

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского
Кафедра энергообеспечения и теплотехники

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Методические указания к практическим занятиям
для студентов высших аграрных учебных заведений,
обучающихся в магистратуре по направлению подготовки
13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Молодежный 2021

УДК 621.1:504.5(072)

Э40

Печатается по решению методического совета энергетического факультета Иркутского ГАУ (протокол № 5 от 19 января 2021 г.).

Составители: Бочкарев В.А., Очиров В.Д.

Рецензент: доцент кафедры электрооборудования и физики Иркутского государственного аграрного университета им. А.А. Ежевского, кандидат технических наук, доцент Боннет В.В.

Экологическая безопасность в теплоэнергетике: методические указания к практическим занятиям для студентов высших аграрных учебных заведений, обучающихся в магистратуре по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника / Иркут. гос. аграр. ун-т им. А. А. Ежевского; сост.: В. А. Бочкарев, В. Д. Очиров. – Молодежный : Изд-во Иркутского ГАУ, 2021. – 18 с. – Текст : электронный.

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Экологическая безопасность в теплоэнергетике» составлены в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – магистратура по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника и предназначены для укрепления теоретической подготовки и практических знаний студентов по дисциплине.

Включает методические указания по практическим занятиям и методические указания для самостоятельной работы студентов. В разделе методических указаний представлены контрольные вопросы для самостоятельной подготовки студента к прохождению всех видов контроля.

© Бочкарев В.А., Очиров В.Д., 2021.

© Иркутский ГАУ им. А. А. Ежевского, 2021.

ВВЕДЕНИЕ

Тепловые электростанции и котельные являются одними из загрязнителей атмосферного воздуха. Во многих населенных пунктах, в том числе и в Иркутской области, существуют города с неблагоприятной экологической обстановкой.

В нашей стране постоянно ведётся поиск новых путей сокращения и ликвидации загрязнения окружающей среды, рационального пользования природных ресурсов.

При решении природоохранных задач на тепловых электрических станциях следует учитывать их многообразие и увязывать с имеющимися возможностями и условиями.

Комплекс мероприятий, осуществление которых будет способствовать решению экологических проблем – технологические, организационные, технические и мероприятия по утилизации отходов.

Технологические мероприятия. С экологической точки зрения технологический процесс является источником выделения промышленных отходов, загрязняющих окружающую среду. Поэтому именно на технологические процессы в первую очередь и должно быть направлено внимание при решении природоохранных вопросов. Внедрение безотходных и малоотходных, безводных, и маловодных, а также других прогрессивных технологических процессов – основа всей природоохранной деятельности, как сегодня, так и в будущем.

Разработка и внедрение таких процессов иногда требует коренной перестройки технологического процесса. Однако только они обеспечивают наибольший – как экологический, так и экономический – эффект.

Организационные мероприятия. Направлены на такое размещение источников загрязнения окружающей среды, которое обеспечивает наименьшее воздействие их на природную среду.

Размещение промышленных объектов осуществляется с учётом создания санитарно-защитных зон необходимых размеров, господствующего направления ветров, что при определённых условиях обеспечивает снижение воздействия на окружающую среду до предельно-допустимых уровней.

Важное направление природоохранной деятельности – зонирование территории города с выделением отдельных промышленных площадок.

На этих площадках, где размещен ряд производств с различным источниками загрязнения, появляются условия для успешного решения таких вопросов, как создание единой, достаточной по размерам санитарно-защитной зоны и её благоустройство; строительство общих теплоэнергетических объектов, а следовательно, сокращение источников загрязнения; сооружение общих очистных систем-канализации, газоочистки, а так же общей базы транспортного обеспечения, что уменьшает выбросы от автотранспорта; осуществление комплексного транспортирования и утилизации отходов производства; строительство общей системы оборотного и повторного воздействия и т.д.

Создание промышленных площадок позволяет экономить значительные средства на строительстве инженерных коммуникаций, дорог и, главное способствует комплексному решению природоохранных задач.

Накапливается опыт решения экологических задач путем перепрофилирования производств на безопасные в экономическом отношении.

Реализация планировочно-организационных мероприятий по обеспечению качества природной среды предусматривает проведение предварительных расчётов и подготовительных работ.

Технические мероприятия. Строительство систем очистных сооружений – наиболее распространённый технический приём борьбы с загрязнением окружающей среды. Не затрагивая технологическую часть производства, такие сооружения позволяют в относительно короткие сроки обеспечить значительное сокращение сбросов и выбросов.

В настоящее время эксплуатируется множество конструкций очистных аппаратов, систем, сооружений размещающихся по принципу действия, конструктивным особенностям, эффекту очистки.

При решении вопроса о выборе той или иной системы очистки, прежде всего, следует убедиться в том, что все технологические мероприятия позволяющие сократить количество выбросов, исчерпаны. Это вызвано тем, что все очистные сооружения имеют ряд принципиальных недостатков: они обеспечивают не полную очистку отходящих стоков или газов, требуют осуществления дополнительных организационно-технических мероприятий, например строительство высоких дымовых труб, а так же решения задач по утилизации уловленных веществ. Всё это порой превращается в трудную неразрешимую проблему. Кроме того, желаемый эффект очистки достигается только при строгом соблюдении режимов эксплуатации установок и контроля, что также требует значительных средств.

Мероприятия по утилизации отходов. Сбор, транспортирование и утилизация отходов могут осуществляться различными методами. Оптимальный вариант – повторное использование их на данном или другом предприятии, в строительстве и т.п. В этом случае они перестают быть компонентами, загрязняющими природную среду, а при использовании для получения вторичного продукта даже дают немалую прибыль.

Для повторного использования отходы могут применяться как в своем исходном виде, так и после дополнительной технологической переработки. Во всех случаях их использование способствует экономии сырья, уменьшают затраты на его добычу и транспортирование, что в конечном итоге обеспечивает снижение себестоимости готового продукта.

Другим методом решения вопроса утилизации отходов является их регенерация. Зачастую в технологическом процессе не удается использовать сырьё в полном объеме. А иногда после технологической обработки оно становится непригодным к повторному применению. В таких случаях регенерация отходов позволяет вернуть только часть сырья.

Анализ материалов энергетических организаций, конгрессов и конференций позволяет сделать вывод о том, что дальнейшее развитие энергетики в России может в перспективе сдерживаться не недостатком первичных энергетических ресурсов, а негативным воздействием объектов топливно-энергетического комплекса и энергопотребляющих установок на окружающую среду.

Устранить это потенциальное препятствие развитию энергетического хозяйства можно тремя основными путями:

- совершенствование структуры топливно-энергетического баланса, увеличением в нем экономически оправданных пределах доли энергоресурсов, оказывающих наименьшее негативное воздействие на окружающую среду;

- оснащением энергопроизводящих и энергопотребляющих предприятий очистными установками и сооружениями по утилизации отходов энергетического производства;

- повышением энергетической эффективности материального производства, снижением непроизводительных потерь топлива и энергии во всех сферах экономики на базе технического перевооружения основных производственных фондов.

1 Проведение практических занятий

Практические занятия по дисциплине «Экологическая безопасность в теплоэнергетике» направлены на закрепление теоретических знаний, более глубокое освоение уже имеющихся у студентов умений и навыков и приобретение новых умений и навыков, необходимых для формирования компетенций, предусмотренных основной образовательной программой.

Процедура проведения занятия:

- повторение соответствующего теоретического материала, который необходим для проведения занятия. Студент должен иметь при себе тетрадь для практических занятий;
- решение студентами типовых задач на доске под контролем и с пояснениями преподавателя;
- самостоятельное решение задач. Преподаватель контролирует процесс, при необходимости консультируя студентов, добиваясь, чтобы каждый студент включился в практическую работу;
- в конце занятия преподаватель анализирует работу студентов и оценивает участие каждого в процессе решения задач;
- для закрепления полученных умений и навыков студентам выдается домашнее задание.

Практические занятия предусматривают:

- определение показателей вредности энергетических топлив;
- расчет предельно-допустимых выбросов от ТЭЦ и котельных;
- расчет предельно-допустимой мощности ТЭЦ или котельной с учетом экологического воздействия;
- расчет рассеивания вредных выбросов и определение границ санитарно-защитной зоны;
- разработку плана мероприятий при работе энергопредприятия в период неблагоприятных условий для рассеивания вредных выбросов;
- выбор типа золоуловителя для обеспечения необходимого уровня ПДК после рассеивания вредных выбросов;
- изучение газоанализаторов: устройство и принцип работы, очистка дымовых газов от окислов серы и азота.
- решение задач по рассматриваемым разделам дисциплины.

Задание на практическое занятие по соответствующей теме выдаются студентам в начале занятия.

Требования по выполнению заданий:

- все задачи следует решать подробно. Вычисления должны быть расположены в логическом порядке;
- графическую часть можно выполнять от руки в соответствии с данными условиями. Если рисунок требует точного выполнения, то следует пользоваться транспортиром и линейкой с указанием масштаба;
- решение каждой задачи должно быть доведено до окончательного ответа, которого требует условие, и, по возможности, проведено в общем виде. За-

тем в полученное выражение подставляют числовые значения (если таковые даны) входящих в нее переменных.

Для решения задач на практических занятиях может использоваться литература [4-9].

2 Общесистемные условия при освоении дисциплины

Кафедра энергообеспечения и теплотехники располагает материально-техническим обеспечением для реализации дисциплины. Каждый обучающийся обеспечен неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) Иркутского ГАУ из любой точки, в которой имеется доступ к сети «Интернет», как на территории Иркутского ГАУ, так и вне ее.

ЭИОС обеспечивает:

- доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочих программах дисциплин;
- формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение его работ и оценок за эти работы.

В случае реализации программы с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий ЭИОС дополнительно обеспечивает:

- фиксацию хода образовательного процесса, результатов промежуточной аттестации и результатов освоения программы магистратуры;
- проведение учебных занятий, процедур оценки результатов обучения, реализация которых предусмотрена с применением дистанционных образовательных технологий;
- взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное или асинхронное взаимодействие посредством сети «Интернет».

Каждому студенту при поступлении на первый курс деканатом энергетического факультета выдается индивидуальный логин и пароль для работы в ЭИОС, которыми студент пользуется в течении всего периода обучения.

3 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обеспечения проведения лекций и практических занятий кафедра энергообеспечения и теплотехники располагает необходимой материально-технической базой, соответствующей действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам. Помещения кафедры представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся в университете оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ЭИОС Иркутского ГАУ.

Иркутский ГАУ обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав определен рабочей программой дисциплины и подлежит обновлению при необходимости).

4 Самостоятельная работа студентов

Полное освоение курса в соответствии с учебным планом и рабочей программой дисциплины предполагает, помимо аудиторных занятий, выполнение самостоятельной работы.

Самостоятельная работа студентов (СРС) является неотъемлемой составной частью процесса подготовки магистров. Задача преподавателя – прививать студентам умение самостоятельно пополнять знания, ориентироваться в потоке информации.

Под СРС понимается часть учебной планируемой работы, которая выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа направлена на усвоение системы научных и профессиональных знаний, формирования умений и навыков, приобретение опыта самостоятельной творческой деятельности. Преподаватели, путем творческого подхода к активизации СРС, могут формировать культуру мышления студентов, расширять познавательную деятельность. СРС следует рассматривать как средство обучения и как форму изыскания новых знаний.

Основные виды самостоятельной работы:

1. Подготовка материалов для решения практических задач.
2. Выполнение контрольного задания.
3. Самостоятельное изучение разделов дисциплины.
4. Подготовка к текущему контролю знаний.
5. Подготовка к сдаче зачета.

4.1 Выполнение контрольного задания

Выполнение контрольного задания «Определение предельно-допустимой мощности ТЭС» является завершающим этапом в изучении дисциплины «Экологическая безопасность в теплоэнергетике» для студентов всех форм обучения.

В задании указывается месторасположение ТЭС, вид сжигаемого топлива, марка котельного агрегата и вид горелок, удельный расход условного топлива на выработанный кВт/ч, температура уходящих газов, средняя температура самого жаркого месяца года, число дымовых труб, высота дымовой трубы и ее диаметр, скорость газов в устье дымовой трубы (приложение 1 и 2).

Контрольное задание должно состоять из расчетно-пояснительной записки и графической части, выполненных в соответствии с заданием и оформленных с соблюдением требований.

При выполнении контрольного задания необходимо использовать справочную и методическую литературу [4-9].

Предельно-допустимая мощность ТЭС определяется по формуле:

$$N_y = \frac{H^3}{361} \cdot \frac{Q_n^p}{b} \cdot \sqrt{\frac{T_r \cdot \Delta T \cdot V_r}{N}} \left[\frac{\text{ПДК}_{\text{SO}_2} - C_\phi}{A \cdot m (3,39 \cdot S_y^p + V_r \cdot C_{\text{NO}_2})} \right]^{3/2}, \quad (1)$$

где H – высота дымовой трубы, м;

Q_n^p – теплотворная способность топлива, кДж/кг;

b – удельный расход условного топлива, г у.т./кВт·ч;

T_r – температура дымовых газов в устье дымовой трубы, К;

V_r – объем газов при нормальных условиях на 1 кг сожженного топлива, м³/кг;

N – число одинаковых дымовых труб;

$\text{ПДК}_{\text{SO}_2} = 0,5 \text{ мг/м}^3$ – предельно-допустимая концентрация двуокиси серы;

C_ϕ – фоновая концентрация двуокиси серы, мг/м³;

A – коэффициент температурной стратификации атмосферы, с^{2/3}мг/г·к^{1/2};

m – безразмерный коэффициент зависящий от скорости выхода газов из устья дымовой трубы;

$S_y^p = S^p \cdot (1 - \xi)$ – условное содержание серы в топливе;

ξ – доля серы, связанной золой и шлаком в процессе сжигания топлива.

Коэффициент ξ для большинства каменных и бурых углей с достаточной степенью точности можно принять равным 0,1, для канско-ачинских углей $\xi = 0,25$;

C_{NO_2} – концентрация двуокиси азота в дымовых газах, г/м³.

Концентрация двуокиси азота определяется по формуле:

$$C_{\text{NO}_2} = \frac{10^3 \cdot M_{\text{NO}_2}}{B \cdot V_r \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right)}, \text{ г/м}^3 \quad (2)$$

где M_{NO_2} – массовый выброс двуокиси азота, кг/с;

B – расход топлива на котельные агрегаты, кг/с;

q_4 – потери тепла от механической неполноты сгорания топлива, %.

$$M_{\text{NO}_2} = 10^{-3} \cdot K \cdot B_y (1 - 0,01q_4) \cdot \beta_1 (1 - \varepsilon_1 \tau) \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \varepsilon_2 (1 - \eta_{\text{аз}} \cdot \frac{n_{\text{оч}}}{n_k}) \quad (3)$$

где K – коэффициент, характеризующий выход окислов азота, кг/т. у т;

B_y – расход условного топлива за любой промежуток времени (т ут/год, кг ут/ч, кг ут/с и т.д.);

β_1 – коэффициент, учитывающий влияние на выход окислов азота качества сжигаемого топлива (содержание N^r);

ε_1 – коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рециркулирующих газов в зависимости от условий подачи их в топку парогенератора;

τ – степень рециркуляции дымовых газов в топку, %;

β_2 – коэффициент, учитывающий конструкцию горелок. Для вихревых горелок $\beta_2 = 1,0$, для прямоточных $\beta_2 = 0,85$;

β_3 – коэффициент, учитывающий вид шлакоудаления. При жидком шлакоудалении $\beta_3 = 1,6$, во всех остальных случаях $\beta_3 = 1,0$;

ε_2 – коэффициент, характеризующий снижение выброса оксидов азота при подаче части воздуха помимо основных горелок (при двухступенчатом сжигании), определяется по рисунку 4.1 при условии сохранения общего избытка воздуха α''_T на выходе из топки;

$\eta_{аз}$ – доля оксидов азота, улавливаемых в азотоочистной установке;

$\eta_{оч}$, η_k – длительность работы азотоочистной установки и котла, ч.

Коэффициент K вычисляется по эмпирическим формулам. Для котлов паропроизводительностью $D = 200$ т/ч и более, при сжигании газа и мазута во всем диапазоне нагрузок определяется как:

$$K = \frac{12 D_{\phi}}{200 + D_{н}}, \quad (4)$$

где $D_{н}$, D_{ϕ} – номинальная и фактическая паропроизводительность котла (корпуса), т/ч.

При сжигании твердого топлива в формулы вместо D_{ϕ} , Q_{ϕ} подставляем $D_{н}$, $Q_{н}$.

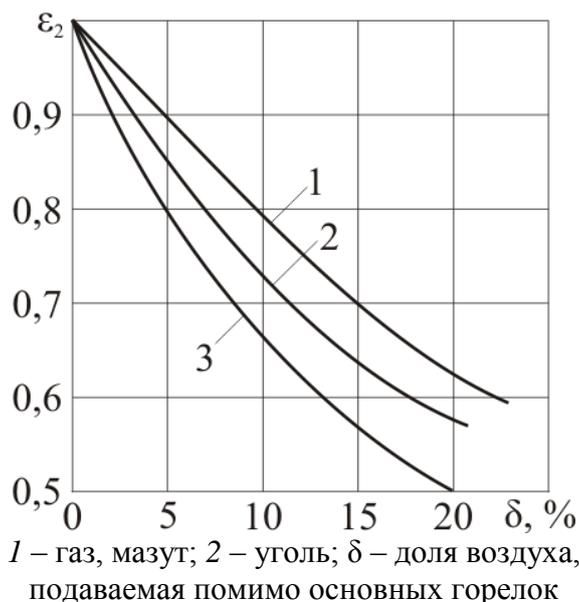


Рисунок 4.1 – Значение коэффициента ε_2

Расход условного топлива определяется

$$B_y = B \cdot \frac{Q_{н}^p}{29320}, \quad (5)$$

где $Q_{н}^p$ – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг.

Значение β_1 при сжигании твердого топлива вычисляют по формуле:

$$\text{при } \alpha_T \leq 1,25 \quad \beta_1 = 0,178 + 0,47N^T. \quad (6)$$

4.2 Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Одним из важных этапов подготовки магистра является его обучение самостоятельной работе с учебной, научной, справочной литературой при решении конкретной задачи по поиску и освоению информации.

В качестве самостоятельной работы студента по освоению дисциплины предусмотрено самостоятельное изучение разделов дисциплины по тематикам «Газоанализаторы и принцип их работы» и «Очистка дымовых газов от окислов серы и азота» с использованием учебной литературы.

4.3 Текущий контроль знаний

Текущим контролем по качеству усвоения программы дисциплины является прохождение тестирования по теоретической части. Подготовка студента к нему проводится самостоятельно. Ниже представлены типовые вопросы для прохождения текущего контроля. Основная часть вопросов по текущему контролю (тестированию) выдается непосредственно перед его прохождением.

1. Какую размерность имеет ПДВ:

- а) $г/м^3$ б) $кг/м^3$ в) $г/с$ г) $мг/м^3/$

2. В каких единицах измеряется ПДК:

- а) в процентах б) $мг/м^3$ в) $г/с$ г) $кг/м^3$

3. Какую зависимость имеет максимальная придельная концентрация вредных веществ от высоты дымовой трубы:

- а) линейную б) кубическую
в) квадратичную г) логарифмическую

4. Какой фактор не является экологически неблагоприятным:

- а) безветрие б) наличие осадков;
в) температурная инверсия г) температура дымовых газов.

5. Какие вредные выбросы не относятся к первой группе показателей вредности:

- а) твердые частицы б) двуокись серы
в) окислы азота г) пятиокись ванадия

6. Какие вредные выбросы не относятся ко второй группе показателей вредности:

- а) окись углерода б) сероводород
в) бенз(а)пирен г) золотые частицы

7. Какой параметр, при расчете высоты дымовой трубы, учитывает место расположения ТЭС или котельной:

- а) M б) V_1 в) A г) F

8. Выброс, каких вредных веществ наносит наибольший ущерб окружающей среде:

- а) твердые частицы б) окислы азота

в) окислы серы

г) бенз(а)пирен

9. От какого параметра, зависят выбросы все нормированные выбросы:

а) содержания примеси в топливе

б) расхода сожженного топлива

в) калорийности топлива

г) коэффициента избытка воздуха

10. При сжигании какого топлива образуется пятиокись ванадия:

а) угля

б) мазута

в) природного газа

г) дров

4.4 Подготовка к сдаче зачета

Итоговым контролем по качеству усвоения программы дисциплины является сдача зачета. Подготовка студента к нему проводится самостоятельно.

Вопросы для сдачи зачета:

- назначение показателей вредности энергетических топлив;
- показатели вредности первой группы и их характеристика;
- показатели вредности второй группы и их характеристика;
- показатели вредности третьей группы и их характеристика;
- анализ показателей вредности энергетических топлив;
- приемы и методы решения экологических задач;
- понятия ПДВ и его определение;
- предельно-допустимая мощность на ТЭЦ или котельной с учетом экологических факторов;
- распределение максимальной приземной концентрации вредных веществ после рассеивания из дымовой трубы;
- санитарно-защитная зона и ее назначение, определение границ санитарно-защитной зоны;
- неблагоприятные метеорологические факторы для рассеивания вредных выбросов;
- мероприятия, реализуемые на энергопредприятиях в период НМУ;
- виды золоуловителей и их КПД;
- выбросы, контролируемые на ТЭС и котельных;
- отличие ПДВ от ПДК;
- содержание вредных веществ в дымовых газах;
- показатели выбросов вредных веществ для экологически чистых ТЭС;
- способы снижения выбросов окислов азота;
- способы снижения выбросов окислов серы;
- факторы, оказывающие влияние на концентрацию вредных веществ в атмосферном воздухе;
- способы повышения КПД золоуловителей;
- перспективные технологии очистки дымовых газов от окислов серы;
- перспективные технологии очистки дымовых газов от окислов азота;
- воздействие ТЭС на окружающую среду.

5 Оформление текста контрольной работы

Контрольная работа является текстовым документом, и его оформление должно в основном соответствовать ГОСТ 2.105-95. Требования к оформлению контрольной работы приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Требования к оформлению контрольной работы

Поля	слева – 30 мм, снизу и сверху – 20 мм, справа – 15 мм
Шрифт основного текста	Times New Roman
Размер шрифта основного текста	14 пт
Размер шрифта текста таблиц	10-12 пт
Цвет шрифта	черный
Межстрочный интервал в тексте	1,5 (полуторный)
Межстрочный интервал в таблицах	1,0 (одинарный)
Отступ первой строки абзаца	12,5 мм
Автоматическая расстановка переносов	включена
Форматирование текста	по ширине
Формулы	в редакторе формул MS Equation 3.0
Рисунки	по тексту
Ссылки на формулу	(n)
Ссылки на литературу	[n], ГОСТ Р 7.0.5-2008

Контрольная работа должна быть выполнена печатным способом с использованием компьютера и принтера на одной стороне листа белой бумаги одного сорта формата А4 (210×297).

Вне зависимости от способа выполнения текстового документа качество напечатанного текста и оформление иллюстраций, таблиц, распечаток с ПЭВМ должно удовлетворять требованию их четкого воспроизведения.

Нумерация страниц текстового документа должна быть сквозной и включать титульный лист. Страницы нумеруются арабскими цифрами, на титульном листе номер страницы не указывается. Номер страницы проставляется в центре нижней части страницы без точки.

Оформление формул. Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Если формула не умещается в одну строку, то она должна быть перенесена после знака равенства (=) или после знака плюс (+), минус (–), умножения (\times), деления (:), или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют.

Пояснение символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле. Первая строка должна начинаться со слова «где» без двоеточия.

Формулы нумеруют порядковой нумерацией в пределах раздела арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например (5.1). Формулы оформляются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105.

Оформление иллюстраций. Иллюстрации нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Иллюстрации располагают непосредственно после первого упоминания или на следующей странице. Иллюстрации каждого раздела или приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения раздела.

Каждая иллюстрация снабжается подрисуночной надписью, которая включает слово «Рисунок» и порядковый номер иллюстрации, а также через тире наименование рисунка и поясняющие данные (подрисуночный текст). Подпись располагают посередине страницы.

Иллюстративный материал оформляют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105.

Оформление таблиц. Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей и размещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на них, или на следующей странице, а при необходимости – в приложении. Таблицы следует нумеровать арабскими цифрами в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

Таблица должна иметь название, которое следует помещать после слова «Таблица». Название должно быть кратким, четким и полностью отражать содержание таблицы. Точка в конце названия таблицы не проставляется.

При переносе части таблицы на другие страницы название помещают только над первой частью таблицы; над другими частями пишут слово «Продолжение таблицы» с указанием номера таблицы, но нумерация столбцов шапки таблицы повторяется.

Таблицы оформляют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105.

Оформление списка использованной литературы. Список литературы должен содержать сведения об источниках, использованных при составлении текстового документа. При отсылке к источнику, упоминание которого включено в список литературы, в тексте документа после упоминания о нем проставляют в квадратных скобках номер, под которым он значится в списке литературы.

Источники следует располагать в алфавитном порядке и нумеровать арабскими цифрами. При алфавитном способе группировки все библиографические записи располагают по алфавиту фамилий авторов или первых слов заглавий документов. Библиографические записи авторов-однофамильцев располагают в алфавите их инициалов.

Библиографические записи в списке литературы оформляют согласно Национальному стандарту РФ ГОСТ Р 7.0.5-2008 с абзацного отступа.

Варианты исходных данных для выполнения контрольного задания

№ варианта	Место расположения ТЭС и вид сжигаемого топлива	Марка котельных агрегатов и вид горелок	Уровень расхода условного топлива в г у.т./кВт·ч	Температура уходящих газов, T_{Γ}	Температура воздуха средняя самого жаркого месяца года, $T_{\text{в}}$	Число дымовых труб	Высота дымовой трубы H , м	Диаметр устья дымовой трубы D , м	Скорость газов в устье дымовой трубы w_0 , м/с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	г. Барнаул, кузнецкий уголь	Е-210-140, прямоточные	375	418	297	2	120	5,4	13
2	г. Братск, ирша-бородинский уголь	Е-320-140Ж, прямоточные	365	412	296,2	3	150	6,0	23
3	г. Владивосток, артемовский уголь	Е-220-110, вихревые	370	420	295,1	2	120	4,8	14
4	г. Новгород, мазут высокосернистый	Е-220-10ГМ, вихревые	360	423	294,6	2	150	5,4	22
5	г. Красноярск, ирша-бородинский уголь	Е-420-140, вихревые	360	416	297,2	2	180	6,6	28
6	г. Томск, казаровский уголь	Е-2010-140, прямоточные	375	408	295,5	2	150	5,4	23
7	г. Новосибирск, кузнецкий уголь	Е-420-140, вихревые	360	414	296	3	180	6,6	30
8	г. Челябинск, челябинский уголь	Е-220-100, вихревые	370	415	295,8	2	150	5,4	24
9	г. Хабаровск, райчихинский уголь	Е-420-140, вихревые	360	412	299,7	3	150	5,4	23
10	г. Ангарск, азейский уголь	Е-420-140, вихревые	360	418	295	2	150	5,4	24
11	г. Иркутск, мугунский уголь	Е-500-140, прямоточные	355	416	295,6	2	180	7,2	30
12	г. Братск, ирша-бородинский уголь	Е-220-100, вихревые	370	420	296,2	2	150	5,4	24

Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	г. Усолъе-Сибирское, мугунский уголь	Е-420-140, прямоточные	360	414	295,6	2	180	6,0	31
14	г. Зима, азейский уголь	Е-420-140, вихревые	360	419	295,9	1	180	6,0	30
15	г. Чита, гусиноозерский уголь	Е-640-140, вихревые	355	422	297,2	2	250	7,2	34

Расчетные характеристики топлив

№	Вид сжигаемого топлива	Состав топлива в % по массе								Q_H^p	
		W^p	A^p	S^p	H^p	C^p	N^p	O^p	N^r	кДж/кг	ккал/кг
1	азейский уголь	25,0	16,5	0,5	3,1	42,7	0,9	11,3	1,45	15990	3820
2	ирша-бородинский уголь	33,0	7,4	0,2	3,0	42,6	0,6	13,2	1,4	15280	3650
3	кузнецкий уголь	11,5	15,9	0,4	4,0	56,4	1,9	9,9	2,54	21900	5230
4	назаровский уголь	39,0	7,9	0,4	2,5	37,2	0,5	12,5	1,19	12850	3070
5	артемовский уголь	23,0	33,1	0,3	2,5	29,4	0,6	11,1	1,35	11140	2660
6	гусиноозерский уголь	26,0	18,5	0,4	2,8	39,4	0,6	12,3	1,17	14320	3420
7	челябинский уголь	17,0	35,7	0,8	2,5	33,6	0,9	9,5	1,71	12560	3000
8	райчихинский уголь	47,0	11,7	0,2	1,6	27,9	0,4	11,2	1,13	8670	2070
9	мугунский уголь	22,0	15,6	0,9	3,6	46,0	0,9	11,0	1,44	17290	4130
10	мазут высоко-сернистый	1,0	0,06	2,55	10,64	85,4	0,3	0,41	0,3	39060	9329

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 2.105-95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.
2. ГОСТ Р 7.0.5-2008 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления.
3. ГОСТ 7.32-2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.
4. Методика определения валовых и удельных выбросов вредных веществ в атмосферу от котлов тепловых электростанций. РД 34.02.305-90. М.: ВТИ им Ф.Э. Дзержинского. 1991. 34 с.
5. Методика расчета выбросов бенз(а)пирена котлами электростанций. РД 153-34.1-02.316-99. М.: ВТИ. 1999. 5 с.
6. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86.-Л.: Гидрометеиздат 1987. 96 с.
7. РД. 52.04.52-85. Методические указания. Регулирование выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях / ГГО им А.И. Воейкова; ЗапСибАНН. Разр. Б.Б. Горошко, А.П. Быков, Л.Р. Сонькин, Т.С. Селегеед и [др.]. Новосибирск: Изд. ЗапСибРВЦ, 1986. 57 с.
8. Тепловой расчет котлов. Нормативный метод. Издание 3-е переработанное и дополненное. СПб.: Издательство НПО ЦКТИ 1998. 256 с.
9. Энергетика и охрана окружающей среды / Под ред. Н.Г. Залогина, Л.П. Кроппа, Ю.М. Кострикина. М.: Энергия. 1979. 352 с.
10. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – магистратура по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утвержденный Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 146 (зарегистрировано в Минюсте России 22.03.2018 г. №50472).

Составители
Бочкарев Виктор Александрович
Очиров Вадим Дансарунович

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ**

Методические указания к практическим занятиям
для студентов высших аграрных учебных заведений,
обучающихся в магистратуре по направлению подготовки
13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Лицензия на издательскую деятельность
ЛР № 070444 от 11.03.98 г.
Подписано в печать 19.01.2021 г.
Формат 60×86/16. Печ. л. 0,77
Тираж 15 экз.

Издательство Иркутского государственного
аграрного университета им. А.А. Ежевского
664038, Иркутская область, Иркутский район
поселок Молодежный