

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

**СОГЛАСОВАНО**

Декан ФЭАТ  
Баранов

А.С.

## **Рабочая программа дисциплины**

**Код и наименование дисциплины: Б1.В.4 «Методы расчета и конструирования паровых котлов»**

**Код и наименование направления подготовки (специальности): 13.04.03  
Энергетическое машиностроение**

**Направленность (профиль, специализация): Котельные установки и тепловые двигатели**

**Статус дисциплины: часть, формируемая участниками образовательных отношений**

**Форма обучения: очная**

<b>Статус</b>	<b>Должность</b>	<b>И.О. Фамилия</b>
<b>Разработал</b>	доцент заведующий кафедрой	В.А. Голубев Е.Б. Жуков
	Зав. кафедрой «КиРС»	Е.Б. Жуков
<b>Согласовал</b>	руководитель направленности (профиля) программы	Е.Б. Жуков

г. Барнаул

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор	Содержание индикатора
ПК-1	Способен использовать знания теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках, методов расчетного анализа объектов профессиональной деятельности	ПК-1.1	Оформляет эскизные, технические и рабочие проекты объектов энергетического машиностроения с использованием средств автоматизации проектирования, передового опыта разработки конкурентоспособных изделий энергетического машиностроения
		ПК-1.2	Составляет описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов энергетического машиностроения
		ПК-1.4	Проводит расчеты по проектам объектов энергетического машиностроения
ПК-2	Способен проводить анализ объектов профессиональной деятельности	ПК-2.1	Выполняет технико-экономический анализ эффективности проектируемых изделий и конструкций объектов энергетического машиностроения
		ПК-2.2	Анализирует существующие решения при создании продукции энергомашиностроения с учетом требований к уровню качества и безопасности
		ПК-2.3	Способен обосновывать принятые проектные и технические решения для объектов энергетического машиностроения

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), предшествующие изучению дисциплины, результаты освоения которых необходимы для освоения данной дисциплины.	Камеры сгорания ГТУ и специальные котлы, Теория и практика сжигания органических топлив
Дисциплины (практики), для которых результаты освоения данной дисциплины будут необходимы, как входные знания, умения и владения для их изучения.	Автоматическое регулирование котельных установок, Преддипломная практика

**3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося**

Общий объем дисциплины в з.е. /час: 8 / 288

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Форма обучения	Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
очная	28	0	84	176	133

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**Форма обучения: очная**

**Семестр: 3**

**Лекционные занятия (28ч.)**

- 1. Энергия пара. Теоретические основы рабочих процессов паровых машин. {беседа} (2ч.)[4,6,7]** Техничко-экономический анализ промышленной революции, появление паровых машин и котлов. Обоснование энергии пара и паровой машины Ньюкомена, а так же парового котла Дэни Папена. Описание принципов действия и устройства универсальной паровой машина Джеймса Уатта. Мэтью Болтон, И.И. Ползунов. Протекционизм, навигационный акт Кромвеля, роль в развитии инноваций.
- 2. Эффективность использования энергии топлива в паровом котле и цикле Ренкина. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[4,7]** Описание цикла Ренкина, теоретические основы рабочих процессов данного цикла. Циклы ДВС, ГТУ, двигатели внутреннего и внешнего сгорания, сравнение с циклом Рэнкина. Роль и недостатки парового котла в преобразовании энергии топлива. Энергообеспечение и уровень жизни, график П.Л. Капицы. Классификация и типы котлов, их описание принципов действия и устройства.
- 3. Анализ экологических аспектов. {беседа} (2ч.)[1,2,3,4,6,7]** Экология. Глобальная циркуляция в атмосфере Земли и эмиссия. 30 ° параллель – Каир, Пекин, южная часть Японии. Анализ причины грязного воздуха в поясе 30 ° ± 15 ° . Рассеивание примесей в атмосфере, влияние стратификации.
- 4. Анализ зарубежной энергетики. Теоретические основы рабочих процессов зарубежных установок. {беседа} (2ч.)[6,7]** Зарубежная энергетика, политика ЕС, Китая. Экология как инструмент вытеснения отечественного оборудования в странах СНГ и бывшего Варшавского договора, борьбы за рынки энергетики. Отказ от использования ископаемых видов топлива и другие новые тенденции. Проектные и технические решения этого направления для объектов энергетического машиностроения.
- 5. Техничко-экономический анализ конденсационного котла. {дискуссия} (2ч.)[5,7]** Конденсационный котел Viessmann, как близкий к идеальном

устройству, проектные и технические решения его конструкции. Новые типы систем отопления для конденсационных котлов. Технические решения по обеспечению экономичности, низких выбросов и компактности. Расчет по проекту конденсационного котла.

6. Классификация и типы котлов, их описание принципов действия и устройства. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[3,4,5] Котел как теплообменник, трубная система котла. Типы трубных систем их особенности и достоинства: водотрубные, жаротрубные, с навитой поверхностью, гибридные, с погружным горением и др. Направления совершенствования котлов как устройств для передачи теплоты сгорания топлива к теплоносителю и как устройства для сжигания топлив. Уравнение теплового баланса котла и основные виды потерь тепла для котлов.

7. Котел как теплообменник. Основные проектные и технические решения. {беседа} (2ч.)[3,4,5] Три уравнения теплового баланса для конвективного теплообменника. Поверхности теплообмена, водяные эквиваленты, КПД теплообменников, графики КПД для различных схем течения теплоносителей. Завершенность процесса теплообмена и выбор значения поверхности теплообмена. Котлы промышленной энергетики и продукция котельных заводов БИКЗ, ДорКЗ, БелКЗ и др., типы и особенности котлов. Котлы зарубежного производства. Прямоточные котлы типа Клейтон, особенности конструкции, схема и основные элементы.

8. Анализ интенсификации теплообмена. {беседа} (2ч.)[4] Оребрение, интенсификация, турбулизаторы и другие меры по усилению теплопередачи. работа труб экранов. Охлаждение стен топки котла (теплогенератора) на примере теплогенератора Булерьян. Конструкция котла Булерьян, оцените увеличение площади внешней поверхности теплообмена. Организация топочного процесса, в Булерьяне: запуск, работа в режиме газификации и регулирование мощности.

9. Теплоносители и рабочие тела. {беседа} (2ч.)[3,4] Требования к теплоносителям. Свойства и характеристики по применимости теплоносителей (температурные диапазоны использования, плотность, применяемые скорости, коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи по видам теплоносителей). Паровые котлы, I-р диаграмма, влияние давления на распределение нагрузки между поверхностями нагрева, изменение трубной системы и схемы циркуляции.

10. Технико-экономический анализ цикла Калины. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[5,7] Энергосбережение, особенности цикла Калины. Бинарные растворы, закон Рауля, изменение температуры по мере испарения легкого компонента. Т-х диаграммы для бинарной смеси при различных давлениях. Основное оборудование и технологическая схема цикла Калины. Изображение циклов Ренкина и Калины в Т-s диаграмме. Примеры применения цикла Калины.

11. Закон Гука. {дискуссия} (2ч.)[3,4,5,7] Анализ видов деформаций, ползучести. Концентраторы напряжений, трубы и камеры, оптимизация

сверлений, укрепление отверстий накаткой и др. Разрушение трещинами. Тепловое расширение, расчет, контроль, реперы и схемы закрепления котлов и топок. Тепловое расширение и закон Гука. Появление напряжений при тепловом расширении тел, расчет напряжения и тепловые деформации. Примеры неисправностей, пластинчатый ВП, рельсы

12. Технико-экономический анализ тепловой изоляции. {беседа} (2ч.)[3,4] Теплоизоляция, модель теплопроводности пористого тела 0. Кришера. Теплопроводность вдоль и поперек волокон и реальных материалов. Базальты и цеолиты, их свойства и применение. Обмуровочные и теплоизоляционные материалы из базальта. Теплоизолирующие краски, вакуумная (космическая) теплоизоляция.

13. Технико-экономический анализ зеленой энергетики. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[3,4,7] CO<sub>2</sub> нейтральное топливо, зеленая энергетика. Сравнение объёмов угля и древесного топлива. Виды машин для измельчения древесины, устройство и работа шредеров. Принципы измельчения КДО, рубильные машины, дробилки и шредеры (ломают, режут, но не удар и истирание, которые размачивают волокнистую структуру древес. отходов). Подготовка, подача и обращение с кородревесными отходами. Пеллеты, комплексы по производству пеллет. Роль лигнина в составе древесины при производстве пеллет, достоинства пеллет как особого вида зеленого топлива.

14. Технико-экономический анализ псевдооживленного сжигания. {беседа} (2ч.)[4,7] Явление псевдооживления. Упаковка шаровых частиц и координационное число, порозность упаковки, обеспечивающая текучесть слоя частиц. Аналогия поведения кипящего слоя (КС) и жидкости. Кривая псевдооживления  $r(w)$ . Типы частиц (А, В, С и Д). Критическая скорость, скорость уноса. Восходящее движение газа через слой частиц, появление пузырей. Потенциальные течения, модель потенциального течения взаимопроникающих сред, теория Дэвидсона. Характер циркуляции облаков газа относительно всплывающего пузыря в кипящем слое в зависимости от его размера. Шлейф и перенос частиц пузырями, их коалесценция и рост. Самоорганизация циркуляции и пульсации давления в КС. Принципы организации подачи топлива в КС. Определение высоты КС и её поддержание.

#### Практические занятия (84ч.)

1. Промышленная революция. Теоретические основы рабочих процессов паровых машин.(4ч.)[3,4,6,7] Промышленная революция, роль инвестиций в развитии инноваций, роль законов о частной собственности, торговля, наемный труд, борьба с монополиями, финансовые рынки. Испания и Португалия, награбленное золото и инновации, что полезнее для развития.

2. Анализ патентов и полезных моделей.(8ч.)[4,7] Разработки и патенты на изобретения и полезные модели, авторские права на объекты

интеллектуальной собственности. Критерии патентоспособности: новизна, промышленная применимость, изобретательский уровень. Формула изобретения, независимый и зависимый пункты формулы, объем правовой охраны, предоставляемой патентом. Структура заявки на патент. Международная патентная классификация – иерархическая система патентной классификации, средство для классификации патентных документов (патенты и авторские свидетельства на изобретения, промышленные образцы, полезные модели).

3. Анализ нестандартных задач в теплотехнике.(4ч.)[4,7] ТРИЗ - Теория Решения Изобретательских Задач. ТРИЗ - практический инструмент для поиска решений нестандартных задач в бизнесе, технике и педагогике, благодаря которому разрешаются казалось бы нерешаемые проблемы. История ТРИЗ. Этапы формализации и разработки, выявление противоречий, понятие об идеальном устройстве, котел как устройство, проект реального устройства.

4. Теплообмен в топке.(8ч.)[4,7] Лучистый теплообмен, особая роль и методы повышения эффективности воздухоподогревателей, влияние на топочный процесс и КПД котла. Влияние системы подготовки топлива на работу топки.

5. Требования к теплоносителям.(8ч.)[4,7] Теплоносители и рабочие тела. Свойства и характеристики по применяемости теплоносителей (температурные диапазоны использования, плотность, применяемые скорости, коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи по видам теплоносителей). Паровые котлы, I-р диаграмма, влияние давления на распределение нагрузки между поверхностями нагрева, изменение трубной системы и схемы циркуляции.

6. Анализ свойств воды как теплоносителя.(8ч.)[3,4,7] Вода как теплоноситель, особые свойства воды. Применение и свойства этиленгликоля и антифризов на его основе. Силтерм 800 и другие высокотемпературные теплоносители. Пример, воздухонагревательная установка на антифризе «Хот-Блад», особые требования к котельному и насосному оборудованию.

7. Виды твердых топлив.(10ч.)[3,4,5,6] Склады угля и обращение на ТЭЦ с углем. Организация хранения, подачи, предварительной подготовки, дробления и помола угля. Упаковка шаровых частиц и координационное число, порозность упаковки. Углы откоса, движение слоя насыпной массы и при действии на слой сверху нагрузки. Твердые топлива, склад топлива,. Движение угля в бункере, образование сводов и меры противодействия, вибрация. Опорожнение и заполнение бункера, установка датчиков уровня. Мельничные системы.

8. Технико-экономический анализ применения водоугольного топлива (ВУТ).(10ч.)[3,4,5] Мокрый помол, подготовка и применение водоугольного топлива (ВУТ). Достоинства ВУТ. Упаковка шаровых частиц и координационное число, порозность упаковки, обеспечивающая текучесть ВУТ. Достоинства ВУТ. Оформить эскизные, технические и рабочие проекты

установки для получения ВУТ. Описать принцип действия и устройства установки ВУТ для транспортирования угля, производства метанола, полипропилена, другой продукции и в энергетике Китая.

9. Принципы измельчения коро-древесных отходов (КДО). Теоретические основы данных рабочих процессов.(8ч.)[3,4,5,7] Описать принцип действия и устройства установки измельчения КДО, рубильные машины, дробилки и шредеры. Техничко-экономический анализ установки для подготовки, подачи и обращение с кородревесными отходами. Пеллеты, комплексы по производству пеллет. Проектные и технические решения по производству пеллет для объектов энергетического машиностроения. Роль лигнина в составе древесины при производстве пеллет, достоинства пеллет как особого вида зеленого топлива.

10. Описание принципа действия и устройства конструкции складов топлива с подвижным полом.(4ч.)[3,4,5,7] Конструкции складов топлива с подвижным полом, с верхним выравниванием и выгрузкой и в виде силоса с ворошащим устройством. Форма бункеров, опорожнение и заполнение бункера, установка датчиков уровня. Оформить эскизные, технические и рабочие проекты склада топлива. Выполнить расчет по проекту паровой котельной работающей на кородревесных отходах.

11. Виды CO<sub>2</sub> нейтральных топлив.(8ч.)[3,4,6,7] Экологическая эффективность использования отходов. Ликвидация свалок и потоков горючих отходов растительного типа, древесных и других с их использованием в качестве топлива позволяет решить важные проблемы безопасной жизнедеятельности общества (пожары, выбросы метана гниения). Достоинства биотоплив, зелёные тарифы. Дешевый и эффективный способ решения проблем защиты окружающей среды.

12. Балластные составляющие.(4ч.)[3,4,5,6,7] Зола, состав золы, возгонка соединений калия и других щелочных металлов при сжигании твердых топлив. Зола, состав золы, температура плавления компонентов и их эвтектик. Формирование прочных отложений золы в котле из легкоплавких эвтектик при сжигании лузги подсолнечника. Модель формирования отложений золы в котле при сжигании лузги подсолнечника. Меры снижения отложений золы.

#### Самостоятельная работа (176ч.)

1. Подготовка к лекционным занятиям.(20ч.)[3,4,6,7] Работа с литературой. Проработка учебников, учебных пособий.
2. Подготовка к практическим занятиям.(28ч.)[3,4,6] Работа с литературой. Интернет. Информационные базы данных.
3. Подготовка к коллоквиумам.(52ч.)[3,4,6,7] Работа с литературой. Интернет. Информационные базы данных.
4. Подготовка к защите и защита курсовой работы.(40ч.)[1,2,3] Работа с теоретическим материалом.
5. Подготовка к экзамену.(36ч.)[3,4,6,7] Работа с литературой. Интернет.

Информационные базы данных.

## 5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для каждого обучающегося обеспечен индивидуальный неограниченный доступ к электронной информационно-образовательной среде АлтГТУ:

1. Меняев К.В., Таймасов Д.Р. Построение характеристик центробежного

насоса. Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Механика жидкости и газа», «Водогрейные котлы и котлы-утилизаторы» для студентов направления «Энергетическое машиностроение» / Меняев К.В., Таймасов Д.Р. Алт. гос. техн. ун-т.им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2017– 28 с. Режим доступа: [http://elib.altstu.ru/eum/download/kirs/Menyaev\\_CentrNasos\\_met2017.pdf](http://elib.altstu.ru/eum/download/kirs/Menyaev_CentrNasos_met2017.pdf)

2. Меняев К.В., Гладких А.А., Жуков Е. Б., Хуторненко С. Н., Пузырев Е. М. СТЕНДОВЫЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ. Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Наладка и эксплуатация паровых котлов» для студентов направления 13.03.03 – «Энергетическое машиностроение»/ Жуков Е. Б., Хуторненко С. Н. Пузырев Е. М.; Алт. гос. техн. ун-т. им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2021 – 20 с. Режим доступа: [http://elib.altstu.ru/eum/download/kirs/Menyaev\\_SAICV\\_lr\\_mu.pdf](http://elib.altstu.ru/eum/download/kirs/Menyaev_SAICV_lr_mu.pdf)

3. Жуков Е.Б., Меняев К. В. Водогрейные котлы: Учебное пособие / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова.- Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2019.- 150 с. Режим доступа: [http://elib.altstu.ru/eum/download/kirs/Zhukov\\_VodogrKotl\\_up.pdf](http://elib.altstu.ru/eum/download/kirs/Zhukov_VodogrKotl_up.pdf)

## 6. Перечень учебной литературы

### 6.1. Основная литература

4. Фурсов И. Д. Конструирование и тепловой расчет паровых котлов: учебное пособие / И. Д. Фурсов; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – 4-е изд. перераб. и доп. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2016. – 297 с. Режим доступа: <http://elib.altstu.ru/eum/download/kirs/Fursov-kon.pdf>

5. Меняев К.В. Балансовые испытания водогрейного котла. Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2015. - 48 с. Режим доступа: [http://elib.altstu.ru/eum/download/kirs/Menyaev\\_bivk.pdf](http://elib.altstu.ru/eum/download/kirs/Menyaev_bivk.pdf)

### 6.2. Дополнительная литература



## 6.2. Дополнительная литература

6. Меняев К.В. Методы испытания углей. / Меняев К.В. Учебное пособие для студентов направления 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» /Алт. гос. техн. ун-т им. И.И.Ползунова.- Барнаул: Изд-во Алт-ГТУ, 2013.- 64 с. Гриф НМС АлтГТУ Режим доступа: <http://elib.altstu.ru/eum/download/kirs/Menjaev-miu.pdf>

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

7. Описание водогрейных котлов и паровых агрегатов для энергетической отрасли. СибЭМ-БКЗ. Режим доступа: <http://www.sibem-bkz.com/ru/boiler-equipment/>

8. Фонд оценочных материалов для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Содержание промежуточной аттестации раскрывается в комплекте контролирующих материалов, предназначенных для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, которые хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном виде и в ЭИОС.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Для успешного освоения дисциплины используются ресурсы электронной информационно-образовательной среды, образовательные интернет-порталы, глобальная компьютерная сеть Интернет. В процессе изучения дисциплины происходит интерактивное взаимодействие обучающегося с преподавателем через личный кабинет студента.

№пп	Используемое программное обеспечение
1	LibreOffice
2	Windows
3	Антивирус Kaspersky

№пп	Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы
1	Национальная электронная библиотека (НЭБ) – свободный доступ читателей к фондам российских библиотек. Содержит коллекции оцифрованных документов (как открытого доступа, так и ограниченных авторским правом), а также каталог изданий, хранящихся в библиотеках России. ( <a href="http://нэб.рф/">http://нэб.рф/</a> )
2	Электронная база ГОСТов ( <a href="http://1000gost.ru/list/1-0.htm">http://1000gost.ru/list/1-0.htm</a> )

**10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

<b>Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>
учебные аудитории для проведения учебных занятий
помещения для самостоятельной работы

Материально-техническое обеспечение и организация образовательного процесса по дисциплине для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с «Положением об обучении инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья».