**Министерство образования и науки Кыргызской республики**

**Кыргызский государственный технический университет**

**им. И. Раззакова**

**Кафедра: *«Теплоэнергетика»***

Методические указания к выполнению практических занятий

по дисциплине **«Экологическая безопасность ТЭС»** для магистров

по направлению подготовки 640100 ***«Теплоэнергетика и теплотехника»*** всех форм обучения

**Бишкек 2024**

РАССМОТРЕНО ОДОБРЕНО

на заседании кафедры методической комиссией

«Теплоэнергетика» энергетического института

Прот. № от\_\_\_\_2024 г. Прот. № от\_\_\_\_ 2024 г.

**Составитель:** ***Суюнтбекова Н.А.***

Методические указания к выполнению практических заданий по дисциплине «**Экологическая безопасность ТЭС**»для магистров по направлению подготовки 640100 «**Теплоэнергетика и теплотехника**» / КГТУ им. И.Раззакова; Сост.: Н.А.Суюнтбекова, Б.: ИЦ «Текник», 2024 г. – 14 с.

В методическом указании приведены задания к выполнению практических занятий по дисциплине «Экологическая безопасность ТЭС».

Предназначено для магистров направления подготовки 640100 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Табл. 6. Библиогр.: 9 назв.

Рецензент к.т.н., проф. ***Саньков В.И.***

**Введение**

**Экологическая безопасность ТЭС** - изучает вопросы рационального использования природных ресурсов и охрана окружающей среды. Энергетические предприятия оказывают неблагоприятное воздействие на атмосферу и гидросферу Земли. Основными направлениями работ в области охраны и защиты окружающей среды является использования современных достижений науки при проектировании новых ТЭС и АЭС, а также в процессе эксплуатации.

**Целью изучения** дисциплины является приобретение профессиональных компетенций, необходимых при проектировании и эксплуатации тепловых и промышленных электростанций, работающих на органических топливах.

**Задачи изучения дисциплины:**

Одной из предпосылок успешного решения проблемы сокращения вредных влияний ТЭС на окружающую среду является подготовка специалистов в области энергетики, не только глубоко разбирающихся в возможных последствиях воздействия ТЭС, но и способных обеспечить проведение необходимых природоохранных мероприятий при проектировании новых ТЭС и АЭС.

Изучив разделы, дисциплины магистрант должен знать:

- знать законы функционирования биологических систем, проблемы взаимодействия мировой цивилизации с природой и пути их разумного решения;

В результате изучения данной дисциплины магистранты должны уметь:

- уметь строить модели экологических систем

В результате изучения данной дисциплины магистранты должны владеть:

- владеть опытом выполнения необходимых измерений и расчета параметров окружающей среды.

В мире (и, в частности, в нашей стране) обозначилась тенденция к перераспределению общего топливного баланса, где доля использования твердых топлив, по отношению к жидким и газообразным, возрастает главным образом за счет более широкого вовлечения в энергобаланс низкосортных углей. Причина этого лежит в ограниченности мировых запасов нефти и газа по сравнению с углем с одной стороны, и в возможностях создания технологий сжигания угля, удовлетворяющих жестким экологическим требованиям, с другой.

**Перспективные направления развития**

**природоохранных технологий**

В мире (и, в частности, в нашей стране) обозначилась тенденция к перераспределению общего топливного баланса, где доля использования твердых топлив, по отношению к жидким и газообразным, возрастает главным образом за счет более широкого вовлечения в энергобаланс низкосортных углей. Причина этого лежит в ограниченности мировых запасов нефти и газа по сравнению с углем с одной стороны, и в возможностях создания технологий сжигания угля, удовлетворяющих жестким экологическим требованиям, с другой.

В нашей стране крупнейшими из эксплуатируемых месторождений бурого угля являются Канско-Ачинские. Их использование во многом определяет энергетическую политику государства. Поэтому предполагается дальнейшее развитие Канско-Ачинского энергетического комплекса (КАТЭКа), включая и социальную инфраструктуру региона вместе с ее тепловыми потребителями. Кроме того, угли бассейна используются почти по всей территории Сибири и Дальнего Востока, часто в крупных промышленных центрах на ТЭЦ. В этой связи следует отметить, что снабжение ряда сибирских ТЭС Канско-Ачинскими углями (КАУ) характеризуется резким изменением качества поставляемого топлива относительно проектного. В свою очередь, при поставках несортового топлива на ТЭС, не приспособленных к надежному его сжиганию, нарушается надежность работы оборудования, надежность энергообеспечения, ухудшаются экологические показатели, экономичность, оборудование быстрее стареет, снижается безопасность его эксплуатации. Это требует проведения комплекса работ по усреднению качественных характеристик топлива либо на месте добычи, либо, путем обогащения, в технологической схеме топливоподготовки ТЭС. При этом экологическая обстановка как в целом на КАТЭКе, так и в отдельных городах крайне тяжелая

Положение усугубляется тем, что парк энергетического оборудования в значительной степени морально и физически устарел. Мощность морально устаревшего оборудования в стране более 5 млн. кВт при удельных расходах топлива более 400 г/кВт×ч, причем значительная часть этого оборудования сосредоточена в Сибирьэнерго.

Предполагаемое развитие электроэнергетической системы Сибири показано в табл.1, откуда видно, что основное направление для обеспечения роста электротеплопотребления Сибири - строительство ТЭЦ. В то же время прогнозируемая добыча угля на КАТЭКе в 2000 г. должна составлять 110...115 млн. т/год против 60 млн. т/год в 1990 г. из которых 70% потребляет Минэнерго.

В то же время, в условиях увеличения потребления угля электростанциями, для предотвращения только увеличения суммарного выброса в окружающую среду вредных веществ потребуется значительное улучшение экологических показателей (на базе создания новых технологий сжигания твердых топлив) не только вновь вводимых мощностей, но и действующих, так как существующий в настоящее время уровень очистки является недостаточным. Создание таких технологий особенно актуально для крупных промышленных центров с их теплоцентралями.

Отличительной особенностью ТЭЦ является комбинированная выработка электрической и тепловой энергии. Это определяет их строительство вблизи потребителей тепла, что всегда предполагает развитую жилищно-коммунальную и бытовую инфраструктуру. Именно выработка тепла и близость густонаселенных жилых районов определяет остальные особенности ТЭЦ - по выбору промплощадки, установленной и единичной мощности, несению нагрузки, включению в единую энергосистему (ЕЭС), резервированию мощности и др. Причем особенное значение приобретают такие факторы (особенно для крупных городов) как сложившаяся схема тепловых, транспортных, кабельных и др. коммуникаций, водоснабжение, фоновые загрязнения, роза ветров, другие. Сегодня, в связи с переходом к рыночной экономике, появились новые факторы требующие учета. В первую очередь - это вопросы финансирования всех видов работ от проектирования до строительства. Кроме того, часть предприятий, выпускающих энергетическую продукцию, волею судеб оказалась за границей, что, если и не ограничивает возможности выбора оборудования, то, как минимум, увеличивает капиталовложения за счет таможенных пошлин. Нельзя не отметить и возросшую роль социального фактора, так как сегодня сила общественного мнения порой может повлиять на принятие решения. С другой стороны, требования предъявляемые к экологически чистой ТЭС в какой-то мере решают вопросы безопасности граждан, на что в конечном счете влияет загрязнение окружающей среды, но, тем самым, осложняют (и без того непростую) проблему финансирования, так как добиться требуемой очистки выбросов без значительных финансовых затрат не представляется возможным. В то же время, нельзя забывать и возможность (а может быть и необходимость) энергообеспечения городов с учетом мнения населения, так как именно люди являются конечными потребителями электроэнергии и тепла. Такой подход предполагает наличие альтернативных вариантов энергоснабжения и еще более осложняет проблему финансирования как с точки зрения проработки нескольких альтернатив, так и с точки зрения проведения процедур по выяснению общественного мнения.

Доля загрязнения окружающей среды от действия ТЭЦ в значительной мере определяется совершенством котельного, паросилового и вспомогательного оборудования. Примечательно, что паросиловое оборудование и сопутствующие ему вспомогательные механизмы, включая и систему охлаждения конденсатора, оказывает лишь тепловое воздействие на окружающую среду и с дренажной водой через различные протечки охлаждающих жидкостей и смазывающих веществ. В то же время, от работы котельного оборудования, включая системы топливоподготовки и очистки дымовых газов, в основном зависит степень загрязнения окружающей среды. Главным образом, это связано с выбросом в атмосферу продуктов сгорания с температурой 120...150 ОС, аэрозольная часть которых в значительной степени осаждается на землю с осадками, а газовая часть может вступать во взаимодействие с атмосферной влагой, кислородом или другими элементами воздуха. Такие выбросы, кроме непосредственного воздействия на окружающую среду вблизи энергоисточника, в конечном итоге, приводят к образованию так называемых “кислотных дождей”, утонению озонового слоя Земли, увеличению толщины облачного покрова и возникновению парникового эффекта, и охватывают территории, расположенные за сотни, а то и тысячи километров от источника выбросов. Вместе с тем, нежелательными экологическими факторами действия угольных ТЭС являются золоотвал, загрязнения с химводоочистки, промывок, другие относительно мелкие утечки от различных вспомогательных служб (мазутное хозяйство, склад ГСМ, гараж, газогенераторная, аккумуляторная, РММ и т.д.).

Очевидно, что элементная база создания новых технологий является одним из решающих факторов снижения вредных выбросов от действия ТЭС. В этой связи можно выделить два направления развития. Первое - это создание развитых систем серо-, азото- и золоочистки дымовых газов, в том числе и с утилизацией отходов в виде производства продукции для сельского хозяйства и стройиндустрии, и второе - это получение минимального содержания вредных веществ в дымовых газах за счет совершенствования топочных процессов, в том числе и создания развитых систем термической подготовки топлива.

**Загрязнение окружающей среды**

Расчет выбросов вредных веществ, образующихся при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива.

**Задание:** произвести расчет выбросов загрязняющих веществ при сжигании различного вида топлива;

**Цель** **задания**:

1) познакомиться с составом выбросов при сжигании топлива;

2) рассчитать выбросы предприятия (вариант выбирает студент самостоятельно);

3) выбрать подходящую, на Ваш взгляд, систему очистки газов для предприятия и, зная степень очистки, рассчитать выброс после очистки.

При сжигании различных видов твердого топлива в атмосферу поступает значительное количество твердых частиц (зола, пыль, сажа), окислов серы (SO2 и SO3), окислов азота (NO и NO2), окиси углерода (СО и СО2), а также альдегиды и органические кислоты.

Около 60 % общего количества аэрозолей, попадающих в атмосферный воздух, составляют твердые частицы (главным образом, пыль и зола), образовавшиеся при сжигании угля. Выброс золы при сжигании твердого топлива зависит от состава его минеральной части, типа топочного устройства и эффективности работы пылеулавливающих установок.

При сжигании угля с содержанием минеральной части в рабочей массе топлива Армз = 16 ─ 20 % в камерных топках вынос твердых частиц за пределы топочной части может составлять до 20 % от массы топлива, причем содержание золы в уносе (остальная зола удаляется со шлаком) составляет для пылеугольных топок с сухим шлакоудалением 85 ─ 93 %. При отсутствии систем пылеулавливания во время сжигания твердого топлива (угля) в атмосферу выбрасывается в 10─20 раз больше твердых частиц, чем при сжигании жидкого топлива.

Выброс окиси углерода котельными установками зависит в основном от неудовлетворительного регулирования процессов горения. Так, при сжигании топлива в небольших топливных установках выброс двуокиси углерода составляет 2 % и более от массы топлива.

Наиболее значительными по объему и трудно поддающимися очистке загрязнителями атмосферы являются окислы серы. 60─80 % ежегодного выброса окислов серы в атмосферу выбрасывается с продуктами сгорания от котлов и печей. При сжигании топлива в камерных топках практически вся сера переходит в сернистый ангидрид, причем содержание окиси серы в дымовых газах не зависит от организации топочных процессов и практически определяется концентрацией серы в топливе.

Более 90 % от общего количества выбросов азота в атмосферу приходится на продукты сгорания твердого и жидкого топлива и газа. В газоходах котлов 1─ 5 % от общего количества окиси азота вместе с продуктами сгорания удаляются через дымовые трубы в атмосферу.

К числу достаточно хорошо изученных канцерогенных веществ следует отнести, в первую очередь, бенз(а)пирен (С20Н12), который образуется в процессе пиролиза угля и углеводородного топлива при температуре более 6000С и обнаруживается в саже, дымовых газах. Образование бенз(а)пирена зависит от режима горения и, прежде всего, от количества кислорода и температуры.

Сжигание мазута и природного газа, так же как и сжигание твердого топлива, сопровождается выделением различных вредных веществ (окиси углерода, окислов азота, серы и сернистого ангидрида, летучих углеводородов, золы и пыли).

При сжигании жидкого топлива выделяется мелкодисперсная сажа, обладающая большей токсичностью, чем обычная пыль, и оказывающая неблагоприятное влияние на прозрачность атмосферы. Количество твердых частиц, выбрасываемых в атмосферу при сгорании мазута, составляет до 0,5 % от массы топлива.

Образование окислов азота в топках происходит главным образом в результате окисления азота воздуха при высоких температурах, а также при разложении и окислении азотсодержащих соединений, входящих в состав топлива. Концентрация бенз(а)пирена в продуктах сгорания газа невелика, а ряде случаев даже ниже, чем в окружающем воздухе.

**Расчет выбросов твердых частиц**

Количество золы и недогоревшего топлива, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами каждого котлоагрегата за год при сжигании твердого и жидкого топлива, рассчитывается по формуле:

где - расход топлива, т/год; - зольность топлива на рабочую массу, т/год;

- доля золы топлива в уносе; - доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях; - содержание горючих веществ в уносе, %; при отсутствии эксплуатационных данных по содержанию горючих веществ в уносе значение

принимают в соответствии , где - потеря тепла от механической неполноты сгорания топлива, % (принимается по нормам теплового расчета).

Значения и и , принимаются по фактическим средним показателям за год или по нормам теплового расчета.

**Расчет выбросов окислов серы**

Количество окислов серы SO2 и SO3 в пересчете на SO2 (т/год), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котлоагрегата за год при сжигании твердого или жидкого топлива, вычисляется по следующей формуле:

где – расход топлива, т/год; - содержание серы в топливе на рабочую массу,%; - доля окислов серы, связанных летучей золой в котле; - доля окислов серы, улавливаемых в золоуловителе.

Доля окислов серы, связанных летучей золой, зависит от зольности топлива и содержания свободной щелочи в летучей золе.

Ориентировочные значения при сжигании различных видов топлива:

сланцы - 0,5

угли - 0,02

мазут - 0.02

газ - 0,0.

**Расчет выбросов окиси углерода**

Количество окиси углерода (т/год), выбрасываемое в атмосферу с дымовыми газами котлоагрегатов за год при сжигании органического топлива, вычисляют по формуле:

где – коэффициент, характеризующий выход окиси углерода при сжигании твердого, жидкого и газообразного, кг/т или кг/тыс м3; – расход топлива (твердого, жидкого и газообразного), т/год или тыс. м3/год; - поправочный коэффициент, учитывающий влияние режима горения на выход окиси углерода; - потеря тепла от механической неполноты сгорания топлива, % (принимают по нормам теплового расчета).

При нормальной эксплуатации котла и нормативных значениях коэффициента избытка воздуха на выходе из топки (), коэффициент = 1. Если фактическое значение меньше нормативного, то указанное выше значение необходимо умножить на отношение нормативного значения к фактическому.

В случае, когда фактическое значение больше нормативного, то коэффициент = 0.

**Расчет выбросов окислов азота**

Количество окислов азота в пересчете на NO2 (т/год), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котлоагрегата за год, рассчитывается по следующей формуле:

где - коэффициент, характеризующий выход окислов азота, кг/т условного топлива; - теплота сгорания натурального твердого, жидкого и газообразного топлива, ккал/кг или ккал/м3; - потери тепла от механической неполноты сгорания, %; - поправочный коэффициент, учитывающий влияние на выход окислов азота качества сжигаемого топлива (содержание азота N2) и способов шлакоудаления;

- коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рециркулирующих газов в зависимости от условий подачи их в топку, %; - cтепень рециркуляции дымовых газов, %; - коэффициент, учитывающий конструкцию горелок (для вихревых горелок = 1, для прямоточных = 0,85).

- коэффициент для котлоагрегатов паропроизводительностью более 70 т/ч при сжигании газа и мазута во всем диапазоне нагрузок, а также при высокотемпературном сжигании твердого топлива с нагрузками выше 75 % номинальной определяется по формуле:

где и - номинальная и фактическая производительность котла или его корпуса, т/ч.

Для котлоагрегатов паропроизводительностью менее 70 т/ч:

Для водогрейных котлов:

где и – номинальная и фактическая тепловая производительность котла, Гкал/ч.

При высокотемпературном сжигании твердого топлива с нагрузками котла ниже 75 % номинальной в формулы (1) и (2)

вместо и подставляются 0,75 и 0,75 , низкотемпературном – и .

Исходные данные для расчетов находятся табл. 1-5.

Содержание вредных веществ в сгораемом топливе

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование топлива | Содержание вредных веществ в топливе, % от массы | | | | | Q теплота сгорания |
| СO | SO2 | NO2 | Пыль | Зола | ккал/кг,  ккал/м3 |
| Средняя по углям | 75,2 | 2,5 | 1,8 | 5,4 | 35 | 8000 |
| Сланцы | 73,5 | 3,9 | 0,3 | - | 53,5 | 8200 |
| Торф кусковой | 57,8 | 0,3 | 2,5 | 3,3 | 11 | 7850 |
| Газ | 12,9 | - | 0,023 | - |  | 8250 |
| Мазут высокосернистый | 86,2 | 3,0 | 0,5 | 0,06 | 0,3 | 9500 |
| Дрова | 51 | - | 0,6 | - | 1,0 | 4510 |

Эффективность аппаратов газоочистки и пылеулавливания

Таблица 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Аппарат, установка | Эффективность, % | |
| Твердые или жидкие частицы | Газообразование примеси |
| Золоуловители жалюзийного типа | 50 |  |
| Грунтовые циклоны ЦН-15 | 70-85 |  |
| Мокропрутковые золоуловители | 90-92 |  |
| Пылевые камеры | 45-50 |  |
| Пенные аппараты | 75-95 |  |
| Циклон с водяной пленкой | 85-90 |  |
| Золоуловители осадочного типа | 30 |  |
| Установки очистки от окислов азота на операциях травления |  | 65-90 |
| Гидрофильтры: форсуночные | 87-94 | - |
| каскадные | 86-92 | 30-40 |
| барботажно-вихревые | 90-92 | 45-50 |

Значение коэффициент (Сн) кг/т или кг/тыс. м3

Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид топок | Каменные угли | Сланцы | Торф | Мазут | Природный газ |
| Камерные с твердым шлакоудалением для котлоагрегатов производи- тельностью, т/ч  25 | 13 | 5,4 | 4,1 |  |  |
| 35 | 13 | 5,4 | 4,1 |  |  |
| 50 | 13 | 5,4 | 4,1 |  |  |
| Камерные для котлоагрегатов поизводительностью, т/га  До 75 |  |  |  | 19,4 | 17,9 |
| 75 и > |  |  |  | 9,6\* | 9,3\* |
| Слоевые механизированные топки | 25,7 | 31,0 | 16,0 |  |  |

Значение коэффициента при сжигании твердого топлива

(среднее)

Таблица 4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Топливо | Содержание  азота, % сред- нее | При твердой и  средней шлако- удаление | При жидком  шлакоудалении среднее |
| Уголь | 1,5 | 0,913 | 1,05 |
| Природный газ | - | 0,85 |  |
| Мазут |  | 0,75 |  |

Удельные показатели выбросов вредных веществ от топлива, сгораемого

в котлоагрегатах

Таблица 5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Удельные показатели в т/т | | | |
|  | Твердые частицы | Сернистый ангидрид  SO2 | CО окись углерода | Окислы азота NOх |
| Угли (среднее по 5) | 0,0676 | 0,0191 | 0,0423 | 0,00153 |
| Торф | 0,0326 | 0,0018 | 0,024 | 0,00125 |
| Мазут высокосернистый | 0,006 | 0,0549 | 0,0377 | 0,00257 |
| Газ (на 1000 м3) | 0,000024 | - | 0,0129 | 0,00215 |

Производительность используемых современных котлоагрегатов для сжигания твердого, жидкого и газообразного топлива составляет от 4 до 180 Гкал/ч () или 4,65 до 210 МВт. КПД угольных котлов составляет 90,5 – 92,4 %. Производительность котлов, т/ч: 30-75; 75-100; 160-210; 320, коэффициент рециркуляции газов () – 5-20 %. Удаление золы в продуктах сгорания 3- 5 %.

Потери тепла () с механическим недожогом при =1,15 - 1,20:

1. ***Угли***. Потери тепла в среднем находятся на уровне 2,5 - 3,0 %, торф – 0,75 %, сланцы – 0,5 %.

2. ***Мазут*.** Потери тепла (g4) при загрузке при = 1,02 - 1,03. При загрузке котла на 100 % потери тепла составляют 1,5 - 0,2 %, 70 - 100 % - 0,2 – 0,25 %, менее 70 % - 0,4 - 0,5 %.

3. ***Газ****.* Потери тепла при 0,03 - 1,05 и при 100 %-й загрузке котла равны 0,05 - 0,07 %, 70 - 100 %-й - 0,05 - 0,1, менее 70 % - 0,1- 0,15 %.

Таблица 6

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя цифра шифра | 0 | 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | 9 |
| Вопросы | 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
|  | 11 | 12 | | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | |
|  | 21 | 22 | | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | |
| Предпоследняя цифра шифра | 0 | 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Вопросы | 31 | 32 | | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | |
|  | 41 | 42 | | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | |
|  | 51 | 52 | | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 52 | |

**Вопросы для самопроверки:**

1. Сущность экологического аспекта в энергетике. Требования к экологически чистой ТЭС. Понятия и определения

2. Топливный цикл и его техногенное воздействие на среду обитания

3. Основные факторы влияния ТЭС на компоненты окружающей среды (гидросфера, литосфера, атмосфера).

4. Основные факторы влияния подстанций на компоненты окружающей среды (гидросфера, литосфера, атмосфера).

5. Преобразование вредных выбросов ТЭС в атмосферном воздухе

6. Влияние вредных выбросов электростанций на природу и человека

7. Перспективные направления развития природоохранных технологий

8. Системы очистки дымовых газов - как элементная база создания новых технологий

9. Выбросы золы и очистка от них

10. Методы химической очистки дымовых газов

11. Совершенствование топочных процессов - как элемент перспективного производства электроэнергии и тепла

12. Усовершенствование методов факельного сжигания

13. Обобщение перспектив развития природоохранных технологий

14. Характеристики летучей золы. Основы теории золоулавливания

15. Типы и характеристики золоуловителей

16. Инерционные золоуловители (расчет инерционных золоуловителей)

17. Прочие инерционные золоуловители

18. Мокрые золоуловители

19. Электрофильтры

20. Особенности улавливания золы с неблагоприятными электрофизическими свойствами

21. Эффект «обратной короны» и методы борьбы с ним.

22. Классификация способов сероочистки

23. Мокрые способы очистки дымовых газов от оксидов серы

24. Опытно-экспериментальная установка (ОЭУ) мокрого известнякового

25. Опытно промышленная установка по аммиачно-циклическому методу

26. Метод сероочистки дымовых газов «Хемико»

27. Метод сероочистки дымовых газов «Саарберг-Хельтер-Лурги»

28. Метод сероочистки дымовых газов «Хитачи»

29. Метод сероочистки дымовых газов «Бишофф»

30. Метод сероочистки дымовых газов «Кнауфф-Ресерч-Кортель»

31. Озонный метод сероочистки дымовых газов

32. Полусухие (мокро-сухие) методы очистки

33. Метод сероочистки дымовых газов фирмы «Ниро-Атомайзер»

34. Сухие методы сероочистки

35. Методы и технологии очистки дымовых газов от оксидов азота

36. Высокотемпературные некаталитические методы очистки дымовых газов от оксидов азота

37. Метод селективного каталитического восстановления оксидов азота

38. Технологические особенности селективного каталитического восстановления оксидов азота

39. Экономические аспекты очистки дымовых газов

40. Катализаторы и их применение в технологиях очистки дымовых газов

41. Дымовые трубы

42. Методика расчета рассеивания вредных веществ и выбор оптимальной высоты дымовой трубы

43. Контроль состава и концентрации вредных веществ в уходящих газах котлов

44. Классификация сточных вод ТЭС

45. Влияние сточных вод ТЭС на природные водоемы

46. Очистка сточных вод, содержащих нефтепродукты

47. Очистка сточных вод при помощи напорной и безнапорной флотации

48. Очистка обмывочных вод поверхностей нагрева котлов, химических промывок и консервации оборудования, систем гидрозолоудаления, водоподготовительных установок

49. Основные факторы влияния АЭС на компоненты окружающей среды (гидросфера, литосфера, атмосфера).

50. Перспективы развития ядерной энергетики

51. Основные причины сдерживающие развитие ядерной энергетики

52. Этапы подготовки ядерного топлива.

53. Виды радиоактивных излучений.

54. Что такое поглощенная и эквивалентная дозы.

55. Что такое экспозиционная доза?

56. Как обеспечивается защита обслуживающего персонала АЭС от действия излучений.

57. Типы сточных вод АЭС

58. Очистка сточных вод АЭС.

59. Баланс углерода на планете. Парниковый эффект.

**Библиографический список**

***Основная:***

1. Волков Э.П., Рихтер Л.А., Покровский В.Н. Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов ТЭС. М.: Энергоиздат. - 1981. - 296 с.

2. Жабо В.В. Охрана окружающей среды на ТЭС и АЭС. - М.: Энергоатомиздат, 1992. - 240 с.

3. Обзор современных методов очистки дымовых газов от окислов серы и утилизации образующихся отходов. - М.: ОРГРЭС, 1993. - 69 с.

4. Ларионов, Н. М. Промышленная экология: учебник и практикум для вузов / Н.М. Ларионов, А. С. Рябышенков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 382 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07324-9. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/449864

5. Промышленная экология: учеб.пособие/М.Г. Ясовеев [и др.]; под ред. М.Г. Ясовеева. — Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2019. — 292 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-006692-9. - Текст: электронный URL: https://znanium.com/catalog/product/1029343

***Дополнительная:***

6. Методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котлов тепловых электростанций. РД 34.02.305-90. - М.: ВТИ, 1991. - 34 с.;

7. Методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котлов тепловых электростанций. РД 34.02.305-98. - М.:

8. Островский, Ю. В. Промышленная экология: учебное пособие / Ю. В.Островский. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2018. — 91 c. — ISBN 978-5-7782-3639-4. — Текст: электронный// Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт].- URL:

http://www.iprbookshop.ru/91694.html

9. Брюхань, Ф. Ф. Промышленная экология: Учебник / Ф.Ф. Брюхань, М.В.Графкина, Е.Е. Сдобнякова. - М.: Форум, 2019. - 208 с. (Высшее образование). ISBN 978-5-91134-478-8. - Текст: электронный. - URL:

https://znanium.com/catalog/product/1002362.