыргызстанды глобалдык туруктуу өнүгүү системасына интеграциялоодо ESG-принциптеринин маанилүүлүгү белгиленет.

Түйүндүү сөздөр: *жашыл финансылоо, туруктуу өнүгүү, ESG, климаттык экономика.*

В статье рассматривается роль зеленого финансирования как ключевого инструмента устойчивого развития Кыргызской Республики. Показаны вызовы традиционной модели роста, основанной на интенсивном использовании природных ресурсов, и необходимость перехода к низкоуглеродной экономике. Описаны финансовые инструменты поддержки зеленых инициатив, включая гранты, субсидированные кредиты, «зеленые» облигации и смешанное финансирование. Приведены примеры проектов в энергетике, сельском хозяйстве и городском развитии. Сделан вывод о значимости ESG-принципов для интеграции Кыргызстана в глобальную систему устойчивого развития.

Ключевые слова: *зеленое финансирование, устойчивое развитие, ESG, климатическая экономика.*

The article examines the role of green finance as a key instrument for sustainable development in the Kyrgyz Republic. It highlights the challenges of the traditional growth model based on the intensive use of natural resources and substantiates the necessity of transitioning to a low-carbon economy. The paper describes financial instruments supporting green initiatives, including grants, subsidized loans, green bonds, and blended finance mechanisms. Examples of projects in the energy sector, agriculture, and urban development are provided. The study concludes by emphasizing the importance of ESG principles for integrating Kyrgyzstan into the global sustainable development system.

Keywords: *green finance, sustainable development, ESG, climate economy.*

Введение. Современные вызовы устойчивого развития, связанные с изменением климата, деградацией экосистем и социальным неравенством, требуют внедрения новых

финансовых механизмов, обеспечивающих экологическую стабильность и социальную справедливость. В этих условиях особое значение приобретает развитие зеленого финансирования. Кыргызская Республика, обладая ограниченными ресурсами и высокой зависимостью от природных факторов, постепенно интегрирует инструменты зеленого финансирования в стратегию национального развития. Это необходимо для повышения устойчивости экономики к внешним шокам и перехода от традиционной модели роста к инновационно-ориентированной модели устойчивого развития.

Зеленое финансирование мобилизует внутренние и внешние источники капитала для проектов в приоритетных секторах: возобновляемая энергетика, энергоэффективность, устойчивое сельское хозяйство, управление отходами и экологически ориентированная городская среда. Использование грантов, льготных кредитов, зеленых облигаций и смешанного финансирования снижает риски и повышает привлекательность проектов. Институциональное обеспечение включает развитие нормативной базы, национальных стандартов и таксономий, а также внедрение принципов ESG (Environmental, Social, Governance), что повышает прозрачность инвестиций и доверие международных организаций.

Применение зеленых финансовых инструментов является важным условием устойчивого и инклюзивного развития Кыргызкой Республики.

Целью исследования является комплексный анализ роли зеленого финансирования в обеспечении устойчивого развития Кыргызской Республики, включая оценку эффективности применяемых финансовых инструментов (грантов, льготных кредитов, «зеленых» облигаций и механизмов смешанного финансирования) в достижении национальных климатических целей, выявление современных тенденций и особенностей развития зеленого финансирования на международном и национальном уровнях, анализ институциональной и нормативной базы климатического финансирования, а также определение ключевых проблем и перспектив интеграции принципов ESG в экономическую политику страны в условиях перехода к устойчивой модели экономического роста.

Материал и методы исследования. Современные исследования в области устойчивого развития и климатической политики демонстрируют глубокую трансформацию международной институциональной среды. В научной и экспертной литературе подчёркивается, что эволюция глобального климатического регулирования сопровождается переходом от фрагментированных и асимметричных обязательств к более инклюзивным и гибким механизмам координации.

Таблица 1 – От обязательств к гибкости — переход от Киото к Парижу [3,4]

Параметр	Киотский протокол (1997)	Парижское соглашение (2015)
Год принятия	1997, вступил в силу в 2005 году	2015, вступило в силу в 2016 году
Участники	Обязательства только для развитых стран	Обязательства для всех стран
Характер обязательств	Юридически обязывающие количественные цели	Добровольные национально определяемые вклады (NDC)
Цели по выбросам	Сокращение выбросов на фиксированные проценты для отдельных стран	Глобальная цель — удержание роста температуры ниже 2 °C
Гибкость механизма	Ограниченная гибкость, строгие механизмы	Высокая гибкость, индивидуальные подходы
Роль Кыргызстана	Участие без обязательств, возможны проекты чистого развития (CDM)	Активный участник, представил NDC, разрабатывает стратегию до 2050 г.

Существенным этапом данного процесса стал переход от Киотского протокола (1997) к Парижскому соглашению (2015), который отражает изменение парадигмы международного сотрудничества в сфере климата. Киотский протокол базировался на дифференцированной

ответственности, закрепляя количественные обязательства преимущественно за индустриально развитыми странами, что в определённой степени ограничивало участие развивающихся экономик и снижало общий охват климатических мер. В отличие от этого, Парижское соглашение институционализировало универсальный подход, предусматривающий участие всех государств на основе национально определяемых вкладов (NDCs), что усилило гибкость и адаптивность международной системы регулирования. Такой подход способствовал формированию более широкой базы климатической ответственности, включая страны с переходной экономикой, в том числе Кыргызскую Республику, а также открыл дополнительные возможности для привлечения международного климатического финансирования и технологической поддержки.

В последние годы в научной литературе особое внимание уделяется оценке эффективности инструментов зеленого финансирования. Современные эмпирические исследования подтверждают, что финансовые механизмы, ориентированные на устойчивое развитие, играют ключевую роль в обеспечении трансформации экономических систем. В частности, аналитические отчёты международных финансовых институтов демонстрируют, что применение таких инструментов, как зеленые облигации, грантовое финансирование и льготное кредитование, способствует не только мобилизации инвестиционных ресурсов, но и формированию благоприятной институциональной среды для реализации экологически ориентированных проектов. Дополнительно отмечается снижение трансакционных издержек за счёт стандартизации процедур и повышения прозрачности финансовых потоков. Концепция смешанного финансирования (blended finance) приобретает особую значимость, поскольку позволяет эффективно распределять риски между государственными и частными участниками, тем самым снижая барьеры входа для частного капитала и стимулируя его участие в проектах с высокой экологической и социальной значимостью.

Анализ публикаций отечественных и зарубежных авторов позволяет выделить устойчивую тенденцию к интеграции принципов ESG в стратегическое управление и финансовую политику. В современных условиях ESG-подход трансформируется из вспомогательного инструмента оценки инвестиционных рисков в системообразующий элемент стратегического планирования. Его внедрение способствует формированию новых стандартов корпоративного и государственного управления, ориентированных на долгосрочную устойчивость и ответственность перед заинтересованными сторонами. Более того, ESG-критерии становятся важным фактором при принятии инвестиционных решений, влияя на стоимость капитала и доступ к финансовым ресурсам. На макроэкономическом уровне интеграция ESG-принципов способствует выработке комплексных стратегий устойчивого развития, направленных на достижение баланса между экономическим ростом, социальной стабильностью и экологической безопасностью.

Теоретическая база исследования опирается на междисциплинарный подход. Данный подход объединяет положения теории устойчивого развития, институциональной экономики и экологического менеджмента, что позволяет рассматривать зеленое финансирование как многокомпонентное и системное явление. В рамках институциональной теории акцент делается на роли формальных и неформальных институтов в формировании условий для устойчивого инвестирования, тогда как экологический менеджмент ориентирован на практические механизмы минимизации негативного воздействия на окружающую среду. В этом контексте зеленое финансирование определяется как совокупность финансово-экономических отношений и инструментов, направленных на поддержку проектов, обеспечивающих снижение выбросов парниковых газов, повышение энергоэффективности, развитие возобновляемых источников энергии и адаптацию к климатическим изменениям.

Ключевым методологическим основанием выступает концепция устойчивого развития. Сформированная в рамках международных инициатив, она получила институциональное закрепление в Повестке дня до 2030 года, где определены приоритетные направления глобального развития. В рамках данной концепции зеленое финансирование рассматривается как инструмент, обеспечивающий согласование экономических, социальных и экологических

интересов. Особое значение придаётся интеграции климатических аспектов в национальные стратегии развития, что позволяет повысить устойчивость экономических систем к внешним шокам и экологическим рискам.

Таблица 2 – Факторы устойчивого развития и практическая значимость зелёных инвестиций через ESG [2]

Фактор устойчивого развития	Содержание	Практическая значимость для Кыргызстана	Примеры проектов
E - Экологический	Снижение выбросов парниковых газов, переход на ВИЭ, энергоэффективность, управление отходами	Уменьшение углеродного следа, улучшение качества воздуха, сохранение экосистем	Солнечные электростанции («зелёные» облигации), переработка отходов, гидроэнергетика
S - Социальный	Вовлечение местных сообществ, гендерная инклюзивность, поддержка уязвимых групп, создание рабочих мест	Повышение качества жизни населения, укрепление социальной справедливости, участие молодёжи	Восстановление пастбищ (гранты ЗКФ — Глобальный экологический фонд и ФАО — Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН), «зелёное» сельское хозяйство, экологические инициативы в школах
G- Институциональный	Прозрачность управления, наличие стратегических документов, сотрудничество с международными организациями	Повышение доверия инвесторов, интеграция в глобальную систему устойчивого развития	«Зелёный город Бишкек» (ЕБРР— Европейский банк реконструкции и развития + грант Японии), проект по секвестрации углерода в лесах и пастбищах (ЗКФ + ФАО)

Принципы ESG формируют структурную основу анализа. Экологический компонент включает широкий спектр мер, направленных на декарбонизацию экономики, внедрение ресурсосберегающих технологий и снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду. Социальный компонент ориентирован на формирование инклюзивной модели развития, предполагающей равный доступ к экономическим возможностям, развитие человеческого капитала и повышение качества жизни населения. Управленческий компонент связан с совершенствованием институциональной среды, развитием механизмов подотчётности и повышением эффективности управления как на государственном, так и на корпоративном уровнях. В совокупности данные элементы формируют комплексную основу для анализа устойчивого развития.

Зеленое финансирование выступает связующим звеном, обеспечивающее трансляцию стратегических целей устойчивого развития в конкретные инвестиционные решения и практические результаты, способствуя синергии между финансовыми инструментами и социально-экономическими эффектами.

Методологическая основа исследования базируется на комплексном подходе. Использование сочетания количественных и качественных методов позволяет обеспечить всесторонний анализ процессов формирования и развития зеленого финансирования. Эмпирическая база включает официальные статистические данные, материалы международных организаций, а также результаты реализованных проектов, что обеспечивает достоверность и репрезентативность исследования.

К числу ключевых методов относятся сравнительный и институциональный анализ. Сравнительный анализ позволяет выявить особенности и различия между международными и национальными практиками, а институциональный анализ направлен на оценку эффективности нормативно-правовой базы и механизмов регулирования. Дополнительно применяется метод кейс-стади, позволяющий детально рассмотреть конкретные проекты и выявить факторы их успешности или ограничений.

Объектами анализа выступают проекты в различных секторах экономики. В частности, рассматриваются инициативы в области возобновляемой энергетики, устойчивого сельского хозяйства и городской инфраструктуры. Особое внимание уделяется комплексным программам, направленным на экологическую модернизацию городов, что позволяет оценить практическую реализацию принципов устойчивого развития. [5]

Результаты исследования и их обсуждение. Проведенный анализ показал наличие институциональных и финансовых предпосылок. В Кыргызской Республике формируется система зеленого финансирования, основанная на международных обязательствах и национальных стратегиях развития. Заявленные цели по сокращению выбросов свидетельствуют о стремлении страны интегрироваться в глобальную климатическую повестку и повысить экологическую устойчивость экономики.

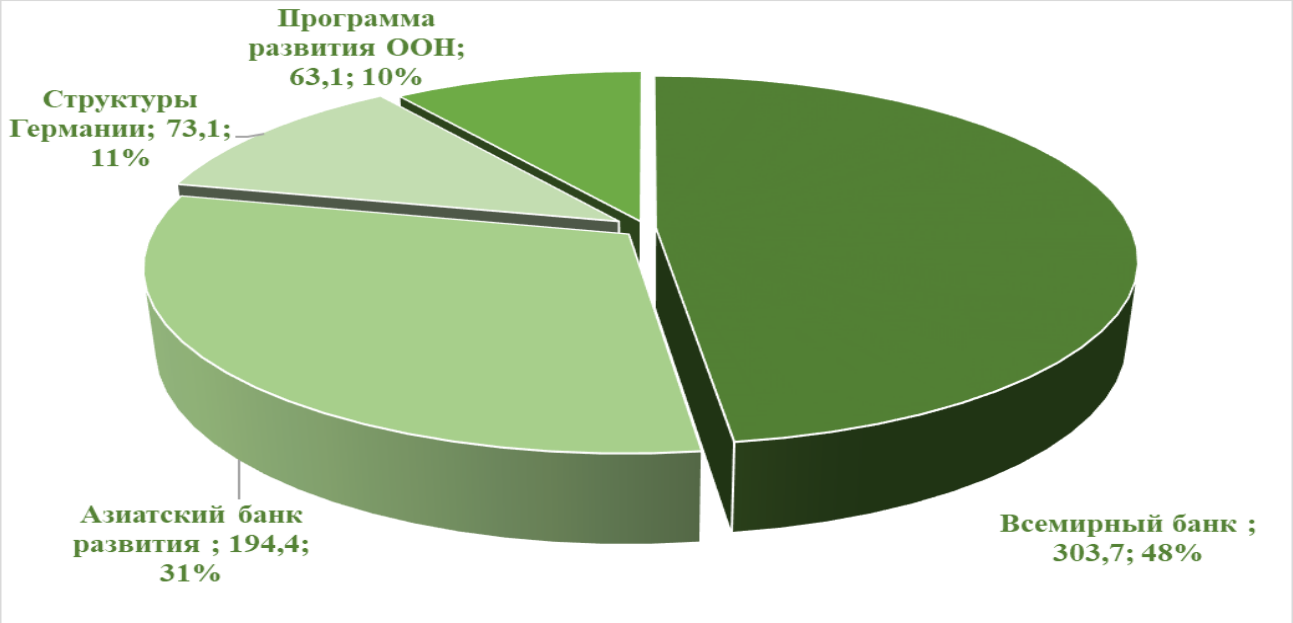


Рисунок 1 – Объём климатического финансирования от международных институтов, *млн долларов США* [3]

Согласно Концепции развития климатического финансирования, в период 2010–2024 гг. Кыргызская Республика привлекла около 0.62 млрд долл. США, что эквивалентно приблизительно 8.6 долл. на человека в год. Структура финансирования характеризуется высокой зависимостью от внешних источников. Преобладание грантовых средств указывает на ограниченность внутренних финансовых ресурсов, при этом наблюдается постепенное развитие инструментов долгового финансирования. Расширение использования зеленых

облигаций и льготных кредитов свидетельствует о переходе к более диверсифицированной модели финансирования.

Практическая реализация подтверждается рядом крупных проектов. Реализация проектов в энергетике, сельском хозяйстве и городской инфраструктуре демонстрирует значительный потенциал зеленого финансирования. Приведенные инициативы обеспечивают не только экологический эффект, но и способствуют экономическому росту, созданию рабочих мест и повышению качества жизни населения.

Результаты исследования подтверждают значимость зеленого финансирования. Оно выступает важным инструментом минимизации экологических рисков и повышения инвестиционной привлекательности экономики. Международный опыт показывает, что дальнейшее развитие требует совершенствования институциональной базы и активизации участия частного сектора.

Интеграция ESG-принципов способствует повышению эффективности управления. Она обеспечивает прозрачность, снижает риски и укрепляет доверие со стороны инвесторов и международных партнеров. В то же время сохраняются ограничения, связанные с недостаточным уровнем развития нормативной базы и кадрового потенциала.

Сравнительный анализ свидетельствует о соответствии глобальным тенденциям. Несмотря на достигнутый прогресс, требуется углубление реформ и развитие институциональной среды для повышения эффективности реализации климатической политики.

Выводы. Зеленое финансирование является ключевым фактором устойчивого развития. Его развитие обеспечивает переход к низкоуглеродной модели экономики и способствует достижению долгосрочных стратегических целей. Для Кыргызской Республики приоритетным направлением является формирование комплексной системы поддержки зеленых инвестиций.

В долгосрочной перспективе развитие данного направления имеет системный эффект. Оно позволит укрепить позиции страны в международной экономике, повысить конкурентоспособность и обеспечить сбалансированное развитие, учитывающее экономические, социальные и экологические аспекты.

Список литературы

1. Национальная стратегия развития Кыргызской Республики на 2018-2040 годы. - URL: http://donors.kg/ru/strategiya/5173-natsionalnaya-strategiya-razvitiya-kyrgyzskoj-respubliki-na-2018-2040-gody

2. Программа развития зеленой экономики в Кыргызской Республике на 2024-2028 годы» [Электронный ресурс] / URL: https://mineconom.gov.kg/froala/uploads/file/3bd5db922cf87fc28a0f3cbeced8e2bbe286956c.pdf

3. Zahari W.M.Z.W. Operationalising Green Sukuk within the World Bank Environmental and Social Framework // Discover Environment. – 2025. – Vol. 3.

4. Мурзаибраим, У.А. Некоторые аспекты развития банковского «зеленого» кредитования в Кыргызской Республике / У.А. Мурзаибраим, А.И. Абдиева // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2025. – № 11. – С. 206–211.

5. Тохтыева, З.Х. Устойчивое развитие зеленой экономики в Кыргызской Республике / З.Х. Тохтыева, Г.О. Бекжанова, А.К. Солпуева // Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова. – 2022. – № 2–3 (76). – С. 1166–1172.

УДК 658.56

Б.Д. Орозбаков, Е.П. Зыкова
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

B.D. Orozbakov, E.P. Zykova
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Rebublic

НЕОБХОДИМОСТЬ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ СЫРЬЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ

ӨНДҮРҮЛГӨН ПРОДУКЦИЯЛАРДЫН САПАТЫН ЖАКШЫРТУУ ҮЧҮН ЧИЙКИ ЗАТ КЕЛГЕНДЕ КОНТРОЛДООНУН ЗАРЫЛДЫГЫ

THE IMPORTANCE OF INCOMING RAW MATERIAL CONTROL FOR IMPROVING PRODUCT QUALITY

Макалада чыгарылып жаткан продукциянын сапатын жогорулатууда чийки затты кириш контролдоонун мааниси каралат. Чийки заттын сапаты өндүрүш процессинин туруктуулугуна жана даяр продукциянын коопсуздугуна түздөн-түз таасир этери белгиленет. Кириш контролдоонун негизги максаттары, ыкмалары жана критерийлери талданып, контролдун жоктугу менен байланышкан тобокелдиктер көрсөтүлөт. Ошондой эле сапатты башкаруу системасында документтештирүү, автоматташтыруу жана заманбап лабораториялык жабдууларды колдонуу маселелери каралат. Органикалык продукция өндүргөн ишканалар үчүн кириш контролдоонун өзгөчө мааниси белгиленип, өндүрүш процессинин туруктуулугун камсыздоодогу ролу көрсөтүлөт. Макалада кириш контролдоону натыйжалуу уюштуруунун практикалык сунуштары берилет.

Ачкыч сөздөр: *чийки затты кириш контролдоо, продукциянын сапаты, органикалык продукция, сапатты башкаруу, лабораториялык анализ, документтештирүү, автоматташтыруу, коопсуздук, өндүрүш процесси.*

В статье рассматривается необходимость входного контроля сырья для повышения качества выпускаемой продукции. Отмечается, что качество исходных материалов напрямую влияет на стабильность технологического процесса, безопасность и потребительские свойства готовой продукции. Проанализированы основные цели и задачи входного контроля, методы оценки качества сырья, а также риски, возникающие при отсутствии контроля. Особое внимание уделено вопросам документирования результатов, автоматизации процессов контроля и применению современного аналитического оборудования. Подчеркивается значимость входного контроля для предприятий, выпускающих органическую продукцию, где требования к качеству сырья являются более строгими. Приводятся практические рекомендации по организации эффективной системы входного контроля сырья как одного из ключевых элементов обеспечения конкурентоспособности продукции.

Ключевые слова: *входной контроль сырья, качество продукции, органическая продукция, управление качеством, пищевая промышленность, контроль качества, безопасность продукции, лабораторный контроль, стандарты качества, производственный процесс.*

This article discusses the importance of incoming raw material inspection for improving the quality of manufactured products. The quality of raw materials directly affects process stability, product safety, and consumer properties of finished goods. The paper analyzes the objectives of

incoming inspection, methods of quality assessment, and risks associated with the absence of control. Special attention is paid to documentation, automation of inspection processes, and the use of modern analytical equipment. The importance of incoming raw material control for enterprises producing organic products is emphasized. Practical recommendations for organizing an effective incoming inspection system are presented as a key factor in ensuring product competitiveness.

Key words: *incoming raw material inspection, product quality, organic products, quality management, food industry, quality control, product safety, laboratory testing, quality standards, production process.*

В современных условиях жесткой конкуренции и высоких требований потребителей качество продукции становится ключевым фактором успеха любого предприятия. Одним из важнейших этапов обеспечения высокого уровня качества является входной контроль сырья, который позволяет своевременно выявлять несоответствия и предотвращать поступление некачественных материалов в производственный процесс. Такой подход значительно снижает риски брака, сокращает производственные затраты и способствует стабильности выпускаемой продукции.

Входной контроль сырья представляет собой комплекс процедур и методов оценки качества поставляемых материалов на этапе их приемки. Внедрение строгих стандартов и регулярных проверок помогает не только повысить надежность производственного процесса, но и укрепить доверие клиентов к бренду компании. Таким образом, системный входной контроль становится основой для достижения устойчивого развития предприятия и повышения конкурентоспособности на рынке.

Особенно актуален входной контроль сырья для предприятий, осуществляющих производство органической и натуральной продукции. В таких условиях требования к качеству исходных материалов значительно выше, поскольку отсутствие искусственных стабилизаторов и консервантов требует использования только безопасного и качественного сырья. В качестве примера можно привести деятельность ОсОО «Аттила Органик Фудс», специализирующегося на производстве органической продукции, включая мясные деликатесы, колбасные изделия различных видов, консервированные овощи и натуральные соки. Для обеспечения стабильного качества выпускаемой продукции на предприятии особое внимание уделяется проверке поступающего мясного сырья, овощей, фруктов и вспомогательных компонентов.

Введение: Значение качества сырья в производственном процессе. Качество сырья играет ключевую роль в обеспечении высоких стандартов готовой продукции. На начальном этапе производственного процесса именно от свойств и показателей поступающего сырья зависит возможность достижения требуемых характеристик конечного продукта. Необходимо учитывать, что даже при оптимальных технологических условиях использование некачественного сырья может привести к серьезным нареканиям со стороны потребителей, снижению конкурентоспособности продукции и увеличению затрат на переработку или утилизацию брака.

Входной контроль сырья позволяет выявить отклонения от норм по химическим, физическим и микробиологическим параметрам, предотвратить попадание дефектных компонентов в производственную цепочку, а также обеспечить стабильность и повторяемость технологического процесса. Кроме того, систематический контроль способствует сокращению расходов на доработку и ремонты оборудования, поскольку загрязненное или некондиционное сырье часто является причиной повышенного износа механизмов. Таким образом, внедрение и строгое соблюдение процедур входного контроля сырья является необходимым условием для повышения качества выпускаемой продукции, удовлетворения требований нормативных документов и укрепления репутации производителя на рынке.

Для предприятий пищевой промышленности, выпускающих органическую продукцию, данный вопрос имеет особое значение. Так, при производстве мясных деликатесов, колбасных изделий, консервированных овощей и натуральных соков необходимо контролировать

свежесть сырья, отсутствие посторонних примесей, соответствие санитарным требованиям и условиям хранения. Это позволяет обеспечить безопасность продукции и сохранить ее натуральные свойства.

Основные риски при отсутствии входного контроля сырья. Отсутствие входного контроля сырья сопряжено с рядом серьезных рисков, способных существенно повлиять на качество конечной продукции и привести к экономическим потерям. Прежде всего, невыполнение проверки сырья ведет к проникновению на производственную линию материалов с несоответствующими характеристиками — по химическому составу, физическим свойствам или санитарным нормам. Это может вызвать отклонения от технологических параметров процесса, снижение эффективности обработки и, как следствие, ухудшение потребительских свойств готовой продукции. Кроме того, в сырье могут присутствовать посторонние включения, загрязнения или микроорганизмы, что угрожает не только качеству продукции, но и безопасности конечного потребителя. Отсутствие контроля значительно увеличивает вероятность выхода нестандартной продукции, возвратов и рекламаций, что негативно отражается на репутации предприятия. Также несвоевременное выявление брака приводит к дополнительным затратам на переработку и утилизацию некачественной продукции. В целом, пренебрежение входным контролем сырья оборачивается снижением конкурентоспособности и риском нарушения нормативных требований, что делает обязательным внедрение эффективной системы оценки и отбора исходных материалов.[1,2]

Данные риски особенно актуальны для предприятий, производящих натуральную и органическую продукцию, где качество исходных компонентов напрямую влияет на безопасность готовых изделий. Например, при производстве мясных деликатесов, колбасных изделий, консервированных овощей и натуральных соков необходимо учитывать микробиологические показатели сырья, уровень свежести и соответствие санитарным требованиям. Отсутствие контроля на данном этапе может привести к снижению срока хранения продукции и ухудшению ее органолептических характеристик.

Методы и критерии входного контроля сырья. Входной контроль сырья является ключевым этапом обеспечения качества выпускаемой продукции, так как именно от начального материала зависит стабильность производственного процесса и конечные характеристики изделий. Для эффективного выполнения входного контроля применяются различные методы, каждый из которых направлен на выявление потенциальных отклонений и предотвращение поступления дефектных партий на производство.

Одним из основных методов является визуальный осмотр, который позволяет быстро оценить внешний вид и наличие видимых повреждений, загрязнений или посторонних включений. Однако данный метод недостаточен для выявления скрытых дефектов, поэтому его дополняют физико-химические анализы. К таким анализам относятся определение влажности, кислотности, содержания механических примесей, а также спектральные методы, например, инфракрасная спектроскопия или хроматография. Эти методы применяются в зависимости от специфики сырья и требуемых параметров качества.

Критерии оценки сырья устанавливаются на основании нормативных документов, технических условий и требований к конечному продукту. Они могут включать показатели чистоты, однородности, размерной фракции, химического состава и других характеристик, влияющих на технологический процесс. Важно, чтобы критерии были четко регламентированы и отражали реальные потребности производства, что позволяет принимать обоснованные решения о приемке или отказе партии сырья, минимизируя риски сниженного качества продукции и экономических потерь.

Влияние входного контроля на качество конечной продукции. Входной контроль сырья играет ключевую роль в обеспечении высокого качества конечной продукции. Именно на этом этапе выявляются возможные дефекты и несоответствия, которые при пропуске могут привести к браку, снижению потребительских свойств и увеличению себестоимости производства. Контроль параметров сырья позволяет своевременно отфильтровать

некачественные партии, предотвратив их попадание в технологический процесс [1, 2]. Это сокращает количество переделок, снижает количество отходов и повышает общую эффективность производства. Кроме того, систематический входной контроль способствует стабилизации качества продукции, так как исключает вариации, связанные с неоднородностью сырья. В условиях жесткой конкуренции на рынке именно гарантированное качество становится конкурентным преимуществом, и входной контроль сырья является основным инструментом его достижения. Таким образом, внедрение и совершенствование процедур входного контроля напрямую влияет на удовлетворенность конечного потребителя, укрепляет репутацию производителя и способствует устойчивому развитию предприятия. [3]

Данный подход широко применяется на предприятиях пищевой промышленности, ориентированных на выпуск натуральной продукции. При производстве органических продуктов контроль качества сырья позволяет обеспечить стабильность вкусовых характеристик, безопасность продукции и соответствие требованиям нормативных документов.

Современные средства и оборудование для контроля сырья. Современные средства и оборудование для контроля сырья играют ключевую роль в обеспечении высокого качества конечной продукции. В XXI веке предприятия применяют автоматизированные системы и аналитические приборы, которые позволяют выявлять дефекты и несоответствия на ранних стадиях производства. Среди наиболее востребованных устройств — спектрометры, хроматографы, а также высокоточные сенсоры, способные определять химический состав, влажность, плотность и другие показатели материала. Использование инфракрасной спектроскопии и рентгенофлуоресцентного анализа увеличивает точность и скорость диагностики, минимизируя человеческий фактор. Кроме того, внедрение цифровых технологий и искусственного интеллекта позволяет анализировать большие объемы данных, прогнозировать качество и предотвращать возможные отклонения. Такой комплексный подход к контролю сырья обеспечивает стабильность производственного процесса, снижает количество брака и способствует выпуску продукции, полностью соответствующей нормативным требованиям и ожиданиям потребителей. [3, 4]

Документирование результатов входного контроля и требования нормативных документов. Документирование результатов входного контроля сырья является важнейшим этапом в системе обеспечения качества продукции и напрямую связано с требованиями нормативных документов. Оно позволяет фиксировать выявленные отклонения и соответствие установленным требованиям, обеспечивая прозрачность и прослеживаемость каждого этапа проверки. Надежная регистрация данных способствует быстрому выявлению причин брака и оперативному принятию корректирующих мероприятий, что повышает эффективность производственного процесса.

Нормативные документы играют ключевую роль в определении требований к входному контролю сырья, обеспечивая стандартизацию и систематизацию процедур проверки качества на этапе приемки. Согласно положениям ГОСТов, технических регламентов и международных стандартов, входной контроль должен включать проверку физических, химических и микробиологических показателей сырья, а также соответствие упаковки и маркировки установленным нормам. В рамках данных требований обязательным является ведение полной документации результатов контроля.

Записи входного контроля должны содержать информацию о поставщике, партии сырья, дате проведения контроля, применяемых методах испытаний, полученных результатах, а также сведения о специалистах, проводивших проверку. Современные системы управления качеством предусматривают использование электронных журналов и баз данных, что значительно упрощает анализ, хранение и обработку информации, а также повышает точность учета.

Соблюдение требований нормативных документов и ведение полной документации позволяет предприятиям своевременно выявлять несоответствия, предотвращать использование некачественного сырья и обеспечивать стабильность производственного

процесса [5]. Кроме того, системное документирование результатов входного контроля способствует повышению уровня доверия со стороны заказчиков и регулирующих органов, укрепляет репутацию производителя и обеспечивает стабильное качество выпускаемой продукции.

Автоматизация процессов входного контроля. Автоматизация процессов входного контроля сырья играет важную роль в обеспечении стабильного качества выпускаемой продукции. Внедрение современных цифровых технологий позволяет значительно ускорить процедуру проверки, повысить точность измерений и минимизировать влияние человеческого фактора. Использование автоматических систем сканирования, датчиков и специализированного программного обеспечения обеспечивает оперативное выявление несоответствий, дефектов и возможных загрязнений сырья. Это позволяет своевременно исключать некачественные партии и предотвращать их попадание в производственный процесс, что способствует снижению уровня брака и рациональному использованию ресурсов.

Кроме того, автоматизация облегчает ведение цифровой документации, формирование отчетов и отслеживание истории проверок. Применение электронных баз данных и интеграция систем контроля с производственными процессами повышают прозрачность и управляемость качества. В результате автоматизированный входной контроль становится эффективным инструментом повышения производственной дисциплины, оптимизации затрат и укрепления конкурентоспособности предприятия.

Примеры внедрения входного контроля на предприятиях. Внедрение систем входного контроля сырья на промышленных предприятиях способствует значительному улучшению качества конечной продукции. На практике такие системы часто реализуются с применением автоматизированных и лабораторных методов контроля, что позволяет выявлять отклонения еще до начала производственного процесса. Например, на предприятиях пищевой промышленности используются методики отбора проб, лабораторные исследования и цифровые системы учета сырья, позволяющие контролировать микробиологические и физико-химические показатели. На фармацевтических заводах применяется комплексный входной контроль, включающий проверку физических характеристик, химического состава и соответствия нормативным требованиям. В металлургической отрасли широко используются технологии спектрального анализа для оперативной оценки состава поступающего сырья [6].

Аналогичный подход применяется и на предприятиях пищевой промышленности, специализирующихся на производстве органической продукции. Так, на предприятии ОсОО «Аттила Органик Фудс» входной контроль включает проверку мясного сырья, овощей и фруктов, оценку органолептических показателей, анализ сопроводительной документации, а также контроль условий транспортировки и хранения. Особое внимание уделяется соответствию сырья требованиям безопасности и натуральности, что позволяет обеспечить стабильное качество мясных деликатесов, колбасных изделий, консервированных овощей и натуральных соков.

Таким образом, примеры внедрения входного контроля показывают, что сочетание автоматизированных решений, лабораторных методов и строгого документирования позволяет минимизировать риски выпуска некачественной продукции, повысить эффективность производства и укрепить доверие потребителей.

Заключение. Входной контроль сырья является важнейшим этапом в обеспечении стабильного качества продукции и снижении производственных рисков. От своевременного и тщательного анализа поступающих материалов зависит не только соответствие конечного продукта установленным стандартам, но и эффективность всего технологического процесса. Недостоверное или несвоевременное выявление несоответствий на этапе приема сырья может привести к значительным затратам, переработкам и даже к браку готовой продукции, что негативно скажется на репутации предприятия.

Для производителей органической продукции входной контроль сырья приобретает особое значение, поскольку качество исходных компонентов напрямую влияет на безопасность и натуральность готовых изделий. Применение комплексного входного

контроля, как показывает практика, позволяет обеспечить стабильность качества, повысить доверие потребителей и расширить конкурентные преимущества продукции на рынке.

Таким образом, внедрение систем строгого входного контроля позволяет минимизировать вероятность дефектов, повысить уровень надежности производства и оптимизировать расходы. В итоге, комплексный контроль и документирование качества сырья являются ключевыми факторами, обеспечивающими конкурентоспособность продукции на рынке и удовлетворенность потребителей.

Список литературы

1. Басовский Л.Е. Управление качеством. — М.: ИНФРА-М, 2019.
2. Николаева М.А. Товароведение пищевых продуктов. — М.: Норма, 2021.
3. Мазохина-Поршнякова Н.Н. Контроль качества пищевых продуктов. — М.: Академия, 2017.
4. Шепелев А.Ф. Технология и контроль качества мясной продукции. — М.: КолосС, 2016.
5. Донченко Л.В., Надыкта В.Д. Безопасность пищевой продукции. — М.: ДеЛи принт, 2020.
6. Скурихин И.М. Химический состав пищевых продуктов. — М.: Агропромиздат, 2018.

УДК 697.1

А.Э. Абдесов, Ж.А. Бокоева
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

Arsen Abdesov, Zhyldyzgul Bokoeva
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
bokoevazhyldyz@mail.ru bokoevazhyldyz@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ

ЭНЕРГЕТИКАЛЫК СИСТЕМАЛАРДА КАЛЫПТАНУУЧУ ЭНЕРГИЯ БУЛАКТАРЫН ПАЙДАЛАНУУНУН КЕЛЕЧЕГИ

PROSPECTS FOR THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN POWER SYSTEMS

Бул макалада заманбап энергетикалык системаларда калыптануучу энергия булактарын пайдалануунун келечеги каралат. Калыптануучу энергия булактарынын негизги түрлөрү болуп саналган күн энергиясы, шамал энергиясы жана гидроэнергетикалары боюнча талдоо жүргүзүлдү. Алардын техникалык жана эксплуатациялык өзгөчөлүктөрү, артыкчылыктары жана кемчиликтери көрсөтүлдү. Экологиялык коопсуздук, зыяндуу заттардын бөлүнүп чыгышын азайтуу жана энергетикалык көз карансыздыкты жогорулатуу үчүн калыптануучу энергия булактарын колдонуу негизги артыкчылыктары катары белгиленди. Электр энергиясын өндүрүүнүн туруксуздугу жана электр тармактарын модернизациялоо зарылдыгы негизги көйгөйлөр катары каралды. Энергияны сактоочу системалардын жана интеллектуалдык тармактардын ролу баса белгиленди. Макалада кайра жаралуучу энергия булактарын комплекстүү колдонуу энергетиканын туруктуу өнүгүүсүнүн маанилүү багыты экени көрсөтүлдү.

Ачкыч сөздөр: *кайра жаралуучу энергия булактары, күн энергиясы, шамал энергиясы, гидроэнергетика, энергетикалык система, электр менен жабдуу.*

В статье рассматриваются долгосрочные перспективы применения возобновляемых источников энергии в современных энергосистемах. Проанализированы основные виды ВИЭ, включая солнечную, ветровую и гидроэнергетику, а также их ключевые технические, эксплуатационные и экономические особенности. Подробно рассмотрены преимущества использования альтернативной генерации, такие как экологическая безопасность, существенное снижение выбросов парниковых газов и повышение энергетической независимости отдельных регионов. Особое внимание уделено критическим проблемам интеграции ВИЭ в существующие централизованные системы электроснабжения. Данные сложности связаны с высокой неравномерностью генерации, ограниченной пропускной способностью распределительных сетей и необходимостью оперативного внедрения инновационных средств цифрового управления.

В работе отмечена значимая роль крупномасштабных систем накопления энергии, интеллектуальных сетей и автоматизированных систем управления в обеспечении устойчивой и надежной работы современных энергосистем.

Ключевые слова: *возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика, ветроэнергетика, гидроэнергетика, энергосистема, электроснабжение.*

The article examines the prospects for the use of renewable energy sources in modern power systems. The main types of renewable energy sources, including solar, wind and hydropower, are analyzed, along with their technical and operational characteristics. The advantages of renewable energy sources such as environmental safety, reduction of harmful emissions and increased energy independence are considered. Special attention is paid to the problems of integrating renewable energy sources into existing power supply systems, which are associated with the variability of generation and the need for modernization of electrical networks. The role of energy storage systems and smart grids in ensuring the stable operation of power systems is emphasized. It is concluded that the integrated implementation of renewable energy sources, taking into account regional conditions and technical capabilities, is an effective direction for the development of the energy sector.

Key words: *renewable energy sources, solar energy, wind energy, hydropower, power system, power supply.*

Современное развитие энергетики сопровождается устойчивым ростом потребления электрической энергии, что приводит к увеличению нагрузки на традиционные источники генерации. Ограниченность запасов ископаемых топлива и негативное воздействие энергетики на окружающую среду обуславливают необходимость поиска альтернативных путей энергоснабжения. В этом контексте возобновляемые источники энергии рассматриваются как один из ключевых факторов устойчивого развития энергетического сектора.

Использование ВИЭ позволяет снизить выбросы парниковых газов, повысить энергетическую безопасность и обеспечить децентрализованное электроснабжение удалённых и труднодоступных районов. Однако внедрение данных источников требует решения ряда технических задач, связанных с их интеграцией в существующие энергосистемы.

Целью настоящей статьи является анализ основных видов возобновляемых источников энергии и оценка перспектив их использования в современных энергосистемах.

Кыргызская Республика обладает достаточными запасами топливно-энергетических ресурсов, но их добыча и использование остаются на низком уровне.

Анализ топливно-энергетического баланса Кыргызской Республики за 2017-2020 годы показывает, что за указанный период не произошло существенных изменений в объеме производства топливно-энергетических ресурсов в республике (рост на 0,3%) при росте потребления на 2,17%, что свидетельствует об отставании темпов роста их добычи (производства) над темпами роста их потребления, что создает риски угрозы энергетической безопасности, дефицита и снижения надежности энергообеспечения страны, особенно в осенне-зимний период.

Начиная с 2014 года потребление электроэнергии в Кыргызской Республике уже превышало собственное производство на 1,9-5,3%. Однако в 2017-2020 годах объемы собственного производства электроэнергии были достаточны для обеспечения собственного потребления электроэнергии (за исключением существующего неудовлетворенного спроса, который оценивается в порядке 10% от текущего электропотребления).

По итогам 2020 года по данным Национального статистического комитета Кыргызской Республики в топливно-энергетическом балансе импорт электроэнергии составил 2,2%, природного газа 93,4%, топочного мазута 40%, угля 10,1%, автомобильного бензина 87,5%, угля 33%, дизельного топлива 85,2%, нефти 0,53%. Таким образом, республика имеет критически высокий уровень зависимости от импортируемых энергоресурсов, за

исключением электроэнергии и угля. При этом в сфере производства электроэнергии высока зависимость от одного вида - электроэнергии ГЭС (более 90%).

По итогам 2021 года с наступлением маловодного периода объем импорта электроэнергии составил 1,7 млрд. кВт.ч (включая объемы, предусмотренные товарообменом - 675,9 млн. кВт.ч) на общую сумму 844,8 млн. сомов [1].

Гидроэнергетические ресурсы. Гидроэнергетика является одним из наиболее традиционных и надёжных видов возобновляемых источников энергии. Гидроэлектростанции отличаются высокой эффективностью и длительным сроком службы. Они играют важную роль в регулировании режимов энергосистемы. В то же время строительство крупных гидроэнергетических объектов связано с высокими капитальными затратами и возможным негативным воздействием на экосистемы, что требует тщательной оценки экологических последствий [2].

По своим абсолютным показателям потенциала гидроресурсов и по концентрации этих ресурсов на своей территории, Кыргызская Республика занимает третье место среди стран СНГ после России и Таджикистана. В целом, использование гидроресурсов может покрыть внутренние потребности страны в электроэнергии и обеспечить экспорт в соседние страны.

Общая величина потенциальных гидроэнергетических ресурсов Кыргызской Республики: 268 учтенных рек, 97 наиболее крупных каналов и 18 водохранилищ, что составляет 28828 тыс. кВт по мощности и 143 млрд. кВт.ч по выработке электроэнергии в год средней водности. На сегодняшний день используется 10% от существующих возможностей.

Производственная база кыргызской электроэнергетической системы включает 9 крупных электростанций установленной мощностью 3963,5 МВт, включая 7 ГЭС установленной мощностью 3035 МВт, 2 ТЭЦ установленной мощностью 862 МВт и малые ГЭС установленной мощностью 66,5 МВт.

В 2020 году выработка ГЭС составила 13,98 млрд. кВт.ч, обеспечив более половины общего потребления ТЭР потребителями всех категорий республики [1].

Солнечная энергетика. Солнечная энергетика основана на преобразовании солнечного излучения в электрическую энергию с использованием фотоэлектрических преобразователей. Данный вид генерации отличается экологической чистотой, отсутствием шума и простотой обслуживания оборудования. Солнечные электростанции могут быть как централизованными, так и распределёнными, что расширяет область их применения.

Основными недостатками солнечной энергетики являются зависимость от погодных условий и времени суток, а также сравнительно низкий коэффициент использования установленной мощности. Для повышения эффективности солнечных электростанций требуется применение систем накопления энергии и современных систем управления [2].

Ветроэнергетика. Ветроэнергетика использует кинетическую энергию ветра для выработки электрической энергии. Современные ветроэнергетические установки обладают высокой мощностью и способны обеспечивать значительный объём генерации. Ветроэнергетика является экономически эффективной при наличии стабильных ветровых потоков.

К основным проблемам ветроэнергетики относятся неравномерность выработки электроэнергии и требования к выбору площадок размещения. Кроме того, интеграция ветровых электростанций в энергосистему требует применения автоматизированных систем регулирования [2].

Проблемы интеграции ВИЭ в энергосистеме. Несмотря на то, что Кыргызская Республика относится к числу регионов, обладающих огромным потенциалом возобновляемой энергии, кроме малых ГЭС нет ни одной энергоустановки от других источников ВИЭ, поставляющих свою электроэнергию в сети. Солнечная и геотермальная энергия и биогазовые технологии используются только на собственные нужды [1].

Основной проблемой внедрения ВИЭ является их зависимость от природных факторов, что приводит к нестабильности генерации. Для обеспечения надёжности электроснабжения необходимо развитие систем аккумулирования энергии и резервных источников питания.

Дополнительной задачей является модернизация электрических сетей и внедрение интеллектуальных систем управления, позволяющих эффективно распределять нагрузку и обеспечивать устойчивую работу энергосистемы.

Перспективы развития возобновляемой энергетики. Перспективы развития ВИЭ связаны с совершенствованием технологий генерации, снижением стоимости оборудования и развитием цифровых решений в энергетике. Комплексное применение различных видов ВИЭ позволяет повысить устойчивость энергосистем и снизить зависимость от традиционных источников энергии [4].

Возобновляемые источники энергии являются перспективным направлением развития энергетики. Использование ВИЭ способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Развитие систем накопления энергии повышает надёжность энергосистем. Рекомендуется комплексное внедрение ВИЭ с учётом региональных особенностей [2].

Новые технологии использования ВИЭ могут обеспечивать конкурентоспособное энергоснабжение, снижая при этом негативное воздействий на окружающую среду и здоровье человека, открывая возможности всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии различным категориям потребителей, что является одним из обязательств по достижению целей в области устойчивого развития [5].

Заключение. В ходе проведённого исследования были рассмотрены основные виды возобновляемых источников энергии и проанализированы перспективы их использования в современных энергосистемах. Установлено, что солнечная, ветровая и гидроэнергетика обладают значительным потенциалом для повышения энергетической эффективности и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Показано, что внедрение возобновляемых источников энергии способствует повышению энергетической безопасности, снижению зависимости от традиционных топливно-энергетических ресурсов и развитию децентрализованных систем электроснабжения. Вместе с тем выявлено, что нестабильность генерации, обусловленная природными факторами, является одной из основных проблем интеграции ВИЭ в существующие энергосистемы.

Отмечено, что развитие систем накопления энергии, модернизация электрических сетей и внедрение интеллектуальных систем управления позволяют повысить надёжность и устойчивость энергосистем при увеличении доли возобновляемых источников энергии.

Полученные результаты подтверждают целесообразность комплексного внедрения ВИЭ с учётом региональных условий и технических возможностей энергосистем. Рекомендовано дальнейшее развитие технологий генерации и накопления энергии, а также совершенствование нормативно-технической базы в области возобновляемой энергетики.

Список литературы

1. Национальный статистический комитет Кыргызской Республики: официальный сайт [Электронный ресурс https://cbd.minjust.gov.kg/160277/edition/1264523/ru].
2. Возобновляемые источники энергии: учебное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 2020.
3. Электроснабжение с использованием ВИЭ. – СПб.: Политехника, 2021.
4. Перспективы развития энергетики. – М.: Академия, 2019.
5. Современные энергосистемы. – М.: Энергия, 2018.

УДК 621.311.243:620.97

А.А. Ажиходжоева, А.Э. Толомушев
И.Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

A.A.Azhikhodzhoeva, A.E.Tolomushev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
aimaral0501@gmail.com, topaz_at@mail.ru

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СЕТЕВЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СОЦИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ И ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

СОЦИАЛДЫК ОБЪЕКТТЕРДИН ЭНЕРГИЯСЫ МЕНЕН КАМСЫЗ КЫЛУУ СИСТЕМАСЫНА ЖЕРГЕ ТУРГАН КҮН ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫН ИШКЕ АШЫРУУ МҮМКҮНЧҮЛҮГҮН ТАЛДОО ЖАНА ЭКОНОМИКАЛЫК НАТЫЙЖАСЫН БААЛОО

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF IMPLEMENTING GRID-CONNECTED SOLAR POWER PLANTS INTO THE POWER SUPPLY SYSTEMS OF SOCIAL FACILITIES AND ASSESSMENT OF THE ECONOMIC EFFECT

Бул макалада Бишкектеги 54 мектептин жана мектепке чейинки билим берүү мекемелеринин чатырларында электр тармагына туташтырылган фотоэлектрдик электр станцияларын (ФЭЭ) ишке ашыруунун техникалык-экономикалык негиздемеси келтирилген. Багыттоо коэффициенттерин эсептөөдө чатырдын чатырынын түрү эске алынган: узун жантайыңкы жерлер чыныгы чатыр аянтынын 40% түзөт, ал эми учтарынын жантайыңкы жерлери 10% түзөт. Электр тармагына туташтырылган ФЭЭЭ про-керектөө режиминде иштейт: энергия башында имараттын өз жүгүн жабат, ашыкча энергия тармакка 4,42 сом/кВт/саат кошумча тариф менен берилет. Болжолдонгон жалпы көрсөткүчтөр: жылына 8 895 000 сом үнөмдөө, ашыкча энергиядан жылына 46 363 000 сом киреше жана жылына 55 258 000 сом жалпы эффект. 4,42 сом/кВт/саат кошумча тарифте орточо кайтарымдуулук мөөнөтү 13,3 жылды түзөт, бул инвестициялык жагымдуулук критерийлерине жооп берет.

Ачкыч сөздөр: *электр тармагына туташтырылган күн электр станциясы; керектөөчү; чатыры чатырлуу; жашыл тариф 4,42 сом/кВт/саат; социалдык объектилер; ГИС; Global Solar Atlas; Кыргызстан.*

В статье проведён технико-экономический анализ внедрения сетевых фотоэлектрических станций (ФЭС) на вальмовых кровлях 54 школ и дошкольных организаций г. Бишкек. Тип кровли — вальмовая — учтён при расчёте коэффициентов ориентации: длинные скаты составляют 40%, торцевые — 10% от реальной площади. Сетевая СЭС работает в режиме просьюмера: энергия сначала покрывает собственную нагрузку здания, излишек отдаётся в сеть по зелёному тарифу 4,42 сом/кВтч. Прогнозируемые суммарные показатели: экономия — 8 895 тыс. сом/год, доход от излишков — 46 363 тыс. сом/год, суммарный эффект — 55 258 тыс. сом/год. Средний срок окупаемости при зелёном тарифе 4,42 сом/кВтч составляет 13,3 года, что соответствует критерию инвестиционной привлекательности.

Ключевые слова: *сетевая СЭС; просьюмер; вальмовая кровля; зелёный тариф 4,42 сом/кВтч; социальные объекты; ГИС; Global Solar Atlas; Кыргызстан.*

This article presents a feasibility study for the implementation of on-grid photovoltaic power plants (PVPs) on the hipped roofs of 54 schools and preschools in Bishkek. The hipped roof type was taken into account when calculating the orientation coefficients: long slopes account for 40% of the actual roof area, while end slopes account for 10%. The on-grid PVP operates in prosumer mode: energy initially covers the building's own load, with any surplus supplied to the grid at a feed-in tariff of 4.42 som/kWh. Projected total indicators: savings of 8,895,000 som/year, income from surplus energy of 46,363,000 som/year, and a total effect of 55,258,000 som/year. The average payback period at a feed-in tariff of 4.42 som/kWh is 13.3 years, which meets the investment attractiveness criteria.

Keywords: *on-grid solar power plant; prosumer; hipped roof; green tariff 4.42 som/kWh; social facilities; GIS; Global Solar Atlas; Kyrgyzstan.*

Введение. По данным Global Solar Atlas [1] для г. Бишкек глобальная горизонтальная инсоляция GHI = 1 680 кВтч/м²/год, фотовольтаический потенциал PVOUT = 1 450 кВтч/кВп·год при оптимальном угле наклона 35°. Кровли школ и детских садов представляют неиспользуемый ресурс для установки сетевых ФЭС.

Сетевая СЭС работает в режиме просьюмера: выработанная энергия прежде всего покрывает собственное потребление здания, излишек поступает в сеть по зелёному тарифу. Летом, когда учреждения закрыты на каникулы, потребление минимально — почти вся выработка уходит в сеть, что является периодом максимального дохода.

Цель работы — оценить технический потенциал вальмовых кровель 54 социальных объектов Бишкека, определить прогнозируемую экономию на оплате электроэнергии и доход от продажи излишков по зелёному тарифу 4,42 сом/кВтч, рассчитать срок окупаемости.

Ограничение: имеются данные о годовом потреблении (тыс. кВтч/год). Часовой график нагрузки, суточное и сезонное потребление, установленная мощность электроприёмников — отсутствуют. Расчёт выполнен в годовом приближении.

Объекты и методология

2.1. Выборка. 54 расчётные единицы: 36 школ (СОШ/ВШ) и 18 дошкольных организаций (ДОО/СДОО) г. Бишкек. Для 10 объектов несколько корпусов имеют общий счётчик — площади суммированы. Потребление — среднее за 2021–2024 гг.

2.2. Коррекция площади кровли. ГИС (QGIS) даёт горизонтальную проекцию. Для скатной кровли (α = 30°):

$$S_{реал} = S_{QGIS} \times (1 / \cos 30°) = S_{QGIS} \times 1{,}155 \quad (1)$$

2.3. Полезная площадь.

$$S_{пол} = S_{реал} \times К_{тех} \times К_{тень} \times К_{ориент} \quad (2)$$

К_тех = 0,75 — физически недоступная часть: отступы от парапета (~12–15%), вентшахты и выходы (~5–8%), проходы для обслуживания (~5–7%). Итого ~25–30% недоступно [4].

К_тень = 0,90 — потери от затенения: тень парапета (~4%), надстроек (~3%), взаимное затенение рядов (~3%). Суммарно 7–10%. По IEC 61724 [5]: 0,88–0,92.

2.4. Коэффициент ориентации для вальмовой кровли. Вальмовая кровля имеет 4 ската: 2 длинных (по 40% площади каждый) и 2 торцевых (по 10%). Конёк идёт вдоль длинной оси здания. Ориентация по ТЗ — угол отклонения длинной оси от южного направления. Эффективность по ТЗ: S=100%, SE/SW=95%, E/W=77,5%, NE/NW=67,5%, N≈0%.

$$К_{ориент} = \Sigma \text{ (доля площади ската} \times \text{эффективность направления)} \quad (3)$$

Таблица 1 — Коэффициент ориентации К_ориент для вальмовой кровли (верифицировано)

Ориент.	Конёк	Расчёт К_ориент	К_ориент
0°	E-W	40%×ЮГ(1,00)+40%×СЕВ(0)+10%×В(0,775)+10%×З(0,775) = 0,400+0+0,078+0,078	0,555
90°	N-S	40%×В(0,775)+40%×З(0,775)+10%×ЮГ(1,00)+10%×СЕВ(0) = 0,310+0,310+0,100+0	0,720
45°/-45°	NE-SW / NW-SE	40%×ЮВ/ЮЗ(0,95)+40%×СЗ/СВ(0,675)+10%×(0,675+0,95)	0,813
0° и 90°	Смешанный (Г-обр.)	(0,555+0,720)/2	0,638
Плоская	—	Монтаж 35° на юг, потери зазоров 15%	0,850

2.5. Мощность и выработка.

$$P_макс\ (кВт) = S_пол \times 200\ Вт/м^2 / 1000 \quad (4)$$

$$E_ФЭС\ (кВтч/год) = P_макс \times PVOUT = P_макс \times 1\ 450 \quad (5)$$

2.6. Экономический эффект (тариф 4,42 сом/кВтч). Сценарий А (51 объект, 94%): ФЭС ≥ потребление:

$$Экономия = E_потребл \times 2{,}62\ сом;\quad Доход = (E_ФЭС - E_потребл) \times 4{,}42\ сом \quad (6)$$

Сценарий Б (3 объекта): ФЭС < потребление — только экономия:

$$Экономия = E_ФЭС \times 2{,}62\ сом \quad (7)$$

$$T_ок = CAPEX / (Экономия + Доход) = 85\ 000 / (1\ 450 \times 4{,}42) = 13{,}3\ лет \quad (8)$$

Технический потенциал кровель. Суммарная площадь кровель по ГИС — 72 153 м²; реальная после коррекции — ~83 тыс. м²; полезная — ~29 600 м². По ориентации: «0° и 90°» — 23; «90°» — 12; диагональ ±45° — 12; «0°» — 5; плоские — 2.

Таблица 2 — Технический потенциал по типам объектов

Показатель	Школы (32)	ДОО (22)	Итого (54)
Σ P_макс, кВт	7 368	2 208	9 576
Σ E_ФЭС, тыс. кВтч/год	10 684	3 201	13 885
Σ Потребление, тыс. кВтч/год	2 350	1 271	3 621
Σ Излишки в сеть, тыс. кВтч/год	8 334	1 930	10 264
Доля излишков от выработки, %	78,0	60,3	73,9

Экономический эффект. Расчёт выполнен по двум сценариям (раздел 2.6) при зелёном тарифе 4,42 сом/кВтч. У 51 из 54 объектов (94%) мощность ФЭС перекрывает годовое потребление: они одновременно экономят на счёте и получают доход от излишков. Летом в каникулярный период доля продаваемой энергии максимальна.

Таблица 3 — Экономический эффект при зелёном тарифе 4,42 сом/кВтч

Показатель	Школы СОШ/ВШ (32)	ДОО/СДОО (22)	Итого (54)
Σ Экономия (2,62 сом), тыс. сом/год	5 875	3 020	8 895
Σ Доход от излишков (4,42 сом), тыс. сом/год	38 894	7 469	46 363
Σ Суммарный эффект, тыс. сом/год	44 769	10 489	55 258
Σ Суммарный эффект, тыс. $/год	515	121	636
Ср. эффект на объект, тыс. сом/год	1 399	477	1 023
Σ CAPEX, млн сом	625	188	814
Ср. срок окупаемости, лет	14,8	17,0	15,7

Средний срок окупаемости по школам (14,8 лет) уже соответствует инвестиционному критерию ≤ 15 лет. Для ДОО (17,0 лет) требуется незначительное дополнительное субсидирование (~12% CAPEX).

Условия инвестиционной привлекательности.

Таблица 4 — Зависимость срока окупаемости от зелёного тарифа

Зел. тариф, сом/кВтч	3,40	4,42 (действ.)	5,00	6,00	7,00
T_ок (по формуле), лет	17,2	13,3	11,7	9,8	8,4
T_ок ср. по выборке, лет	18,8	15,7	—	—	—
Оценка	Выше нормы	✔ Приемлемо	Хорошо	Отлично	Отлично

При зелёном тарифе 4,42 сом/кВтч формульный срок окупаемости составляет 13,3 года (< 15 лет) — критерий инвестиционной привлекательности выполняется. Средний срок по выборке — 15,7 лет с учётом конкретных объёмов потребления и площадей кровель. По школам — 14,8 лет (норма), по ДОО — 17,0 лет. Для всех объектов положительный чистый доход за 25-летний срок службы гарантирован.

Заключение. Анализ 54 социальных объектов г. Бишкек с учётом вальмовой конструкции кровли и зелёного тарифа 4,42 сом/кВтч позволяет сформулировать следующие выводы.

1. Технический потенциал: суммарная мощность СЭС — 9 576 кВт, выработка — 13 885 тыс. кВтч/год, из которых 10 264 тыс. кВтч (74%) — излишки для продажи в сеть.

2. Экономический эффект: суммарная экономия — 8 895 тыс. сом/год; доход от излишков по тарифу 4,42 сом/кВтч — 46 363 тыс. сом/год. Суммарный эффект — 55 258 тыс. сом/год (~636 тыс. $/год).

3. Инвестиционная привлекательность: при зелёном тарифе 4,42 сом/кВтч средний срок окупаемости составляет 15,7 лет (по школам — 14,8 лет, что соответствует критерию ≤ 15 лет). Проекты являются инвестиционно привлекательными без дополнительного субсидирования.

4. Вальмовая кровля: при ориентации 0° (конёк E-W) К_ориент = 0,555; при 90° (конёк N-S) — 0,720. Объекты с ориентацией 90° имеют на 30% более высокий потенциал. Для точного проектирования необходимы данные о часовых графиках нагрузки.

Список литературы

1. Global Solar Atlas 2.0 / World Bank Group, Solargis. — URL: https://globalsolaratlas.info (дата обращения: 2024). — Бишкек: GHI=1680, PVOUT=1450 кВтч/кВп·год, угол 35°.
2. Закон КР «О возобновляемых источниках энергии» от 31 декабря 2008 г. №283.
3. СНиП II-26-76. Кровли: нормы проектирования. — М.: Госстрой СССР, 1977.
4. Quaschning V. Understanding Renewable Energy Systems. — London: Earthscan, 2016.
5. IEC 61724-1:2021. Photovoltaic system performance. Monitoring. — Geneva: IEC, 2021.
6. Постановление Правительства КР об утверждении тарифов на эл.энергию. — Бишкек, 2024.
7. Национальный реестр парниковых газов КР. — Бишкек: ГАООС КР, 2023.
8. Botpaev R., Orozaliev J., Vajen K. Analysis of solar energy utilization in Kyrgyzstan // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2016. — Vol. 53. — P. 1483–1490.
9. QGIS Documentation. Geometry Calculator. — URL: https://docs.qgis.org (2024).

УДК 621.316

А.Н. Аскарбеков
И.Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

A.N. Askarbekov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
almazas1arbekov03@gmail.com

ИЗУЧЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ЗАЩИТ ПРИ ВНУТРЕННИХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЯХ В СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ

КҮЧТҮК ТРАНСФОРМАТОРЛОРДОГУ ИЧКИ ЧУКУЛ ТУТАШУУДА ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫК КОРГОНУН ИШТЕШИНИН НАТЫЙЖАЛУУЛУГУН ЖОГОРУЛАТУУНУ ИЗИЛДӨӨ

STUDY OF INCREASING THE EFFICIENCY OF OPERATION OF DIFFERENTIAL PROTECTION DURING INTERNAL SHORT CIRCUITS IN POWER TRANSFORMERS

Макалада оптималдуу конфигурациялоо жана ички чукул туташуу учурунда трансформаторлордун жана автотрансформаторлордун дифференциалдык релелик коргоосунун ар кандай варианттарын сандык салыштыруу үчүн колдонула турган техникалык эффекттин такталган модели талкууланат.

Ачкыч сөздөр: *трансформатордук релелик коргоо, чукул туташуу, математикалык моделдөө, дифференциалдык коргоо, кириш ток.*

В статье рассматривается уточненная модель технического эффекта, которая может использоваться для оптимальной настройки и количественного сравнения разных

вариантов дифференциальных релейных защит трансформаторов и автотрансформаторов при внутренних коротких замыканиях.

Ключевые слова: *релейная защита трансформатора, короткое замыкание, математическое моделирование, дифференциальная защита, бросок тока.*

The article discusses a refined model of the technical effect, which can be used for optimal configuration and quantitative comparison of different options of differential relay protection of transformers and autotransformers during internal short circuits.

Keywords: *transformer relay protection, short circuit, mathematical modeling, differential protection, inrush current.*

Основными видами повреждений в силовых трансформаторах (СТ) являются: замыкания между фазами внутри кожуха СТ и на наружных выводах обмоток; замыкания в обмотках между витками одной фазы; замыкания на землю обмоток или их наружных выводов; повреждения магнитопровода, приводящие к местному нагреву и «пожару стали»; снижение уровня масла ниже уровня обмоток, что может привести к электрическому пробою и их повреждению. Опыт эксплуатации показывает, что КЗ на выводах и витковые замыкания в обмотках происходят наиболее часто. Междуфазные повреждения внутри бака СТ возникают значительно реже [1].

Применение дифференциальной защиты (ДЗ) в качестве защиты СТ позволяет обеспечить высокую чувствительность к большинству из перечисленных повреждений. Так как ДЗ по принципу действия не реагирует на повреждения вне зоны защиты, то отсутствует необходимость согласования времени действия ДЗ с защитами смежных элементов. Это приводит к тому, что при достаточной чувствительности ДЗ внутренние повреждения выявляются и устраняются с минимально возможными задержками по времени, обусловленными лишь временем действия промежуточных реле и коммутационной аппаратуры. Это преимущество ДЗ перед защитами с относительной селективностью обусловило её применение в качестве основной защиты мощных СТ. На менее мощных СТ в качестве основных устанавливаются токовые защиты, однако они могут быть заменены ДЗ в том случае, когда не удаётся обеспечить требуемую чувствительность токовой отсечки при КЗ на выводах низшего напряжения, а выдержка времени МТЗ при этом недопустимо велика .

В связи с этим в разработанной [2] математической модели технической эффективности дифференциальной токовой защиты трансформаторов и автотрансформаторов потери отказов срабатывания, ложных и излишних действий в виде вероятностей определяются в несколько этапов. Среди них определение законов распределения вероятностей параметра реагирования (ЗРВ) с помощью метода селекции исходных и выходных данных (СГИД) в разных условиях появления потерь. Например, отказы срабатывания случаются при коротких замыканиях (КЗ) на защищаемом объекте, излишние действия могут возникнуть при КЗ на внешних относительно защищаемого объекта КЗ, а ложные действия, возникающие при отсутствии КЗ, целесообразно подразделить в зависимости от условий возникновения на случающиеся в рабочих (эксплуатационных) и ненормальных, отличающихся от рабочих, но не являющихся КЗ (асинхронном ходе, обрывах фаз) условиях (режимах) [3,4,5]. Особенностью дифференциальной токовой защиты трансформаторов и автотрансформаторов является еще один вид ложных действий при включении под напряжение защищаемого объекта на холостой ход. Последнее возникает вследствие броска тока намагничивания в первый момент после включения трансформаторов и автотрансформаторов на холостой ход. Бросок тока намагничивания идентифицируется дифференциальной токовой защиты как повреждение в области действия и она может ложно отключить включаемый для работы трансформатор или автотрансформатор. При каждых из указанных условий может быть получен ЗРВ параметра реагирования тока. При этом в случае дифференциальной защиты ЗРВ можно рассматривать в координатах как дифференциальных (фактических) токов, на которые реагирует измерительный орган (ИО) данной защиты, так и сквозных токов, протекающих через

трансформаторы тока на той стороне защищаемого трансформатора или автотрансформатора, на которой произошло внешнее КЗ. Следовательно необходимо принять во внимание два вида токов и соответственно токовых уставок для дифференциальной защиты [6]: фактических или дифференциальных и проходных или сквозных. Между дифференциальными и сквозными величинами имеет место соответствие, которое естественным путем устанавливается для грубой ступени (дифференциальной отсечки) дифференциальной токовой защиты трансформаторов и автотрансформаторов с помощью отношения максимального сквозного тока при внешнем КЗ к уставке или небалансу ИО, соответствующем сквозному току. Соответствием уставке чувствительной ступени будет произведение этой уставки на указанное отношение. Это соответствие можно назвать уставкой чувствительной ступени координатах сквозного тока. В таком случае максимальный сквозной ток грубой ступени является ничем иным как уставкой этой ступени в координатах сквозного тока. Таким образом, при формировании областей и границ внешних элементов, входящих в зону действия ИО и обусловливающих излишние действия, необходимо пользоваться уставками каналов дифференциальной защиты в координатах сквозных токов. При расчете же вероятностей отказов срабатывания имеется возможность сформировать выражения для определения этих вероятностей только в координатах дифференциальных (фактических) токов.

Формирование областей излишних действий дифференциальной защиты (пространств сетей, присоединенных к каждой стороне трансформатора или автотрансформатора) в координатах сквозных токов осуществляется путем совместного интерактивного наблюдения превышения сквозным током КЗ тока уставки в координатах сквозных токов при перемещении точки КЗ по терминалам и пространству элементов каждой сети, подсоединенной к сторонам защищаемого трансформатора (автотрансформатора). При равенстве сквозных тока КЗ и уставки фиксируется граница области действия. Сумма параметров потоков КЗ на внешних элементах и их частях всех присоединенных к защищаемому трансформатору (автотрансформатору) сетей дает параметр потока (ω) для определения безусловной вероятности внешних КЗ.

Упоминание чувствительного канала обусловлено тем, что зона действия грубого канала может оказаться практически полностью отстроенной от внешних КЗ, если бы, как предписывает экспертно-руководящий метод настройки дифференциальной токовой защиты трансформаторов и автотрансформаторов, удалось отстроить дифференциальную отсечку от максимально-возможного сквозного тока.

Однако описанная процедура усредненной интеграции всего внешнего пространства сетей, входящих в зону действия измерительного органа дифференциальной защиты, является принципиально необозримой, даже случае относительно несложных внешних сетей и недостижимой по причине отсутствия приемлемых простых практических методов усреднения, например, [6]. Действительно, если варианты коммутационных состояний и видов повреждений как счетные совмещения дискретных объектов принципиально еще возможно реализовать, то варианты режимной загрузки генерирующих и потребляющих агрегатов вследствие непрерывности представляющего загрузку такого параметра как мощность принципиально неисчислимы. Кроме того, алгоритмы усреднения требуют для практической реализации удельные веса значений усредняемого параметра, определение которых на каждом этапе усреднения возможно только через законы распределения вероятностей (ЗРВ) при разных условиях коммутаций, видов КЗ и режимов источников (агрегатов) сетей. Это в свою очередь требует немалых и в какой-то степени бесплодных усилий по определению видов и параметров этих ЗРВ даже по скоростному методу СГИД . Бесплодность обусловлена тем, что метод СГИД при построении неизвестного вида ЗРВ дает только приближенное решение, а статистических оснований для назначения вида при разных конкретных условиях всегда меньше по сравнению со случаями с меньшим количеством фиксируемых условий, либо без

фиксации каких бы то ни было условий вообще. В последнем случае имеет место более надежное утверждение математической статистики о малом влиянии разных факторов на указанный параметр, а, следовательно, о нормальности ЗРВ этого параметра. Такой подход для усреднения параметра реагирования по всем факторам-условиям, кроме интересующего, используется при назначении нормального вида ЗРВ параметра реагирования, а два параметра ЗРВ при этом находятся по методу СГИД. Интересующие вероятности потерь: отказов срабатывания в условиях КЗ на защищаемом объекте, ложных действий при асинхронном, неполнофазном и эксплуатационных режимах, при включении трансформатора (автотрансформатора) на холостой ход, излишних действий при внешних КЗ находятся по полученным ЗРВ.

Отличительной особенностью вычисления излишних действий по сравнению с другими потерями является вариация пространства внешних сетей, на которых случаются КЗ, приводящие к излишним действиям. Данная особенность учитывается путем суммирования параметров потоков повреждений всех внешних элементов или их частей, которые при КЗ на них входят в зону действия измерительного органа дифференциальной защиты. Внешние КЗ вызывают излишние действия при нарушении ее блокирующего свойства, например, путем нарушения цепей циркуляции. При этом возможны излишние действия как при исправном , так и при отказе каналов быстродействующих защит элементов внешних сетей. В первом случае логичным является рассматривать 50% случаев правильных действий защит внешних элементов как способствующие излишним действиям. Во втором случае все отказы действия защит внешних элементов способствуют излишним действиям. Как первые, так и вторые случаи излишних действий имеют место при внешних КЗ в направлении пространства каждого внешнего компонента каждой внешней сети, присоединенной к выводам разных сторон защищаемого трансформатора (автотрансформатора). Поэтому должны быть заранее определены уставки быстродействующих защит внешних элементов сети и ЗРВ токов КЗ на них (для внешних трансформаторов или автотрансформаторов уставки и ЗРВ должны быть в сквозных токах их защит).

Уточненная модель технического эффекта может использоваться для оптимальной настройки и количественного сравнения разных вариантов дифференциальных релейных защит трансформаторов и автотрансформаторов.

Список литературы

1. Багинский, Л. В. Основные особенности продольных дифференциаль-ных защит электрооборудования электростанций и подстанций: учеб. пособие / Л. В. Багинский. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2005. – 66 с.

2.Зеленская О.М. Разработка математической модели технической эффективности дифференциальной защиты трансформаторов и автотрансформаторов // Современные техника и технологии: Тр. 12-й международной науч.-практ. конф. в 2-х т. −Томск: Изд-во ТПУ, 2006. –Т.1. С.29–30.

3. Федосеев А.М. Релейная защита электроэнергетических систем. М. Энергоатомиздат, 1984.

4. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения.- М.: Высшая школа, 2008.

5. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита энергетических систем: Учеб. пособие для техникумов. - М.: Энергоатомиздат, 1998. – 800 с.:ил.

6. Дьяков А.Ф., Платонов В.В. Основы проектирования релейной защиты электроэнергетических систем.- М.: Издательство МЭИ 2000 г.- 248 с.

УДК 621.316

А.Б. Базаркулов
И.Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

A.B. Bazarkulov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
aidarbazarkulov@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ АНОРМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ И ИХ ВЛИЯНИЯ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЗАЩИТ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ПРИМЕРЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫК КОРГООНУН МИСАЛЫНДА АНОРМАЛДЫК ШАРТТАРДЫ ЖАНА АЛАРДЫН КҮЧТҮК ТРАНСФОРМАТОРЛОРУН КОРГОО СИСТЕМАСЫНА ТИЙГИЗГЕН ТААСИРИН ИЗИЛДӨӨ

STUDY OF ABNORMAL CONDITIONS AND THEIR IMPACT ON THE OPERATION OF POWER TRANSFORMER PROTECTION SYSTEMS USING THE EXAMPLE OF DIFFERENTIAL PROTECTION

Бул иште MatLab-Simulink динамикалык моделдөө чөйрөсүн колдонуудагы релелик коргоо түзүлүштөрүнүн иштешин талдоо үчүн да, алардын анормалдуу иштөө шарттарында күч трансформаторлорунун мисалында коргоо түзүлүштөрүнүн иштешинин алгоритмдерин иштеп чыгуу жана сыноо үчүн да колдонуу мүмкүнчүлүгүн көрсөткөн моделдөөнүн натыйжалары каралат.

Ачкыч сөздөр: *дифференциалдык коргоо, күч трансформатору, кыска туташуу, математикалык моделдөө, анормалдуу режимдер.*

В работе рассматривается результаты моделирования, которые свидетельствуют о возможности применения среды динамического моделирования MatLab-Simulink как для анализа функционирования существующих устройств релейной защиты, так и для разработки и проверки алгоритмов функционирования защит на примере силовых трансформаторов при их анормальных режимах работы.

Ключевые слова: *дифференциальная защита, силовой трансформатор, короткое замыкания, математическое моделирование, анормальные режимы.*

The paper examines the results of modeling, which demonstrate the possibility of using the MatLab-Simulink dynamic modeling environment both for analyzing the operation of existing relay protection devices and for developing and testing algorithms for the operation of protection devices using the example of power transformers under their abnormal operating conditions..

Key words: *differential protection, power transformer, short circuit, mathematical modeling, abnormal modes.*

В настоящее время значительная часть оборудования электрических станций и подстанций выработала свой ресурс, однако продолжает эксплуатироваться из-за высокой стоимости замены . При этом силовые трансформаторы остаются ключевыми элементами энергосистем, обеспечивая преобразование напряжения и отличаясь высокой надежностью.

Современные требования к электроснабжению делают недопустимыми длительные отключения, так как они приводят к экономическим потерям и создают риски для

безопасности. В связи с этим в Кыргызстане возрастает внимание к мониторингу и диагностике высоковольтного оборудования, особенно трансформаторов.

Актуальность оценки технического состояния трансформаторов растет из-за их старения: около 60% оборудования уже отработало нормативный срок службы, а значительная часть трансформаторов эксплуатируется более 20 лет и требует капитального ремонта . Своевременная диагностика позволяет продлить срок службы, снизить затраты и предотвратить аварийные отключения.

Рост потребления электроэнергии требует модернизации инфраструктуры и замены трансформаторов на более высокие классы напряжения. При этом многие из них эксплуатируются более 40 лет, что вызывает сомнения в их надежности: одни могут работать свыше 50 лет, другие выходят из строя значительно раньше. Старение сопровождается повышенными нагрузками и температурными режимами, что увеличивает риск отказов.

Для повышения надежности необходима система оценки состояния оборудования, позволяющая выявлять трансформаторы с высоким риском аварий. Это важно для совершенствования систем технического обслуживания и ремонта, а также продления срока службы оборудования.

Несмотря на отсутствие движущихся частей, трансформаторы подвержены повреждениям и нарушениям режимов работы. Возможны короткие замыкания между фазами, на землю, межвитковые повреждения, а также аварии на вводах и ошиновке. К нарушениям нормальных режимов относятся перегрузки, сверхтоки, снижение уровня масла, его нагрев и выделение газов [1].

Анормальные режимы работы силовых трансформаторов (перегрузки, перенапряжения, внешние короткие замыкания, перегрев и снижение уровня масла) приводят к отклонению рабочих параметров и ускоренному износу оборудования. Они могут оказывать как прямое воздействие на состояние трансформатора, так и косвенно влиять на корректность работы релейной защиты. В таких условиях повышается риск ложных срабатываний или, наоборот, отказа защит при аварии. Особенно важно обеспечить устойчивость защит к сквозным токам и временным перегрузкам. Надежность функционирования защит зависит от правильного выбора уставок, их чувствительности и селективности. Поэтому анализ анормальных режимов является важным этапом повышения надежности и безопасности работы энергосистем [2].

В связи с этим трансформаторы должны быть оснащены релейной защитой, которая выполняет следующие функции:

- отключение трансформатора при повреждениях;
- защита при внешних авариях и сверхтоках;
- сигнализация при перегрузках и отклонениях параметров.

В соответствии с назначением защиты трансформаторов при их повреждениях и сигнализации о нарушении нормальных режимов работы применяются следующие типы защит [3, 4]:

Дифференциальная защита – для защиты при повреждении обмоток, вводов или ошиновки трансформаторов.

Токовая отсечка мгновенного действия для защиты трансформатора при повреждении его ошиновки, вводов или части его обмоток со стороны источника питания.

Газовая защита для защиты при повреждениях внутри бака трансформатора, сопровождающихся выделением газа, а также при понижении уровня масла.

Максимальная токовая защита, максимальная направленная защита или МНЗ с пуском минимального напряжения для защиты от сверхтоков, проходящих через трансформатор при повреждении, как самого трансформатора, так и элементов, связанных с ним.

Защита от перегрузки, действующая на сигнал на подстанции с обслуживающим персоналом и на отключение - без обслуживающего персонала [4].

В отдельных случаях на трансформаторах устанавливаются дополнительные виды защит.

В связи с этим рассмотрим работу цифровой дифференциальной защиты трансформатора смоделированной в системе MatLab-Simulink для защиты при повреждении обмоток, вводов или ошиновки трансформаторов

На основании вышеизложенных положений в среде MatLab-Simulink с использованием пакета расширения SimPowerSystems разработана комплексная модель исследования работы цифровой ДЗТ. Структурная схема модели приведена на рис. 1.

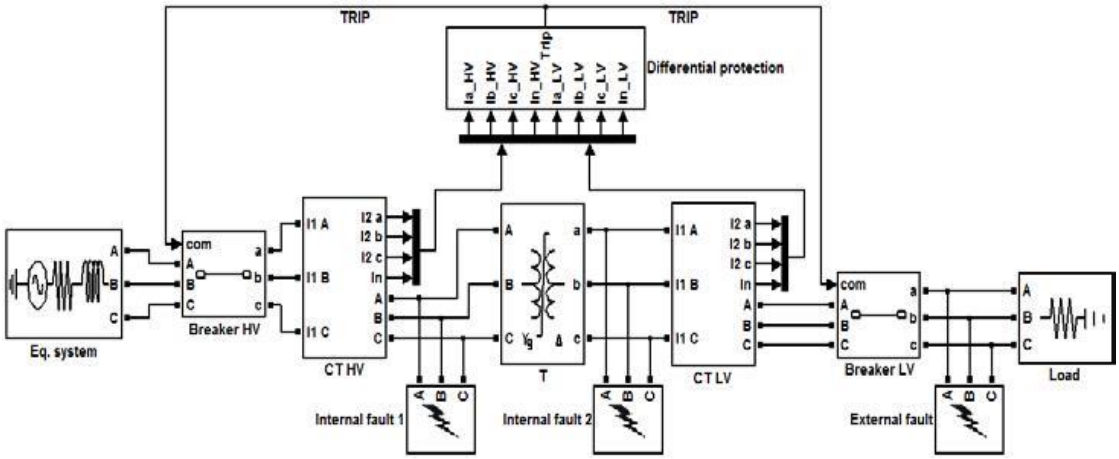


Рисунок 1 - Структурная схема модели исследования цифровой ДЗТ в MatLab-Simulink

Схема модели включает в себя: источник питания (Eq. system), трех-фазный силовой трансформатор (Т), трехфазные группы трансформаторов тока со стороны ВН (СТ *HV*) и НН (СТ *LV*) силового трансформатора, цифровую дифференциальную защиту (Differential protection), трехфазные си-ловые выключатели со стороны ВН (Breaker *HV*) и НН (Breaker *LV*) силового трансформатора, нагрузку (Load), блоки создания трехфазного КЗ в зоне действия ДЗТ (Internal fault 1 и Internal fault 2) и блок создания трехфазного КЗ вне зоны действия ДЗТ (External fault). Следует отметить, что все приведенные далее осциллограммы, диаграммы и формулы относятся к фазе *A*; время возникновения повреждения $t = 0$ с; рассматриваемое по-вреждение – трехфазное КЗ с наличием апериодической составляющей. Питание трансформатора осуществляется только со стороны ВН. Для возможности получения осциллограмм дифференциального и тормозного то-ков, а также траектории перемещения рабочей точки на протяжении всего времени моделирования действие цифровой ДЗТ на отключение силовых выключателей со сторон ВН и НН выведено. Будем считать, что команда на отключение выключателей начинает формироваться логикой защиты в момент перемещения рабочей точки из области NO TRIP в область TRIP с учетом наличия или отсутствия сигнала блокировки.

Режим работы модели (рис. 3) при внутреннм повреждении силового трансформатора при отсутствии насыщения трансформатора тока: выключа тели сторон ВН (Breaker *HV*) и НН (Breaker *LV*) включены, повреждение задается блоком создания трехфазного КЗ в зоне действия ДЗТ (Internal fault 1).

При внутреннем повреждении вследствие отсутствия подпитки места КЗ со стороны НН ($i_{LV}' = 0$) токи протекают только со стороны ВН, поэтому величины *Idiff* и *Ires* имеют одинаковые значения, что и отображается на рис. 2b. Мгновенные координаты рабочей точки равны между собой: $I_{diff} = \left|\dot{i}_{HV'} + 0\right| = I_{res} = \left|\dot{i}_{HV'}\right| + \left|0\right|$, а траекторией ее перемещения является переходящая из области NO TRIP в область TRIP прямая наклонная линия, изображенная на рис. 2a. Это свидетельствует о том, что цифровая ДЗТ правильно отработала в рассматриваемом режиме, т. е. сформировала команду на отключение силовых выключателей.

На рис. 2b также можно наблюдать характерный колебательный процесс при установлении действующего значения токов *Idiff* и *Ires*, связанный с недостаточным

совершенством цифрового фильтра, реализующего одно-периодное дискретное преобразование Фурье при подаче на его вход непериодического сигнала – тока КЗ с наличием затухающей апериодической составляющей.

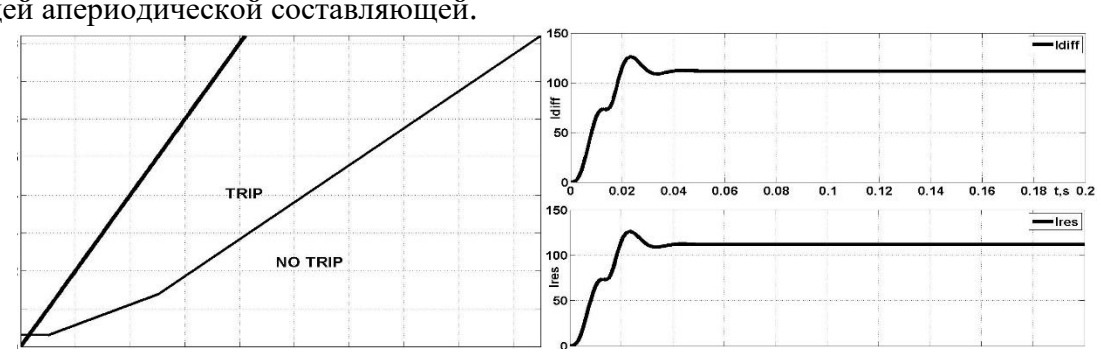


Рисунок 2 - Траектория перемещения рабочей точки при внутреннем повреждении (a); осциллограмма токов Idiff и Ires при внутреннем повреждении (b)

Режим работы модели (рис. 2) при внешнем поврежденим со стороны низшего напряжения силового трансформатора при отсутствии насыщения ТТ: выключа-тели сторон ВН (Breaker *HV*) и НН (Breaker *LV*) включены, повреждение задается блоком создания трехфазного КЗ вне зоны действия ДЗТ (External fault). При данном виде повреждения токи со сторон ВН и НН равны меж тоду собой, но имеют разное направление протекания по отношению к защищаемому трансформатору: *iHV'* протекает «к защищаемому объекту», что принято за положительное направление, а *iLV'* протекает «от защищаемого объекта», что принято за отрицательное направление. Поэтому дифференциальный ток $I_{diff} = \left| i_{HV'} - i_{LV'} \right| = 0,$ что и отображается на рис. 3b.

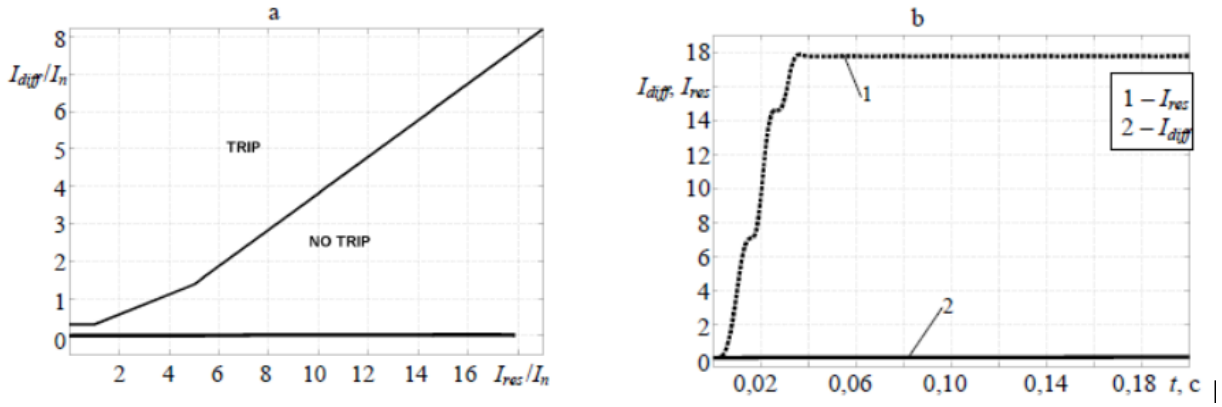


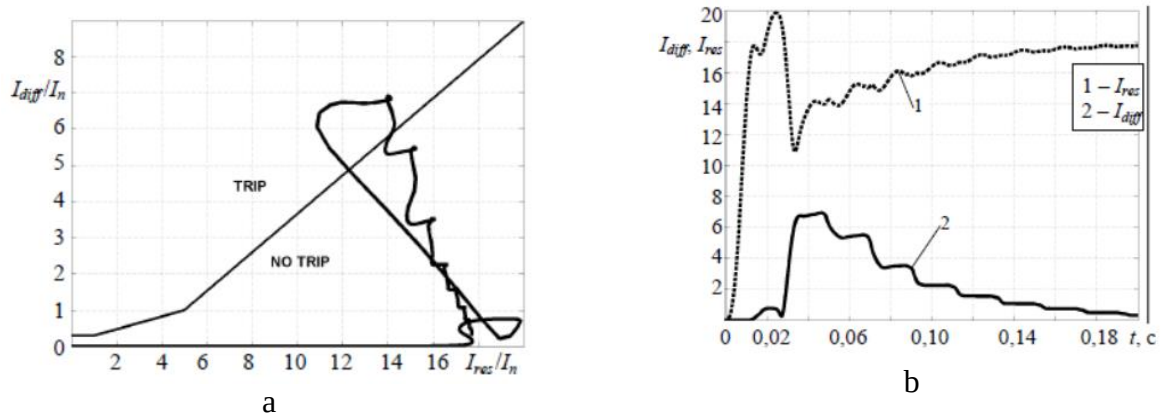
Рисунок 3 - Траектория перемещения рабочей точки при внешнем повреждении без насыщения ТТ (a) и изменение токов (b)

Следует отметить, что ложный дифференциальный ток, появляющийся вследствие изменения положения отпаек РПН и при протекании намагничивающего тока трансформатора, на осциллограммах и диаграммах не показан. Траектория перемещения точки с мгновенными координатами (*Ires, Idiff*), приведенная на рис. 3a, представляет собой параллельную оси абсцисс линию. Как и ожидалось, срабатывания ДЗТ в данном режиме не произошло, т. е. команда на отключение силовых выключателей не была сформирована.

Далее рассмотрим случай при внешнем поврежденим со стороны низшего напряжения силового трансформатора, сопровождающееся насыщением ТТ.

Для исключения ложной работы ДЗТ при насыщении ТТ уставка сраба-тывания увеличивается пропорционально протекающему сквозному току, что позволяет иметь высокую чувствительность при повреждениях, сопровождающихся небольшими токами, а также исключает излишнее срабатывание при внешнем КЗ из-за насыщения магнитной системы измерительных ТТ. Вышесказанное справедливо при правильном выборе

измерительного ТТ и правильно заданной характеристике цифровой ДЗТ. Режим работы модели (рис. 3) для рассматриваемого случая: выключатели сторон ВН (Breaker *HV*) и НН (Breaker *LV*) включены, повреждение за-дается блоком создания трехфазного КЗ вне зоны действия ДЗТ (External fault). В этом случае произошло излишнее срабатывание ДЗТ при внешнем КЗ. Причиной срабатывания является дифференциальный ток (рис. 4b), появившийся вследствие насыщения ТТ со стороны низшего напряжения силового трансформатора. Насыщение ТТ приводит к неполной трансформации первичного тока во вторичные цепи ТТ, что и дает нарушение равенства токов со сторон ВН и НН, т. е. дифференциальный ток $I_{diff} = \left|\dot{I}_{HV'} - \dot{I}_{LV'}\right| \neq 0.$ В данном режиме значение *Idiff* в первый момент времени практически равно нулю, и рабочая точка перемещается вправо по оси абсцисс. Однако по мере насыщения ТТ происходит перемещение рабочей точки в область срабатывания, при этом ее траектория имеет характерную петлевидную форму, что отображено на рис. 4a.



a b

Рисунок 4 - Траектория перемещения рабочей точки при внешнем повреждении с насыщением ТТ (a) и изменение токов (b)

Таким образом, избежать излишнего срабатывания в данном случае можно следующими способами:

1) использовать ТТ с большей номинальной кратностью и (или) большей номинальной мощностью;

2) увеличить угол наклона третьего участка характеристики цифровой ДЗТ;

3) использовать специальные алгоритмы распознавания режима насыщения измерительных ТТ, которые блокируют работу цифровой ДЗТ или автоматически увеличивают наклон третьего участка характеристики до момента выхода ТТ из режима насыщения.

Можно сделать следующие выводы, что полученные результаты моделирования свидетельствуют о возможности применения среды динамического моделирования MatLab-Simulink как для анализа функционирования существующих цифровых устройств релейной защиты, так и для разработки и проверки алгоритмов функционирования новых устройств цифровой релейной защиты на этапе внедрения в производство.

Список литературы

1. Алексеев Б.А. Контроль состояния (диагностика) крупных силовых трансформаторов. / М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. - 216 с.: ил.

2. Могузов В.Ф. Обслуживание силовых трансформаторов. [Текст] / - М.: Энергоатомиздат, 1991 – 192 с.

3. Циглер, Г. Цифровая дистанционная защита: принципы и применение / Г. Циглер; пер. с англ.; под ред. А.Ф. Дьякова – М.: Энергоиздат, 2005 – 322 с

4. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110-500 кВ: Руководящие указания по релейной защите. Вып. 13А. – М.: Энергия, 1985. – 112 с.

УДК 620.91:620.92(575.2)

К.К. Темирбаев, Р.Б.Куржумбаева
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

K.K. Temirbaev, R. B. Kurzhumbaeva
I. Razzakov Kyrgyz State Technical University, Bishkek, Kyrgyz Republic
temirbaevkutmanbek@gmail.com

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЗДАНИЯХ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН ИМАРАТТАРЫНДА КАЙРА ЖАРАЛУУЧУ ЭНЕРГИЯ БУЛАКТАРЫН КОЛДОНУУ МҮМКҮНЧҮЛҮГҮ

POSSIBILITIES FOR THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN BUILDINGS IN THE KYRGYZ REPUBLIC

Макалада КР имараттарынын борборлоштурулган энергия менен камсыздоодон көз карандылыгын азайтуу жана кайра жаралуучу энергия булактарын (КЖЭБ) интеграциялоо аркылуу көмүртек изин азайтуу маселелери каралат. Кыргызстанда КЖЭБ технологияларын колдонууну талдоо жана баалоо жүргүзүлүп, практикалык сунуштар иштелип чыкты. Кыргыз Республикасынын шарттарында коомдук имараттарды жылытуу үчүн жылуулук насосторун колдонуунун экологиялык жана экономикалык максатка ылайыктуулугу каралат. Салттуу отунду (көмүр жана жаратылыш газы) жана жылуулук насосторун колдонууда зыяндуу заттардын чыгындыларына салыштырмалуу талдоо жүргүзүлдү. Изилдөө жылуулук насосторун колдонуу жылытуу чыгымдарын олуттуу азайтарын жана чыгындыларын азайтуу аркылуу айлана-чөйрөгө тийгизген терс таасирин төмөндөтөрүн көрсөттү.

Ачкыч сөздөр: *көмүртек изин азайтуу, кайра жаралуучу энергия булактары, жылуулук насостору, экологиялык жана экономикалык пайдалуулук.*

В статье рассматриваются вопросы снижения зависимости зданий в Кыргызской Республике от централизованного энергоснабжения и уменьшения углеродного следа за счет интеграции возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Проведен анализ и оценка использования технологий ВИЭ в Кыргызстане, разработаны практические рекомендации. Рассмотрена эколого-экономическая целесообразность использования тепловых насосов для отопления общественных зданий в условиях Кыргызской Республики. Был проведен сравнительный анализ выбросов вредных веществ при использовании традиционных видов топлива (угля и природного газа) и тепловых насосов. Исследование показало, что использование тепловых насосов значительно снижает затраты на отопление и уменьшает негативное воздействие на окружающую среду за счет сокращения выбросов.

Ключевые слова: *сокращение выбросов углекислого газа, возобновляемые источники энергии, тепловые насосы, экологические и экономические преимущества.*

This article examines ways to reduce the dependence of buildings in the Kyrgyz Republic on centralized energy supplies and to lower their carbon footprint through the integration of renewable energy sources (RES). It analyzes and evaluates technologies for utilizing renewable energy sources in Kyrgyzstan and provides practical recommendations. The environmental and economic feasibility of using heat pumps for heating public buildings in the Kyrgyz Republic. A comparative analysis of harmful emissions from the use of traditional fuels (coal and natural gas) and heat pumps was

conducted. The study demonstrated that the use of heat pumps significantly reduces heating costs and minimizes the negative impact on the environment by reducing CO_2 emissions.

Key words: *carbon footprint reduction, renewable energy sources, heat pumps, environmental and economic feasibility.*

Введение. Актуальность данного исследования обусловлена тем, что в настоящее время энергопотребление зданий в Кыргызской Республике значительно возросло, создавая дополнительную нагрузку на электрические сети.

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) занимают важное место в энергетическом секторе Кыргызстана на фоне ограниченных природных ресурсов и как способ борьбы с изменением климата. Хотя в настоящее время доля ВИЭ в национальном энергетическом балансе составляет лишь 1%, существуют значительные возможности для разгрузки гидроэлектростанций страны за счет применения альтернативных источников энергии при правильной установке и эксплуатации ВИЭ технологий. Интеграция возобновляемых источников энергии в зданиях становится важным решением для снижения зависимости от централизованного энергоснабжения и уменьшения углеродного следа.

Кыргызстан имеет одну из самых высоких долей возобновляемой электроэнергии в мире (IEA, 2020) [1]. Географические и климатические условия Кыргызстана позволяют добывать энергию из четырех источников - солнца, ветра, воды и биомассы.

По данным Министерства энергетика и промышленности КР, малая гидроэнергетика может давать 5 – 8 млрд кВт.ч в год, ветровые станции – 44,6 млн кВт.ч в год, солнечные станции – 490 млн кВт.ч в год, а производство энергии из биомасс – 1,3 млрд кВт.ч в год [9].

Использование возобновляемых источников энергии может оказать положительное влияние на макроэкономические показатели страны путем снижения импорта фоссильных (традиционных) источников энергии, снижения стоимости энергии за счет ее выработки альтернативными источниками энергии. Кроме того, использование возобновляемой энергетики дает возможность получения новых рабочих мест, улучшает качество жизни путем получения доступа к энергии, что имеет социальную значимость. Кроме того, сокращение выбросов парниковых газов за счет использования альтернативной энергетики имеет особое значение в связи с глобальным потеплением и изменением климата [2].

На фоне кризиса в энергетическом секторе страны разработаны программы по развитию «Зеленой» экономики в Кыргызской республике [3] и план реализации «Определяемого на Национальном Уровне Вклада (ОНУВ) КР в Парижское соглашение Рамочной Конвенции ООН» [4], где рекомендуется снизить потребление угля через газификацию домохозяйств и котельных, а также расширить применение возобновляемых источников энергии.

На основе вышеизложенного строительным и проектным организациям предлагается использование тепловых насосов или оборудования с функцией теплового насоса для систем теплоснабжения зданий. Так как на данный момент в мире тепловые насосы активно развивают свою популярность. Это объясняется высокими ценами на энергетические ресурсы, а также поддержкой правительствами альтернативных источников в энергетической и экологической сфере. Например, в таких европейских странах, как Швеция, Норвегия и Эстония в последние годы показатели по установкам тепловых насосов значительно превысили средние показатели в остальном мире. В таких странах зачастую используют тепло сточных вод. Одна из самых крупных установок находится в Швеции. Там к вопросам энергоэффективности и экологии уделяется особое внимание. Поэтому уже большую половину домов в стране обогревают с использованием тепловых насосов. А ведь это грандиозная экономия электроэнергии. Первым городом, который перевели на отопление тепловыми насосами, стал Стокгольм. Почти вся шведская столица обогревается за счет морских тепловых насосов. В США правительство обязало строительные компании устанавливать тепловые насосы в каждой новостройке. Благодаря этому в стране в настоящий момент выпускается более 1 млн установок ежегодно. А к 2017 г. более 10 % жилых зданий

были обеспечены тепловыми насосами в комбинации с солнечными коллекторами, обеспечивающими снижение потребления электроэнергии более чем на 25 %. Япония выступает новатором во многих областях, в том числе и в применении тепловых насосов. Они очень ценят не только практичность и технологичность данного оборудования, но и его высокую энергоэффективность и получаемые в результате удобства. Для начала правительство страны инициировало программу по изучению последствий применения тепловых насосов. Не было выявлено ни единого отрицательного фактора воздействия на окружающую среду и на безопасность для человека. Это и стало причиной массового внедрения тепловых насосов в систему отопления. И сегодня Япония может служить ярким примером для других стран. Мировой опыт использования тепловых насосов показывает что их внедрение проходит со стороны государства [5].

Тепловой насос — это устройство, использующее механическую энергию для передачи тепла от низкопотенциального источника (энергия окружающей среды) к потребителю при более высокой температуре. Один и тот же тепловой насос может использоваться как для отопления зимой, так и для охлаждения летом [6]. Опыт использования тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий, показывает, что их применение способствует снижению расходов потребления энергоносителей, также позитивно влияет на показатели вредных выбросов в атмосферу, за счет использования энергии окружающей среды [7, 8].

Автором статьи предлагается установить тепловой насос для покрытия потребности в тепловой энергии системы отопления исследуемого объекта.

Объектом исследования является производственно-административное здание на собственной территории в с. Лебединовка МТФ-1 ул. №3/1 (рисунок 1). На данном объекте для нагрева и охлаждения установлены системы 2-трубных VRF-системы с функцией теплового насоса воздух-воздух коэффициентом преобразования (КОП) равным 4,75. Данные агрегаты адаптированы на работу в режиме обогрева в зимний период при -25 °С, транспортировка хладагента осуществляется с помощью медных трубок.

Описание проектируемого объекта:

Исходные данные

1. Данный проект разработан на основании архитектурно-строительных чертежей и соответствии с нормативными документами:

а). СНиП КР 23-02-00 "Строительная климатология и геофизика"

б). СНиП 2.04.05-91* "Отопление, вентиляция и кондиционирование"

в) СН КР 31-04:2018 "Общественные здания и сооружения

2.Тепло - холодоснабжение.

В проекте запроектированы следующие системы тепло-холодоснабжения:

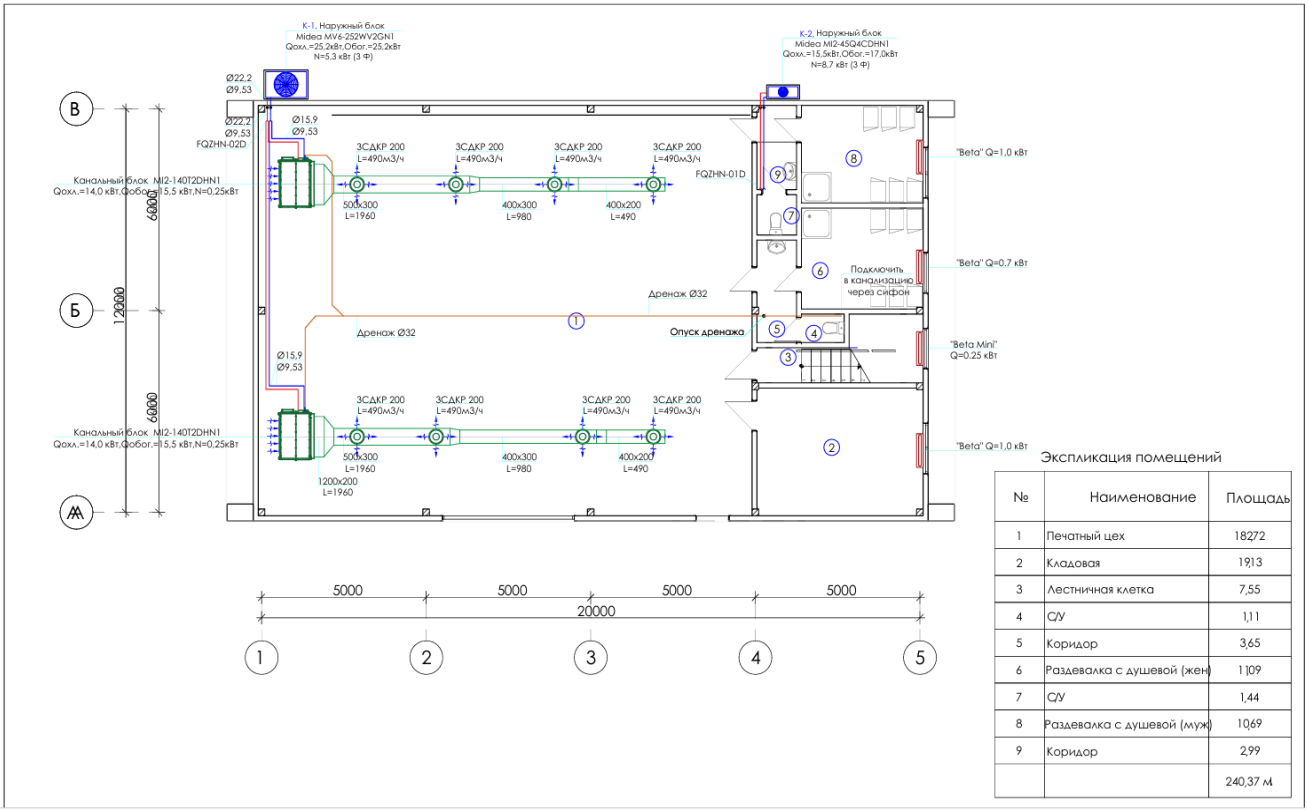
В помещениях требующих поддержания оптимальных параметров внутреннего воздуха, для ассимиляции теплоизбытков в летний период и отопления в зимний период года проектом предусматривается установка 2-трубных VRV-системы "Midea" К1-К2.С мощностью на обогрев и охлаждение-25,2кВт при установленной мощности-5,3 кВт.

Данные агрегаты адаптированы на работу в режиме обогрева зимний период при -25 °С транспортировка хладагента осуществляется с помощью медных трубок. Проектом предусмотрены внутренние блоки кассетного и канального типа. Канальный внутренний блок Midea MI2-140T2DHN1 отличается компактными размерами и высокой мощностью — 14 кВт для охлаждения и 15,5 кВт для обогрева, что позволяет эффективно обслуживать помещения площадью до 140 м².

Распределение тепла и холода осуществляется с помощью сопловых диффузоров 3СДКР с возможность регулировки направления потока воздуха на 30° от оси и регулирование количества подаваемого воздуха. Отвод конденсата от внутренних блоков осуществляется с помощью полипропиленовых труб и подключаются в канализация через сифон.

Для оценки эффективности применения тепловых насосов на нагрев были взяты для сравнения уголь и природный газ. Расчетное значение потребности в тепловой энергии здания пристройки был определен по методу, описанному в [8, 9], в результате которого было установлено, что потребность тепла цеха соответствует 22,5 кВт.

Далее были произведены расчеты суточного и годового потребления тепловой энергии, стоимость тепловой энергии за месяц и за весь отопительный период, также сопутствующие выбросы CO_2, при использовании традиционного топлива (уголь и природный газ), представленные в табл. 1. Стоимость природного газа составляет - 20,0766 сома за 1 $м^3$, угля в среднем – 6,0 сомов за кг (6000 сомов за тонну). Согласно многолетним данным [11], количество отопительных дней для исследуемой местности составляет 150 суток. Фактически начало отопительного периода определяется количеством суток с устойчивой средней температурой наружного воздуха ниже 8ºС.



Экспликация помещений

№	Наименование	Площадь
1	Печатный цех	182,72
2	Кладовая	19,13
3	Лестничная клетка	7,55
4	С/У	1,11
5	Коридор	3,65
6	Раздевалка с душевой (жен)	11,09
7	С/У	1,44
8	Раздевалка с душевой (муж)	10,69
9	Коридор	2,99
		240,37 м

Рисунок 1 - Производственно-административное здание на собственной территории в с. Лебединовка МТФ-1 ул. №3/1

Расчет суточной потребности тепла здания.

Qсут = Qmax ×10

Qсут = 22,5×10 = 225 кВт

где Qmax - расчетное значение часовой тепловой нагрузки на отопление.

Расчет сезонной тепловой потребности здания.

Qсезон = Qсут × 150

Qсезон = 225×150 = 33750кВт

где Qсут - суточное значение тепловой нагрузки на отопление.

Суточное потребление топлива согласно суточным тепловым потерям.

Bсут = Qсут × k

Уголь

Bсут = 225 ×0,3 = 67,5 кг/сут

Природный газ

Bсут = 225 × 0,1 = 22,5 м^3/сут

где k- коэффициент потребление ископаемого топлива на выработку 1кВт тепловой энергии (0,3 - коэффициент для угля; 0,1003- коэффициент для природного газа)

Сезонное потребление топлива согласно сезонным тепловым потерям.

Bсез = Qсез × 0,3

Уголь

Bсез = 33750×0,3 = 10125 кг/сезон

Природный газ

Bсез = 33750×0,1 = 3375 м^3/год

где k- коэффициент потребление ископаемого топлива на выработку 1 кВт тепловой энергии (0,3 - коэффициент для угля; 0,1003- коэффициент для природного газа).

Определение финансовых затрат на топливо.

Фсут= Всут*Т*Асом

Уголь

Фсут= 67,5*6,0сом/кг =405сом

Природный газ

Фсут= 22,5*20сом/м^3 =450сом

где: Вчас- часовое потребление топлива, согласно паспорту оборудования; Асом- стоимость единицы выбранного вида топлива, сом.

Фсезон= Всезон*Асом

Уголь

Фсезон=10125кг*6,0 сом/кг = 60750 сом

Природный газ

Фсезон=3375м^3*20сом/м^3 = 67500 сом,

где Всезон- сезонное потребление топлива; Асом- стоимость единицы выбранного вида топлива, сом.

Таблица 1 представляет собой сравнительный анализ потребления традиционного топлива в общественных зданиях при использовании тепловых насосов. В таблице содержатся данные о количестве отопительных дней, использующих основной вид топлива и объем потребляемого топлива. Сравнение данных показывает, что применение теплового насоса позволяет снизить использование традиционного топлива и снижение выбросов CO_2.

Таблица 1 - Потребление топлива, стоимость тепловой энергии и выбросы CO_2

Вид топлива	Потребление топлива		Стоимость тепловой энергии		Выбросы CO_2, *т/год*
	суточное потребление	годовое потребление	за месяц, *сом/мес.*	за год, *сом/год*	
Газ	22,5 м^3	3375 м^3	13500 с	67500 с	6,41
Уголь	67,5 кг	10125 кг	12150 с	60750 с	28,35
Электроэнергия (тепловой насос)	58 кВт	8700 кВт	5810 с	29050 с	-

Для более точной оценки воздействия применения различных источников топлива на природу, были также рассчитаны выбросы CO_2 от использования угля и газа для отопления общественных зданий, что дает четкое представление об экологической устойчивости метода.

Показатели сопутствующих выбросов при использовании угля и природного газа существенно снизились благодаря установке теплового насоса. Например, выбросы CO_2 от использования угля сократились с 28,35 тонн за отопительный период. Аналогично, выбросы CO_2 от использования природного газа уменьшились с 6,41 тонн за отопительный сезон. Это значительное снижение выбросов углекислого газа подчеркивает экологическую эффективность тепловых насосов. Сокращение выбросов CO_2 способствует уменьшению негативного воздействия на окружающую среду и улучшению качества воздуха [7].

Результаты исследования продемонстрировали, что использование тепловых насосов приводит к значительному сокращению экономических затрат на приобретение топлива и снижению выбросов CO_2 в атмосферу.

Выводы: Мировая практика демонстрирует, что при должном субсидировании использования тепловых насосов дает возможность получать большое количество теплоты, удельная стоимость которой в ряде случаев ниже, чем при применении классических источников.

Использование тепловых насосов для отопления зданий в условиях Кыргызской Республики значительно снижает затраты не только на топливо, но на эксплуатацию.

Внедрение тепловых насосов приводит к существенному сокращению выбросов углекислого газа (CO_2). Выбросы CO_2 от угля достигли нулевого значения, снизившись с 28,35 тонн/год, а от природного газа — с 6,41 тонн/год за отопительный сезон, что подтверждает экологическую эффективность тепловых насосов.

Интеграция тепловых насосов соответствует стратегиям продвижения зеленой экономики и уменьшению углеродного следа. Это способствует осуществлению международных обязательств Кыргызской Республики по уменьшению выбросов парниковых газов и устойчивому развитию энергетической отрасли.

Список литературы

1. Мировой энергетический прогноз (IEA) 2020 // [сайт]. – URL: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020
2. Анализ и оценка технологий использования возобновляемых источников энергии в Кыргызстане и их вклад в смягчение последствий изменения климата. Н. Абдырасулова,Ч. Сапарова,Б. Аскарбеков,О. Гудкова,А. Канатбеков, Аналитический документ. Бишкек, 2022
3. Министерство экономики и коммерции Кыргызской Республики // [сайт]. – URL: 6a0723b1ddba1f85fce34897e6654f6765710262.pdf
4. Erkin Boronbaev, Energy Saving Architecture: Engineering and Climate Change, Medicon Engineering Themes (ISSN: 2834-7218), Volume 4, Issue 6 (June 2023). https://themedicon.com/pdf/engineeringthemes/MCET-04-139.pdf
5. Федосеева Е. А. Анализ применения тепловых насосов в мире: Научная статья/ Федосеева Е. А , Крупеня Д. В., Булатов В. Р.
6. Министерство природных ресурсов, экологии и технического надзора Кыргызской Республики// [сайт]. – URL: https://mnr.gov.kg/ru/
7. СНиП КР 23-02-00 Строительная климатология.
8. А.С. Супуева. Снижение потребления теплоты и выбросов CO_2 зданий с использованием энергии окружающей среды, солнечной радиации и тепловых насосов: Научная статья/ А.Ч. Орозобекова, К.К.Муханова, Э.Э. Кулболдиев, И.А. Джорупбеков,
9. Abdykalykov, E. Boronbaev, U. Begaluev, K. Holmatov, N. Zhyrgalbaeva, Building wall corner structures, its microclimate and seismic resistance, in the e3s-conference Proceedings of 24th International Scientific Conference “Construction the Formation of Living Environment” (FORM-

2021), April 22-24, 2021, Moscow, Russia. E3S Web of Conferences 263, 04051 (2021). DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126304051

10. Министерство энергетики // [сайт]. – URL: https://minenergo.gov.kg/ru

11. E. Boronbaev, Energy-saving Architecture: Background, Theory and Practice in Kyrgyzstan, 12th Nordic Symposium on Building Physics (NSB 2020), 6-9 September 2020, Tallinn, Estonia. E3S Web of Conferences, 172, 19010 (2020). DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017219010.

“САНАРИПТЕШТИРҮҮ ЖАНА ГЛОБАЛДАШУУ ДООРУНДАГЫ ИЛИМ, ТЕХНИКА ЖАНА ИНЖЕНЕРДИК БИЛИМ БЕРҮҮ”

ЖАШ ОКУМУШТУУЛАРДЫН, МАГИСТРАНТТАРДЫН ЖАНА СТУДЕНТТЕРДИН 68-ЭЛ АРАЛЫК ОНЛАЙН ИЛИМИЙ-ТЕХНИКАЛЫК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫН

МАТЕРИАЛДАРЫ
3-Том

“НАУКА, ТЕХНИКА И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В ЭПОХУ ЦИФРОВИЗАЦИИ И ГЛОБАЛИЗАЦИИ”

МАТЕРИАЛЫ

68 МЕЖДУНАРОДНОЙ СЕТЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ (МСНТК) МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, МАГИСТРАНТОВ И СТУДЕНТОВ

Том 3

Редакторы Г.А. Кабылбекова , А.Б. Аманкулова
Тех. редактор: М.М.Черикбаев

Подписано к печати 21.05.2026. Объем 68.25 печатных листов
Электронный формат