

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «Теплоэнергетики»

**УТВЕРЖДЕНА:**

на заседании кафедры теплоэнергетики

Протокол №7 от 10 марта 2025 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**«ПАРОГЕНЕРАТОРЫ»**

---

Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

---

Современные технологии и инжиниринг в теплоэнергетике

---

Квалификация: Бакалавр

---

Форма обучения: заочная

---

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Составитель программы:  
Бочкарев Виктор  
Александрович  
Дата подписания: 12.06.2025

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Утвердил: Самаркина  
Екатерина Владимировна  
Дата подписания: 16.06.2025

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Согласовал: Сушко Светлана  
Николаевна  
Дата подписания: 13.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

**1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

**1.1 Дисциплина «Парогенераторы» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения**

<b>Код, наименование компетенции</b>	<b>Код индикатора компетенции</b>
ПКС-1 Способность осуществлять и анализировать технологические процессы	ПКС-1.4
ПКС-5 Способность к сбору и анализу данных, проведению расчетов оборудования при проектировании, модернизации объектов теплоэнергетики с проведением предварительного технико-экономического обоснования	ПКС-5.1

**1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы**

<b>Код индикатора</b>	<b>Содержание индикатора</b>	<b>Результат обучения</b>
ПКС-1.4	Знает основные принципы работы котельных установок разных типов, способы сжигания органических топлив и особенности конструкции котлов при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива. Знает технологические процессы, протекающие в поверхностях нагрева котлов и умеет анализировать влияние изменения процесса в поверхности нагрева на эффективность работы котла. Знает перспективы развития котельных агрегатов	<b>Знать</b> конструкцию паровых и водогрейных котлов, основные профили паровых котлов, характеристики органических топлив, подготовку топлива перед сжиганием, способы передачи тепла в котельных агрегатах, процессы с газовой стороны поверхностей нагрева, внутрикотловую гидродинамику барабанных и прямоточных котлов, водный режим котельных агрегатов, мероприятия по повышению эффективности работы парогенераторов, перспективы развития котельных агрегатов. <b>Уметь</b> разбираться в конструкциях паровых и водогрейных котлов, оценивать влияние характеристик органических топлив на показатели работы котельных агрегатов, анализировать влияние изменения процесса в поверхности нагрева на эффективность работы котла. <b>Владеть</b> навыками анализа влияния характеристик органических топлив на надежность работы паровых и водогрейных котлов, анализа влияния изменений в поверхностях нагрева на изменение эффективности работы котла в целом, поиска информации о

		способах повышения эффективности сжигания органических топлив.
ПКС-5.1	Знает методику проведения теплотехнических расчетов котельных установок. Способен оценивать расход топлива и эффективность работы котельных установок при сжигании органических топлив. Знает нормативные документы по оценке технико-экономических показателей работы котельных установок. Владеет навыками выполнения поверочного теплового расчета котла и способен анализировать его результаты	<b>Знать</b> показатели, характеризующие техническое состояние парогенераторов, методики выполнения теплотехнических расчетов котельных агрегатов, методику расчета теплообмена в поверхностях нагрева котельных агрегатов. <b>Уметь</b> проводить поиск, обработку, анализ исходных данных и выполнять теплотехнические расчеты котельных агрегатов, пользоваться нормативным методом теплового расчета котлов, пользоваться нормативным методом теплового расчета котлов. <b>Владеть</b> методикой составления теплового баланса котла, определения КПД котельного агрегата, расчета расхода топлива, навыками выполнения поверочного теплового расчета котельного агрегата и анализа его результатов.

## 2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Парогенераторы» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Теория горения топлива», «Физика», «Математика», «Введение в профессиональную деятельность», «Техническая термодинамика», «Тепломассообмен», «Гидрогазодинамика», «Водоподготовка и водно-химический режим энергопредприятий»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Тепловые и атомные электростанции», «Оборудование ТЭС», «Режимы работы энергетических установок», «Эксплуатация парогенераторов», «Природоохранные технологии в теплоэнергетике», «Надежность конструкционных материалов и оборудования в теплоэнергетике», «Экономика и управление энергетическим предприятием», «Проектная деятельность», «Производственная практика: преддипломная практика»

## 3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 6 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)		
	Всего	Учебный год № 3	Учебный год № 4
Общая трудоемкость	216	36	180

дисциплины			
Аудиторные занятия, в том числе:	24	2	22
лекции	6	2	4
лабораторные работы	0	0	0
практические/семинарские занятия	18	0	18
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	183	34	149
Трудоемкость промежуточной аттестации	9	0	9
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	, Экзамен, Курсовой проект		Экзамен, Курсовой проект

#### 4 Структура и содержание дисциплины

##### 4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

###### Учебный год № 3

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Технологическая схема получения пара на ТЭС	1	1					1	17	Устный опрос
2	Основные профили паровых котлов	2	1					1	17	Устный опрос
	Промежуточная аттестация									
	Всего		2						34	

###### Учебный год № 4

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Тепловой баланс котельного агрегата	1	1			1, 3	4	1, 2, 3, 4	84	Устный опрос
2	Процессы с газовой стороны поверхностей нагрева	2	1			2	4	4	15	Устный опрос
3	Внутрикотловая гидродинамика. Водный режим котельного агрегата	3	1			6	2	2, 4	25	Устный опрос
4	Нестационарные	4	1			5	4	2, 4	25	Устный

	процессы в парогенераторах. Общая характеристика современных котельных установок									опрос
	Промежуточная аттестация							9		Экзамен, Курсовой проект
	Всего		4				14		158	

#### 4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

##### Учебный год № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Технологическая схема получения пара на ТЭС	Описание технологической схемы: подача топлива, размол, дробление, подготовка топлива к сжиганию; подача воздуха и удаление дымовых газов; подача воды, обработка воды, принципиальная схема пароводяного тракта котла. Роль парового котла в схемах тепловых и атомных электрических станций; одно-, двух-, трехконтурные схемы АЭС.
2	Основные профили паровых котлов	П-, Т-, U-, N-образные и многоходовые компоновки парогенераторов, достоинства и недостатки; области применения; парогенерирующие поверхности нагрева, методы повышения надежности; пароперегреватели, компоновка, крепление; низкотемпературные поверхности нагрева, выбор компоновки, условия работы; конструкция, крепление, расчет водяных экономайзеров и воздухоподогревателей; тепловые характеристики и принципиальные схемы парогенераторов атомных электростанций.

##### Учебный год № 4

№	Тема	Краткое содержание
1	Тепловой баланс котельного агрегата	Задачи, методы и последовательность теплового расчета; полезно используемое тепло в котле; расчетное располагаемое тепло топлива; потери тепла в котле абсолютные и относительные; определение КПД котла брутто и нетто; прямой и обратный балансы котла; условия теплообмена, радиационный теплообмен, расчет топочной камеры.
2	Процессы с газовой стороны поверхностей нагрева	Конвективный теплообмен, основные уравнения, коэффициенты тепло-отдачи конвекцией, излучением; коэффициенты теплопередачи, загрязнения, тепловой эффективности и использования; шлакующие свойства топлив, механизм образования сыпучих и

		трудноудаляемых отложений на поверхностях топочной камеры; первичное и вторичное шлакования.
3	Внутрикотловая гидродинамика. Водный режим котельного агрегата	Структура и параметры двухфазного потока; силы, действующие на паровой пузырек в потоке; теплогидравлическая разверка и гидродинамика рабочей среды в поверхностях нагрева; температура стенки и рабочего тела по парогенерирующему каналу; гидродинамика контуров естественной циркуляции; анализ надежности естественной циркуляции, расчет простых и сложных контуров; гидродинамика систем с принудительным движением; тепловая разверка, расчетные показатели, методы снижения теплогидравлических разверок. Условия работы поверхностей нагрева; принципы конструирования котельного агрегата; тепловой, аэродинамический, гидравлический и прочностной расчеты котельного агрегата.
4	Нестационарные процессы в парогенераторах. Общая характеристика современных котельных установок	Работа котельного агрегата в режимах отличных от номинального: пониженная производительность, давление и температура питательной воды.; определение статических и динамических характеристик. Эксплуатация котельных агрегатов: пуск и останов котла, обслуживание котла во время работы, обеспечение надежности эксплуатации. Общая характеристика современных котельных установок, их место и роль на промышленных предприятиях. Источники теплоты промышленных котельных установок. Материальные и тепловые балансы котельных установок при работе на газовом, жидком и твердом топливах.

#### 4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

#### 4.4 Перечень практических занятий

##### Учебный год № 4

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Расчет теплового баланса котельного агрегата	2
2	Расчет низкотемпературных поверхностей нагрева	4
3	Расчет топки котельного агрегата	2
4	Расчет пароперегревателя котельного агрегата	4
5	Конструктивные особенности котельных агрегатов	4
6	Расчет кратности циркуляции котлов	2

	барабанных котлов	
--	-------------------	--

#### 4.5 Самостоятельная работа

##### Учебный год № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Проработка разделов теоретического материала	34

##### Учебный год № 4

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание курсового проекта (работы)	50
2	Подготовка к практическим занятиям	30
3	Подготовка к экзамену	9
4	Проработка разделов теоретического материала	60

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: презентация с элементами дискуссии, работа в малых группах, обратная связь.

#### 5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

##### 5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

###### 5.1.1 Методические указания для обучающихся по курсовому проектированию/работе:

Курсовой проект предназначен для закрепления знаний, полученных при изучении соответствующих курсов. В процессе подготовки курсового проекта студенты более глубоко знакомятся с важнейшими и наиболее сложными проблемами. Курсовой проект способствует развитию системного мышления, логического и четкого изложения своих мыслей при анализе сложных теоретических вопросов, приобретению навыков изучения и анализа литературных источников по существующим проблемам предмета.

Курсовой проект выполняется студентами индивидуально по теме, выданной преподавателем.

Тематика курсового проекта: Поверочный тепловой расчет котельного агрегата.

Основными элементами курсового проекта являются следующие: титульный лист, содержание (оглавление), введение, основная часть, заключение, список использованных источников и литературы, приложение.

Курсовой проект оформляется в соответствии с требованиями стандарта действующего стандарта ИРНИТУ СТО-005-2020.

###### 5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Практические занятия предназначены для закрепления теоретических знаний по дисциплине; для приобретения стойких навыков в расчетах основных поверхностей нагрева котельных агрегатов и отдельных элементов котельного оборудования.

Подготовка к практическим занятиям производится, как правило, с использованием методических пособий и состоит в теоретической подготовке и выполнении практических заданий (решение задач, ответы на вопросы и т.д.).

### **5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:**

для полного усвоения программы дисциплины «Парогенераторы» недостаточно конспектирования лекций и подготовки к аттестации по выполненному конспекту.

Поэтому одним из важных этапов подготовки специалиста является его самостоятельная проработка отдельных разделов теоретического курса, которая заключается в работе с учебной, научной и справочной литературой.

Необходимый перечень учебников и учебных пособий рекомендуется преподавателем на лекционных занятиях. Необходимая литература может быть также указана в методических разработках по данному курсу.

Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая на бумаге все выкладки и вычисления (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода). При изучении материала по учебнику полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект лекций.

Подготовка к практическим занятиям производится самостоятельно, как правило, с использованием методических пособий и состоит в теоретической подготовке и выполнении практических заданий (решение задач, ответы на вопросы и т.д.).

Выполнение курсового проекта является одной из важнейших форм организации самостоятельной работы студентов. Курсовой проект предназначена для закрепления знаний, полученных при изучении соответствующих курсов. В процессе подготовки курсового проекта студенты более глубоко знакомятся с важнейшими и наиболее сложными проблемами. Курсовой проект способствует развитию системного мышления, логического и четкого изложения своих мыслей при анализе сложных теоретических вопросов, приобретению навыков изучения и анализа литературных источников по существующим проблемам предмета.

Студенты выполняют курсовой проект под руководством преподавателя, который выдает задание на работу. В процесс выполнения работы студенты обязаны согласовывать с руководителем план по каждой части работы и используемые литературные источники.

Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене студент демонстрирует то, что он приобрел в процессе обучения.

Требования к организации подготовки к экзаменам те же, что и при занятиях в течение семестра, но соблюдаться они должны более строго. Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения. Сама подготовка к экзамену связана не только с «запоминанием», но также предполагает и переосмысление материала, и даже рассмотрение альтернативных идей.

## **6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

### **6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля**

#### **6.1.1 учебный год 3 | Устный опрос**

##### **Описание процедуры.**

Устный опрос студентов проводится перед началом лекции, а также вопросы задаются на протяжении всей лекции, чтоб контролировать степень усвоения материала, излагаемого на лекционном занятии.

### Критерии оценивания.

Устный опрос оценивается в зависимости от правильности ответов баллами: 90-100% правильных ответов – «отлично», 75-89% – «хорошо», 40-74% – «удовлетворительно»; менее 40% – «не удовлетворительно».

#### 6.1.2 учебный год 4 | Устный опрос

##### Описание процедуры.

Устный опрос студентов проводится перед началом лекции, а также вопросы задаются на протяжении всей лекции, чтоб контролировать степень усвоения материала, излагаемого на лекционном занятии.

##### Критерии оценивания.

Устный опрос оценивается в зависимости от правильности ответов баллами: 90-100% правильных ответов – «отлично», 75-89% – «хорошо», 40-74% – «удовлетворительно»; менее 40% – «не удовлетворительно».

#### 6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

##### 6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПКС-1.4	Демонстрирует знания о способах сжигания органических топлив в котельных агрегатах, конструкциях паровых и водогрейных котлов. Демонстрирует знание технологических процессов, протекающих в поверхностях нагрева котлов; анализирует влияние изменения процесса в поверхности нагрева на изменение в работе котла в целом.	Выполнение практических заданий, выполнение, оформление и защита курсового проекта; устное собеседование по экзаменационным вопросам.
ПКС-5.1	Демонстрирует способность правильно составить тепловой баланс котла, оценить необходимый расход топлива, рассчитать КПД котельного агрегата, выполнить поверочный тепловой расчет котла с анализом его результатов.	Выполнение практических заданий, выполнение, оформление и защита курсового проекта; устное собеседование по экзаменационным вопросам.

##### 6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

#### 6.2.2.1 Учебный год 4, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

##### 6.2.2.1.1 Описание процедуры

Студент готовится к ответам посменно в течение 15-20 минут. Затем проводится устное собеседование. При выставлении итоговой оценки экзамена учитываются полнота и правильность ответов на 2 вопроса экзаменационного билета по 5-бальной системе.

##### 6.2.2.1.2 Критерии оценивания

<b>Отлично</b>	<b>Хорошо</b>	<b>Удовлетворительно</b>	<b>Неудовлетворительно</b>
в случае правильных и полных ответов на два вопроса; правильного, но неполного ответа на один из вопросов, требующего уточняющих дополнительных вопросов со стороны преподавателя или ответа, содержащего ошибки непринципиально о характера, которые студент исправляет после замечаний (дополнительных вопросов) преподавателя.	в случае правильного и полного ответа на один вопрос и правильного, но неполного ответа на один из вопросов, требующего уточняющих дополнительных вопросов со стороны преподавателя или ответа, содержащего ошибки непринципиально о характера, которые студент исправляет после замечаний (дополнительных вопросов) преподавателя.	в случае неверного ответа (отсутствия ответа) на один вопрос и полного ответа на второй вопрос.	в случае неверного ответа (отсутствия ответов) на два вопроса.

#### 6.2.2.2 Учебный год 4, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

##### 6.2.2.2.1 Описание процедуры

Оценка за защиту курсового проекта выставляется на основе ответов на 2 вопроса по расчетам, произведенным в работе, и 2 вопроса по чертежу котла, выполненного на формате А3.

##### 6.2.2.2.2 Критерии оценивания

<b>Отлично</b>	<b>Хорошо</b>	<b>Удовлетворительно</b>	<b>Неудовлетворительно</b>
в случае правильных и полных ответов на четыре вопроса; правильного, но неполного ответа на один из вопросов, требующего уточняющих дополнительных вопросов со стороны преподавателя или ответа, содержащего ошибки непринципиально характера, которые студент исправляет после замечаний (дополнительных вопросов) преподавателя.	в случае правильных и полных ответов на три вопроса и правильного, но неполного ответа на один из вопросов, требующего уточняющих дополнительных вопросов со стороны преподавателя или ответа, содержащего ошибки непринципиально характера, которые студент исправляет после замечаний (дополнительных вопросов) преподавателя.	в случае неверного ответа (отсутствия ответа) на один вопрос и полного ответа на три вопроса.	в случае неверного ответа (отсутствия ответов) на четыре вопроса.

## **7 Основная учебная литература**

1. Липов Ю. М. Котельные установки и парогенераторы : учеб. для специальности 1005 "Тепловые и электр. станции" / Ю. М. Липов, Ю. М. Третьяков, 2005. - 591.
2. Липов Юрий Михайлович. Компонка и тепловой расчет парового котла : учеб. пособие для вузов по спец. "Тепловые электрические станции" / Юрий Михайлович Липов, Ю.Ф. Самойлов, Т.В. Виленский, 1988. - 208.
3. Сорокина Л. А. Котельные установки и парогенераторы : учебное пособие для вузов по направлению 650800 "Теплоэнергетика" по специальности 100500 "Тепловые электрические станции" / Л. А. Сорокина, В. В. Федчишин, А. Н. Кудряшов, 2002. - 146.
4. Коваль Т. В. Котельные установки и парогенераторы : лабораторный практикум / Т. В. Коваль, А. Н. Кудряшов, В. А. Начигин; Иркут. национ. исследоват. техн. ун-т, 2015. - 130.
5. Коваль Т. В. Котельные установки и парогенераторы : учебное пособие / Т. В. Коваль, А. Н. Кудряшов, 2022. - 160.

## **8 Дополнительная учебная литература и справочная**

1. Липов Ю. М. Компонка и тепловой расчет парогенератора : учеб. пособие для энерг. и политехн. учеб. заведений / Ю. М. Липов, Ю. Ф. Самойлов, З. Г. Модель, 1975. - 175.

2. Сидельковский Лазарь Наумович. Котельные установки промышленных предприятий : учеб. для вузов по спец. "Пром. теплоэнергетика" / Лазарь Наумович Сидельковский, В.П. Юренев, 1988. - 528.

3. Котельные установки и парогенераторы. Поверочный тепловой расчет котельного агрегата Е-160-9,8-540 (БКЗ-160-100Ф) на угле Переяславского месторождения : учебное пособие для курсового и дипломного проектирования специальностей 140101 "Тепловые электрические станции" и 140104 "Промышленная теплоэнергетика" / Иркут. гос. техн. ун-т, 2004. - 91.

4. Котельные установки и парогенераторы. Поверочный тепловой расчет котельного агрегата Е-160-9,8-540 (БКЗ-160-100Ф) на угле Переяславского месторождения : учебное пособие для курсового и дипломного проектирования для студентов по направлениям 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника", 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, Ин-т энергетики, Каф. электр. станций, сетей и систем, 2016. - 106.

## **9 Ресурсы сети Интернет**

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

## **10 Профессиональные базы данных**

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

## **11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем**

1. Microsoft Office 2003 VLK (поставки 2007 и 2008)
2. Microsoft Windows (XP Prof + Vista Bussines) rus VLK поставка 08\_2008
3. Microsoft Windows (XP Prof + Vista Bussines) rus VLK поставка 08\_2007
4. Microsoft Office 2007 VLK (поставки 2007 и 2008)
5. Microsoft Office 2003 rus для ВРТНК

## **12 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. 313963 Образец котла ТПЕ-215
2. "Макет котла БКЗ-420 Ново-Иркутской ТЭЦ"
3. "Макет турбоустановки 200МВт Гусиноозерской ГРЭС"