МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

УТВЕРЖДАЮ
Декан Факультета урбанистики и
городского хозяйства
_____ / Л.А. Марюшин/

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИС ЦИПЛИНЫ

«Котельные установки и парогенераторы»

Направление подготовки
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль
Теплоэнергетические установки, системы и комплексы

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва
2022

1. Цели освоения дисциплины

К **основным целям** освоения дисциплины «Котельные установки и парогенераторы» следует отнести:

– формирование знаний о современных принципах, методах и средствах получения тепловой энергии в котельных и генераторных системах промышленных объектов и ЖКХ, проектировании источников и систем теплоснабжения;

– выработка навыков у студентов самостоятельно формулировать и решать задачи повышения эффективности получения тепловой энергии в котельных установках, возможности снижения затрат на перекачку теплоносителя и потерь при транспортировке и использовании тепловой энергии;

– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению, в том числе формирование умений по выявлению необходимых усовершенствований и разработке новых, более эффективных методов и средств получения тепловой энергии в котельных установках и парогенераторах.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Котельные установки и парогенераторы» следует отнести:

– выработать навыки у студентов самостоятельно формулировать задачи проектировать и рассчитывать параметры котельных установок тепловых электрических станций, промышленных объектов и ЖКХ;

– научить мыслить системно на примерах повышения энергетической эффективности котельных установок с учетом технологических, экологических и экономических факторов;

– научить анализировать конструкции и параметры существующих котельных установок и их элементов, разрабатывать и внедрять необходимые изменения в их структуре с позиций повышения эффективности и энергосбережения;

– дать информацию о новых методиках получения и преобразования тепловой энергии в отечественной и зарубежной практике, развивать способности объективно оценивать преимущества и недостатки котельных систем;

– научить анализировать результаты моделирования, производить поиск оптимизационного решения для котельных систем тепловых станций, промышленных объектов и ЖКХ.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Котельные установки и парогенераторы» относится к числу профессиональных учебных дисциплин вариативной части основной образовательной программы бакалавриата.

Дисциплина «Котельные установки и парогенераторы» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В вариативной части базового цикла:

– Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнике;
– Оборудование и установки водоподготовительных систем;
– Технологические энергоносители и энергосистемы предприятий;
– Нагнетатели и тепловые двигатели;
– Источники и системы теплоснабжения предприятий и ЖКХ;
– Тепломассообменное оборудование предприятий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**	**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
ОПК-3	способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	**знать:** методы выполнения плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ. **уметь:** выполнять и планировать выполнение плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ. **владеть:** навыками проведения плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ.
ОПК-4	способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач	**знать:** методы выполнения плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ. **уметь:** выполнять и планировать выполнение плановых испытаний и ремонтов

	профессиональной деятельности	технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ. **владеть:** навыками проведения плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ.
ПК-1	Способность планировать и осуществлять контроль деятельности персонала по эксплуатации объектов профессиональной деятельности (ОПД)	**знать:** методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией **уметь:** собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией; **владеть:** методами сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией
ПК-2	Способность управлять процессами эксплуатации ОПД в соответствии с технологией производства	**знать:** • методы выполнения расчетов технологического оборудования по типовым методикам; • методы проектирования технологического оборудования с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием. **уметь:** • выполнять расчеты технологического оборудования по типовым методикам; • проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием. **владеть:** • навыками проведения расчетов энергооборудования по типовым методикам; • способностью проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием

ПК-3	Способность к выполнению расчетов и построению схем ОПД при использовании типовых методов	**знать:** методы освоения и доводки технологических процессов **уметь:** проводить доводку технологических процессов **владеть:** методами проведения работ по доводке технологических процессов

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **7** зачетных единиц, т.е. **252** академических часов (из них 54 часа – лекции, 8 часов – лабораторные занятия, 64 часа – практические занятия, 90 часов – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Котельные установки и парогенераторы» изучаются на втором курсе в **четвертом** семестре и третьем курсе **пятого** семестра.

Структура и содержание дисциплины «Котельные установки и парогенераторы» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

Содержание разделов дисциплины

Четвертый семестр

Тема 1. **Введение**

Предмет, задачи и содержание дисциплины. Место котельных установок структуре энергетического комплекса предприятия и ЖКХ. Принципы эффективного использования тепловой энергии в котельных установках и парогенераторах. Основные термины и определения.

Тема 2. **Общие положения работы теплогенерирующих установок**

Газовое хозяйство котельных. Угольное хозяйство котельных. Мазутное хозяйство котельных. Место котла в тепловой схеме ТЭС. Принципиальная схема современной котельной установки. Арматура и гарнитура котлоагрегата.

Тема 3. **Контрольно-измерительные приборы котельной**

Приборы безопасности. Системы автоматики и регулирования.

Тема 4. **Горение органического топлива**

Общие понятия теории горения топлива. Состав твердого и жидкого топлива. Свойства жидкого топлива. Состав и свойства газообразного топлива. Теплота сгорания топлива. Способы сжигания органического топлива. Расчет горения органического топлива. Коэффициент избытка воздуха.

Тема 5. **Тепловой баланс теплогенератора**

Уравнение теплового баланса. Коэффициент полезного действия и расход топлива теплогенератора. Тепловые потери теплогенератора.

Тема 6. **Топочные и горелочные устройства**

Топочные устройства. Горелочные устройства. Газовые запальные устройства. Газомазутные горелки. Угольные форсунки. Системы подачи твердого топлива. Тягодутьевые устройства.

Пятый семестр

Тема 7. **Паровые теплогенераторы**

Принцип работы парового теплогенератора. Устройство и работа парового теплогенератора ДКВР-10-13-250 ГМ. Устройство и работа теплогенератора ДЕ-10-14 ГМ. Устройство и работа теплогенератора БГМ-35. Устройство и работа котла Е-1-9.

Тема 8. **Водогрейные теплогенераторы**

Особенности работы стальных водогрейных теплогенераторов. Устройство и работа теплогенератора ПТВМ-50. Устройство и работа котла КВ-ГМ-10-150. Устройство и работа котла КВ-ГМ-50-150.

Тема 9. **Хвостовые поверхности нагрева**

Коррозия поверхностей нагрева. Водяные экономайзеры. Воздухоподогреватели. Пароперегреватели.

Тема 10. **Трубопроводы котельной**

Классификация трубопроводов котельной. Паропроводы котельной. Питательные трубопроводы котельной. Дренажные трубопроводы котельной.

Тема 11. **Тепловой расчет теплогенератора**

Организация проектирования. Состав топлива, параметры теплоносителя и конструктивные характеристики теплогенератора. Расчет объемов и энтальпий продуктов сгорания воздуха. Тепловой баланс и расход топлива. Расчет топочных камер. Расчет конвективных поверхностей нагрева паровых и водогрейных котлов. Энергосбережение в котлах.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Котельные установки и парогенераторы» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– подготовка к выполнению практических работ в аудиториях вуза и на мощностях предприятий-партнеров;

– защита и индивидуальное обсуждение выполняемых этапов расчетного задания;

– подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях;

– организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме бланкового тестирования;

– использование интерактивных форм текущего контроля в форме аудиторного и внеаудиторного интернет-тестирования;

– проведение мастер-классов экспертов и специалистов по методам современного проектирования и 3D-моделирования котельных установок и систем, а также эффективных методов эксплуатации оборудования и объектов энергетических промышленных систем.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Котельные установки и парогенераторы» и в целом по дисциплине составляет 50% аудиторных занятий. Занятия практического типа составляют 33% от объема аудиторных занятий.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

В четвертом семестре:

- подготовка и выступление на семинарском занятии с презентацией и обсуждением на тему «Виды современных котельных установок и систем» (индивидуально для каждого обучающегося);

- выполнение расчетного задания «Тепловой расчет котельной установки (по вариантам)».

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового и (или) компьютерного тестирования, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины, защита отчетов по расчетной работе.

Образцы тестовых заданий, заданий расчетных работ, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, приведены в приложениях.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ОПК-3	способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах
ОПК-4	способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
ПК-1	Способность планировать и осуществлять контроль деятельности персонала по эксплуатации объектов профессиональной деятельности (ОПД)
ПК-2	Способность управлять процессами эксплуатации ОПД в соответствии с технологией производства
ПК-3	Способность к выполнению расчетов и построению схем ОПД при использовании типовых методов

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ОПК-3 - способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах				
Показатель	**Критерии оценивания**			
	Оценка «неудовлетворительно» или отсутствие	**Оценка «удовлетворительно» или низкой уровень**	**Оценка «хорошо» или повышенный уровень**	**Оценка «отлично» или высокий уровень**

	сформированности компетенции	**освоения компетенции**	**освоения компетенции**	**освоения компетенции**
знать: методы выполнения плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методы выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методы выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: методы выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методы выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: выполнять и планировать выполнение плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет обеспечивать применение для решения естественнонаучных проблем основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: обеспечивать применение для решения естественнонаучных проблем основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: обеспечивать применение для решения естественнонаучных проблем основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: обеспечивать применение для решения естественнонаучных проблем основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования,

		экспериментального исследования. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	экспериментального исследования. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	теоретического и экспериментального исследования. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: навыками проведения плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Обучающийся владеет методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
ОПК-4 - способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности				
знать: методы выполнения	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие	Обучающийся демонстрирует неполное	Обучающийся демонстрирует частичное	Обучающийся демонстрирует полное

плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ.	или недостаточное соответствие следующих знаний: Основы работ по освоению и доводке технологических процессов, осуществляемых нагнетателями и тепловыми двигателями	соответствие следующих знаний: Основы работ по освоению и доводке технологических процессов, осуществляемых нагнетателями и тепловыми двигателями. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	соответствие следующих знаний: Основы работ по освоению и доводке технологических процессов, осуществляемых нагнетателями и тепловыми двигателями, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	соответствие следующих знаний: Основы работ по освоению и доводке технологических процессов, осуществляемых нагнетателями и тепловыми двигателями, свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: выполнять и планировать выполнение плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет использовать типовые методы работы по освоению и доводке технологических процессов, осуществляемых нагнетателями и тепловыми двигателями.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: Использование типовых методов работы по освоению и доводке технологических процессов, осуществляемых нагнетателями и тепловыми двигателями. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: Использование типовых методов работы по освоению и доводке технологических процессов, осуществляемых нагнетателями и тепловыми двигателями. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: Использование типовых методов работы по освоению и доводке технологических процессов, осуществляемых нагнетателями и тепловыми двигателями. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

		переносе на новые ситуации.		
владеть: навыками проведения плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами работы по освоению и доводке технологических процессов, осуществляемых нагнетателями и тепловыми двигателями	Обучающийся владеет методами работы по освоению и доводке технологических процессов, осуществляемых нагнетателями и тепловыми двигателями в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет методами работы по освоению и доводке технологических процессов, осуществляемых нагнетателями и тепловыми двигателями, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методами работы по освоению и доводке технологических процессов, осуществляемых нагнетателями и тепловыми двигателями, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
ПК-1 - Способность планировать и осуществлять контроль деятельности персонала по эксплуатации объектов профессиональной деятельности (ОПД)				
знать: методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией, свободно оперирует приобре-

		затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.		тенными знаниями.
уметь: собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией, выполнять проектные расчеты	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: методами сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	Обучающийся владеет методами сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения	Обучающийся частично владеет методами сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических	Обучающийся в полном объеме владеет методами сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией, свободно применяет

		навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
ПК-2 - Способность управлять процессами эксплуатации ОПД в соответствии с технологией производства				
знать: методы выполнения расчетов технологического оборудования по типовым методикам; методы проектирования технологического оборудования с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методы выполнения расчетов технологического оборудования по типовым методикам; методы проектирования технологического оборудования с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методы выполнения расчетов технологического оборудования по типовым методикам; методы проектирования технологического оборудования с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: методы выполнения расчетов технологического оборудования по типовым методикам; методы проектирования технологического оборудования с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методы выполнения расчетов технологического оборудования по типовым методикам; методы проектирования технологического оборудования с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием, свободно оперирует приобретенными знаниями.

		испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.		
уметь: выполнять расчеты технологического оборудования по типовым методикам; проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет выполнять расчеты технологического оборудования по типовым методикам; проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: выполнять расчеты технологического оборудования по типовым методикам; проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: выполнять расчеты технологического оборудования по типовым методикам; проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: выполнять расчеты технологического оборудования по типовым методикам; проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

		их переносе на новые ситуации.		
владеть: навыками проведения расчетов энергооборудования по типовым методикам; способностью проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками проведения расчетов энергооборудования по типовым методикам; способностью проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием	Обучающийся владеет навыками проведения расчетов энергооборудования по типовым методикам; способностью проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в	Обучающийся частично владеет навыками проведения расчетов энергооборудования по типовым методикам; способностью проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет навыками проведения расчетов энергооборудования по типовым методикам; способностью проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

		новых ситуациях.		
ПК-3 - Способность к выполнению расчетов и построению схем ОПД при использовании типовых методов				
знать: Методы освоения и доводки технологических процессов	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методы освоения и доводки технологических процессов	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методы освоения и доводки технологических процессов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: методы освоения и доводки технологических процессов, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методы освоения и доводки технологических процессов, свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: Проводить освоение и доводку технологических процессов	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет проводить освоение и доводку технологических процессов	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: проводить освоение и доводку технологических процессов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей,	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: проводить освоение и доводку технологических процессов. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: проводить освоение и доводку технологических процессов. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

		обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	
владеть: Методами проведения работ по освоению и доводке технологических процессов	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами проведения работ по освоению и доводке технологических процессов	Обучающийся владеет методами проведения работ по освоению и доводке технологических процессов в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет методами проведения работ по освоению и доводке технологических процессов, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методами проведения работ по освоению и доводке технологических процессов, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации в четвертом семестре: зачет.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Форма промежуточной аттестации в пятом семестре: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Котельные установки и парогенераторы» (прошли промежуточный контроль, выполнили весь объем заданий на семинарских занятиях, выступили с докладом на семинарском занятии).

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Студент показывает достаточный уровень теоретических и практических знаний, свободно оперирует категориальным аппаратом. Умеет анализировать практические ситуации, но допускает некоторые погрешности. Ответ построен логично, материал излагается грамотно.

Удовлетворительно	Студент показывает знание основного лекционного и практического материала. В ответе не всегда присутствует логика изложения. Студент испытывает затруднения при приведении практических примеров.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложениях к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Котельные установки. Том IV-18 [Электронный ресурс] / Ю.А. Рундыгин [и др.]. — Электрон. дан. — Москва: Машиностроение, 2009. — 400 с.

2. Котельные установки и парогенераторы [Электронный ресурс]: учеб. / В.М. Лебедев [и др.]. — Электрон. дан. — Москва: УМЦ ЖДТ, 2013. — 376 с.

3. Жихар Г.И. Котельные установки тепловых электростанций [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Минск: "Вышэйшая школа", 2015. — 523 с.

4. Жихар Г.И. Котельные установки ТЭС: теплотехнические расчеты: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Минск : "Вышэйшая школа", 2017. — 224 с.

5. Лебедев В.М. Тепловой расчет котельных агрегатов средней паропроизводительности [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.М. Лебедев, С.В. Приходько. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 212 с.

6. Куликов А.А. Топливо. Тепловой баланс котельного агрегата: учебное пособие для студентов очной и заочной форм обучения [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2012. — 64 с.

7. Котельные установки и парогенераторы [Электронный ресурс]: учеб. / В.М. Лебедев [и др.]. — Электрон. дан. — Москва: УМЦ ЖДТ, 2013. — 376 с.

б) дополнительная литература:

1. Тарасюк В.М. Эксплуатация котлов: Практическое пособие для операторов котельной [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва: ЭНАС, 2012. — 272 с.

2. Круглов Г.А. Теплотехника [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 208 с.

3. Быстрицкий Г.Ф. Справочная книга по энергетическому оборудованию предприятий и общественных зданий [Электронный ресурс]: справ. / Г.Ф. Быстрицкий, Э.А. Киреева. — Электрон. дан. — Москва: Машиностроение, 2011. — 592 с.

4. РД 34.20.801–2000. Инструкция по расследованию и учету технологических нарушений в работе энергосистем, электростанций, котельных, электрических и тепловых сетей [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва: ЭНАС, 2012. — 24 с.

5. Топливное хозяйство котельных установок: учебное пособие по дисциплине «Топливное хозяйство котельных установок» для студентов направления подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника" [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.Ф. Смоляков [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2016. — 44 с.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение не предусмотрено.

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте (http://lib.mami.ru/ebooks/ в разделе «Библиотека».

Полезные учебно-методические и информационные материалы представлены на сайтах:

http://window.edu.ru/catalog/resources?p_nr=50&p_rubr=2.2.75.27.7&p_page=3;

http://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-laboratornoy-ustanovki-po-spetsialnosti-promyshlennaya-teploenergetika.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Специализированная учебная лаборатория кафедры «Промышленная теплоэнергетика» Ауд. АВ2406, оснащенная лабораторными установками:

- «Определение коэффициента температуропроводности стали методом регулярного режима»;
- «Определение коэффициента теплопередачи при вынужденном течении жидкости в трубе (труба в трубе)»;
- «Определение коэффициента теплопередачи методом регулярного режима»;
- «Определение коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкости на цилиндре»;
- «Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом цилиндрического слоя».

Мультимедийная аудитория кафедры «Промышленная теплоэнергетика», оснащенная оргтехникой и мультимедиа средствами (проектор, ПК и др.),

экспериментальная котельная на базе ОАО ВТИ (на основании Договора о сотрудничестве) с системой КИП и автоматики.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

1. Марюшин Л.А., Сенникова О.Б., Савельев И.Л. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов. Направление подготовки: 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», профиль «Теплоэнергетические установки, системы и комплексы». – М.: Изд-во Московского политеха, - 46 с.

10. Методические рекомендации для преподавателя

Преподавание дисциплины «Котельные установки и парогенераторы» имеет своей целью ознакомить студентов с достижениями в области прикладной теплоэнергетики, добиться уяснения ими основных правил расчета, проектирования и эксплуатации котельных агрегатов, порядка их применения, привить им практические навыки использования этих знаний к конкретным жизненным ситуациям.

Преподавание дисциплины осуществляется в соответствии с ФГОС ВО.

Целью методических рекомендаций является повышение эффективности теоретических и практических занятий вследствие более четкой их организации преподавателем, создания целевых установок по каждой теме, систематизации материала по курсу, взаимосвязи тем курса, полного материального и методического обеспечения образовательного процесса.

Средства обеспечения освоения дисциплины

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие средства:

− рекомендуемую основную и дополнительную литературу;

− методические указания и пособия;

− контрольные задания для закрепления теоретического материала;

− электронные версии федеральных законов, учебников и методических указаний для выполнения практических работ и самостоятельной работы бакалавров.

Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Для максимального усвоения дисциплины рекомендуется изложение лекционного материала с элементами обсуждения.

В качестве методики проведения практических занятий можно предложить

1. Семинар – обсуждение существующих точек зрения на проблему и пути ее решения.

2. Тематические доклады, позволяющие вырабатывать навыки публичных выступлений.

Для максимального усвоения дисциплины рекомендуется проведение

письменного опроса (тестирование) бакалавров по материалам лекций и практических работ. Подборка вопросов для тестирования осуществляется на основе изученного теоретического материала. Такой подход позволяет повысить мотивацию бакалавров при конспектировании лекционного материала.

Для освоения навыков поисковой и исследовательской деятельности бакалавр пишет контрольную работу или реферат по выбранной (свободной) теме.

Лекции проводятся в основном посредством метода устного изложения с элементами проблемного подхода и беседы.

Семинарские занятия могут иметь разные формы (работа с исследовательской литературой, анализ данных нормативной и справочной литературы, слушание докладов и др.), выбираемые преподавателем в зависимости от интересов бакалавров и конкретной темы.

Самостоятельная работа бакалавров включает в себя элементы реферирования и конспектирования научно-исследовательской литературы, подготовки и написания научных текстов, отработку навыков устных публичных выступлений.

Проверка качества усвоения знаний в течение семестра осуществляется в устной форме, путем обсуждения проблем, выводимых на семинарах и письменной, путем выполнения бакалаврами разных по форме и содержанию работ и заданий, связанных с практическим освоением содержания дисциплины. Бакалавры демонстрируют в ходе проверки умение анализировать значимость и выявлять специфику различных проблем и тем в рамках изучаемой дисциплины и ее компонентов, знание научной и учебно-методической литературы. Текущая проверка знаний и умений бакалавров также осуществляется через проведение ряда промежуточных тестирований. Итоговая аттестация по дисциплине предполагает устный зачет или экзамен, на которых проверяется усвоение материала, усвоение базовых понятий дисциплины.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ПрООП ВО по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и профилю «Теплоэнергетические установки, системы и комплексы»

Авторы

Доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика»
к.т.н., доцент Л.А. Марюшин

Программа обсуждена на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика». Протокол от 26 мая 2022 г. № 11.

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика»
к.т.н., доцент Л.А. Марюшин

Руководитель ООП Е.А. Чугаев

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины «Котельные установки и парогенераторы» по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (бакалавр)

	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реф.	К/р	Э	З
	Четвёртый семестр														
Тема 1	**Лекция. Введение**	4	1	4			10								
	Семинарское занятие				4										
Тема 2	**Лекция. Общие положения работы теплогенерирующих установок**	4	2	5			10								
	Семинарское занятие.				6										
	Выдача задания на курсовую работу														
Тема 3	**Лекция. Контрольно-измерительные приборы котельной**	4	3-4	5			12								
	Семинарское занятие				6								+		
	Лабораторная работа					1									
Тема 4	**Лекция. Горение органического топлива**	4	5-6	5			12								
	Семинарское занятие				6							+			
	Лабораторная работа					3									
Тема 5	**Лекция. Тепловой баланс теплогенератора**	4	7-8	5			12								
	Семинарское занятие				6										
	Лабораторная работа					1									
Тема 6	**Лекция. Топочные и горелочные устройства**	4	9-10	5			12								

	Семинарское занятие				6								+		
	Лабораторная работа					1									
	Форма аттестации	4													З
	Пятый семестр														
Тема 7	**Лекция. Паровые теплогенераторы**	5	11-12	5			12		+						
	Семинарское занятие				6										
	Лабораторная работа					1									
Тема 8	**Лекция. Водогрейные теплогенераторы**	5	13-14	5			12								
	Семинарское занятие				6							+			
	Лабораторная работа					1									
Тема 9	**Лекция. Хвостовые поверхности нагрева**	5	15-16	5			12								
	Семинарское занятие.				6										
	Защита курсовой работы														
Тема 10	**Лекция. Трубопроводы котельной**	5	17	5			12								
	Семинарское занятие				6										
Тема 11	**Лекция. Тепловой расчет теплогенератора**	5	18	5			12								
	Семинарское занятие				6								+		
	Форма аттестации	5	19											Э	
	Всего часов по дисциплине			54	64	8	126								

Приложение 2

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
ОП (профиль): «Теплоэнергетические установки, системы и комплексы»
Форма обучения: очная

Кафедра: «Промышленная теплоэнергетика»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Котельные установки и парогенераторы»

Москва
2022

Таблица 1
к приложению 2

Паспорт фонда оценочных средств

Котельные установки и парогенераторы					
ФГОС ВО **13.03.01 Теплотехника и теплоэнергетика**					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования**	**Форма оценочного средства**	**Степени уровней освоения компетенций**
ИНДЕКС	**ФОРМУЛИРОВКА**				
ОПК-3	способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	**знать:** методы выполнения плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ. **уметь**: выполнять и планировать выполнение плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ. **владеть**: навыками проведения плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых	Лекция, семинарские занятия, лабораторные занятия, решение ситуационных задач, СРС	Экзамен, выполнение расчетной работы по индивидуальному заданию	Базовый уровень: способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией в стандартных производственных ситуациях Повышенный уровень: способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией в нестандартных производственных ситуациях с их последующим анализом

		работ.			
ОПК-4	способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	**знать**: методы выполнения плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ. **уметь**: выполнять и планировать выполнение плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ. **владеть**: навыками проведения плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ.	Лекция, семинарские занятия, лабораторные занятия, решение ситуационных задач, СРС	Экзамен, выполнение расчетной работы по индивидуальному заданию	Базовый уровень: способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией в стандартных производственных ситуациях Повышенный уровень: способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией в нестандартных производственных ситуациях с их последующим анализом
ПК-1	Способность планировать и осуществлять контроль деятельности персонала по эксплуатации объектов профессиональной деятельности (ОПД)	Знать: методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их	Лекция, семинарские занятия, лабораторные занятия, решение	Экзамен, выполнение расчетной работы по индивидуальному	Базовый уровень: способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их

		элементов в соответствии с нормативной документацией	ситуационных задач, СРС	заданию	элементов в соответствии с нормативной документацией в стандартных производственных ситуациях Повышенный уровень: способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией в нестандартных производственных ситуациях с их последующим анализом
ПК-2	Способность управлять процессами эксплуатации ОПД в соответствии с технологией производства	Знать: методы выполнения расчетов технологического оборудования по типовым методикам; методы проектирования технологического оборудования с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием	Лекция, семинарские занятия, лабораторные занятия, решение ситуационных задач, СРС	Экзамен, выполнение расчетной работы по индивидуальному заданию	Базовый уровень: способен проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием в стандартных производственных ситуациях

					Повышенный уровень: способен проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в нестандартных производственных ситуациях с их последующим анализом
ПК-3	Способность к выполнению расчетов и построению схем ОПД при использовании типовых методов	**знать:** Методы освоения и доводки технологических процессов **уметь:** Проводить доводку технологических процессов **владеть:** Методами проведения работ по доводке технологических процессов	Лекция, семинарские занятия, лабораторные занятия, решение ситуационных задач, СРС	Экзамен, выполнение расчетной работы по индивидуальному заданию	Базовый уровень: готов к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов в соответствии с техническим заданием в стандартных производственных ситуациях Повышенный уровень: готов к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов в нестандартных производственных ситуациях с их последующим анализом

Приложение 3

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Перечень практических работ по дисциплине

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонд
1	Расчетная работа. «Тепловой расчет котельной установки»	Практическая работа направлена на формирование умений и навыков по расчету параметров котельной установки на газообразном топливе с подбором вспомогательного оборудования.	Результатом работы являются определение параметров теплового баланса котельного агрегата, площади радиационной и конвективной поверхности нагрева котла, подбор хвостовых поверхностей нагрева, тягодутьевых устройств.

Темы практических занятий

1. Тепловой и конструктивный расчет теплоиспользующего оборудования.
2. Расчет теплотехнологических параметров теплоносителя.
3. Подбор оборудования теплотехнического контроля котельной.
4. Расчет параметров горелочных устройств. Выбор форсунок.
5. Расчет параметров теплового баланса котельного агрегата.
6. Аэродинамический расчет котельного агрегата.
7. Расчет парового котла на газовом топливе.
8. Расчет водогрейного котла. Выбор вспомогательного оборудования.
9. Тепловой расчет экономайзера, воздухоподогревателя, пароперегревателя котельного агрегата.
10. Расчет и выбор насосного оборудования котельной.
11. Расчет параметров энергетической эффективности котельного агрегата.

Приложение 4

Примеры задач для семинарских занятий

ПРИМЕР 1: В топке котельного агрегата паропроизводительностью D=13,5 кг/с сжигается подмосковный уголь состава: C^p=29,1%; H^p=2,2%; $S_л^p$=2,9%; N^p=0,6%; O^p=8,7%; A^p=23,5%; W^p=33%. Составить тепловой баланс котельного агрегата, если температура топлива при входе в топку $t_р$=20ºС, натуральный расход топлива В=4 кг/с, давление перегретого пара $p_{п.п}$=4 МПа, температура перегретого пара $t_{п.п}$=450ºС, температура питательной воды $t_{п.в}$=150ºС, величина непрерывной продувки Р=4%, теоретическое количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг топлива V^o=2,98 м^3/кг, объем уходящих газов на выходе из последнего газохода $V_{г.ух}$=4,86 м^3/кг, температура уходящих газов на выходе из последнего газохода $t_{ух}$=160ºС, средняя объемная теплоемкость газов $c_{г.ух}$=1,415 кДж/(м^3·К), коэффициент избытка воздуха за последним газоходом $\alpha_{ух}$=1,48, температура воздуха в котельной $t_в$=30ºС, объемная теплоемкость воздуха $c_в$=1,297 кДж/(м^3·К), содержание в уходящих газах окиси углерода CO=0,2% и трехатомных газов RO_2=16,6 % и потери тепла от механической неполноты сгорания q_4=4%. Потерями тепла с физическим теплом шлаков пренебречь.

Решение: Низшую теплоту сгорания рабочей массы топлива определяем по формуле:

$Q_н^p$=338C^p+1025H^p–108,5$(O^p - S_л^p)$–25W^p=338·29,1+1025·2,2–108,5(8,7–2,9)–25·33=10636 кДж/кг.

Теплоемкость рабочей массы топлива – по формуле:

$c_T^p = c_T^c(100 - W^p)/100 + C_{H_2O}W^p/100 =$
$1{,}088(100 - 33)/100 + 4{,}19 \cdot 33/100 = 2{,}112$ кДж/(кг·К).

Физическое тепло топлива – по формуле:

$Q_{T.Л} = c_H^P t_T = 2{,}112 \cdot 20 = 42$ кДж/кг.

Располагаемое тепло – по формуле:

$Q_P^P = Q_H^P + Q_{TЛ}$ =10636 + 42=10678 кДж/кг.

Тепло, полезно использованное в котлоагрегате, – по формуле:

$Q_1 = (D_{п.е}/B)[(i_{п.п} - i_{п.в}) + (P/100)(i_{к.в} - i_{п.в})]$ = (13,5/4)[(3330 – 632) + (4/100) ·(1087,5 – 632)]=9181 кДж/кг.

$D_{п.е}$=D, так как отсутствует отбор насыщенного пара.

Энтальпию пара $i_{п.п}$ находим по i–S диаграмме: $i_{п.п}$=3330 кДж/кг, энтальпии питательной и котловой воды находим по приложениям 2 и 3: $i_{п.в}$=632 кДж/кг, а $i_{к.в}$=1087,5 кДж/кг.

Потери тепла с уходящими газами – по формуле:

$Q_2 = \left(V_{г.ух}c_{г.ух}t_{ух} - \alpha_{ух}V^0c_вt_в\right)(100 - q_4)/100$ =(4,86·1,415·160–1,48·2,98·1,297· 30)(100 – 4)/100= =892 кДж/кг.

Потери тепла от химической неполноты сгорания – по формуле:

Q_3 =

$237\left(C^p + 0{,}375S_Л^p\right)CO/(RO_2 + CO)$ =237(29,1+0,375·2,9)0,2/(16,6+0,2) = 85 кДж/кг.

Потери тепла от механической неполноты сгорания – по формуле:

$Q_4 = q_4 Q_p^p/100$ =4·10678/100 = 427 кДж/кг.

Потери тепла в окружающую среду – по формуле:

$Q_5 = Q_p^p - (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4)$=10678–(9181+892+85+427) = 93 кДж/кг.

Составляющие теплового баланса в процентах:

$q_1 = \left(Q_1/Q_p^p\right)100$ = (9181/10678)100 = 86%;

$q_2 = \left(Q_2/Q_p^p\right)100$ = (892/10678)100 = 8,3%;

$q_3 = \left(Q_3/Q_p^p\right)100$ = (85/10678)100 = 0,8%;

$q_5 = \left(Q_5/Q_p^p\right)100$ = (93/10678)100 = 0,9%;

Тепловой баланс котельного агрегата

$Q_p^p = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$ =9181+892+85+427+93 = 10678 кДж/кг

или

$100\% = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5$ =86+8,3+0,8+4+0,9 = 100%.

ПРИМЕР 2: Определить площадь колосниковой решетки, объем топочного пространства и КПД топки котельного агрегата паропроизводительностью D=5,45 кг/с, если давление перегретого пара $p_{п.п}$=1,4 МПа, температура перегретого пара $t_{п.п}$=280°С, температура питательной воды $t_{п.в}$=100°С, КПД брутто котлоагрегата $\eta_{к.а}^{бр}$=86%, величина непрерывной продувки Р=3%, тепловое напряжение площади колосниковой решетки Q/R=1015 кВт/м^2, тепловое напряжение топочного объема $Q/V_т$=350 кВт/м^3, потери тепла от химической неполноты сгорания q_3=0,5% и потери тепла от механической неполноты сгорания q_4=5,5%. Котельный агрегат работает на кузнецком каменном угле с низшей теплотой сгорания горючей массы $Q_н^г$=34 440 кДж/кг, содержание в топливе золы $A^р$=17,4% и влаги $W^р$=6%.

Решение: Низшую теплоту сгорания рабочей массы топлива определяем по формуле:

$Q_н^p = Q_p^p = Q_н^г\,[100 - (A^p + W^p)]/100 - 25W^p$ =34440[100–(17,4+6)]/100–25·6 = 26231 кДж/кг.

Натуральный расход топлива – по формуле:

$B = \frac{D_{п.е}[(i_{п.п} - i_{п.п}) + (P/100)(i_{к.в} - i_{п.в})]}{Q_p^p \eta_{к.а}^{бр}} 100 = \frac{5{,}45[(3000-419)+(3/100)(830-419)]}{26231 \cdot 86} 100 =$ 0,62кг/с.

$D_{п.е}$=D, так как отсутствует отбор насыщенного пара.

Площадь колосниковой решетки – из формулы:

$R = \frac{BQ_н^p}{Q/R} = \frac{0{,}62 \cdot 26231}{1015} = 16$м^3.

Объем топочного пространства – из формулы:

$V_T = \frac{BQ_н^p}{Q/V_T} = \frac{0{,}62 \cdot 26231}{350} = 46{,}5$м^3.

К.п.д. топки – по формуле:

$$\eta_T = 100 - q_3 - q_4 = 100 - 0{,}5 - 5{,}5 = 94\%.$$

ПРИМЕР 3: Определить, на сколько изменится теоретическая температура горения в топке котельного агрегата за счет подачи к горелкам предварительно подогретого воздуха, если температура воздуха в котельной t_B = 30°С, температура горячего воздуха $t_{г.в}$=250°С , коэффициент избытка воздуха в топке $\alpha_т$ =1,15, присос воздуха в топочной камере $\Delta\alpha_т$ = 0,05 и потери тепла от химической неполноты сгорания q_3 = 1 % Котельный агрегат работает на ухтинском природном газе состава: CO_2 =0,3%; CH_4=88%; C_2H_6=1,9%; C_3H_8 = 0,2%; C_4H_{10}=0,3%; N_2=9,3%.

Решение: Низшую теплоту сгорания рабочей массы — по формуле:

$Q^c_н$ = 358 CH_4 + 638 C_2H_6 + 913 C_3H_8 + 1187 C_4H_{10} = 358·88 + 638·1,9 + 913·0,2 +1187·0,3 = 33 254 кДж/м^3.

Теоретически необходимое количество воздуха — по формуле:

V^0 = 0,0478 [0,5 (CO + H_2) + 1,5 H_2S + 2CH_4 + Σ (m + n/4)C_mH_n — O_2] = 0,0478 (2·88 + 3,5·1,9 + 5·0,2 + 6,5·0,3) = 8,9 м^3/м^3.

Тепло, вносимое в топку воздухом, подогретым вне котлоагрегата, — по формуле:

$Q_{в.вн}$= $\alpha_T V^0 c_в \Delta t_в$ = 1,15·8,9·1,33·220 = 2995 кДж/м^3.

Располагаемое тепло - по формуле:

$Q^p_р = Q^c_н + Q_{в.вн}$ = 33 254 + 2995 = 36 249 кДж/м^3.

Тепло, вносимое в топку с воздухом, — по формуле:

$Q_в` = (\alpha_T - \Delta\alpha_T)\ V^0\ (cV)_{г.в.} + \Delta\alpha_T\ V^0\ (cV)_{х.в}$ = (1,15 — 0,05) 8,9·334 + 0,05·8,9·40 = 3288 кДж/м^3.

Полезное тепловыделение в топке при подаче к горелкам подогретого воздуха — по формуле:

$Q_{т`}$= $Q^p_р$ (100 – $q_3$ )/100 + $Q`_в$ - $Q_{в.вн}$= 36 249 (100 — 1)/100 + 3288 — 2995 = 36 180 кДж/м^3.

Полезное тепловыделение в топке при подаче к горелкам воздуха без предварительного подогрева определяем, пользуясь формулой:

$$Q_{T_2} = Q_н^c(100 - q_3)/100 + \alpha_T V^0 (c\vartheta)_{х.в} + \Delta\alpha_T V^0 (c\vartheta)_{х.в} = 33254(100 - -1)/100 + 1{,}15 \cdot 8{,}9 \cdot 40 = 33349 кДж/м^3$$

Зная полезные тепловыделения в топке, находим теоретические температуры горения с помощью J-υ диаграммы. Для этого задаемся двумя значениями температур газов (1400 и 2000° С) и вычисляем для них энтальпии продуктов сгорания.

Объем трехатомных газов находим по формуле:

V_{RO2} = 0,01 ($C0_2$ + CO + H_2S + ΣmC_mH_n) = 0,01 (0,3 + 88 + 2·1,9 + 3·0,2 + +4·0,3)=0,94 м^3/м^3.

Теоретический объем азота — по формуле:

$V°_{N2}$ = 0,79V° + N_2/100 = 0,79·8,9 + 9,3/100 = 7,12 м^3/м^3.

Теоретический объем водяных паров — по формуле:

$V^0_{H_2O}$ =0,01[H_2S + H_2 + Σ (n/2) C_mH_n + 0,124 $d_г$] + 0,0161 V° = 0,01 (2·88 +

+3·1,9+ 4·0,2 + 5·0,3) + 0,0161·8,9 = 1,98 м^3/м^3.

Энтальпию продуктов сгорания при α = 1 и $t_г$=1400° С — по формуле:

$J_Г^o = V_{RO_2}(c\vartheta)_{co_2} + V_{N_2}^o(c\vartheta)_{N_2} + V_{H_2O}^o(c\vartheta)_{H_2O}$= 0,94 · 3240 + 7,12 · 2009 + 1,98 ·2558 = 22414кДж/м

Энтальпию воздуха при α=1 и $t_Г$=1400°С — по формуле:

$J_в^o = V^0(c\vartheta)_в$= 8,9·2076 = 18 476 кДж/м^3.

Энтальпию продуктов сгорания при $t_г$= 1400° С — по формуле:

$J_Т = J_г° + (\alpha_т — 1)J_в°$ = 22414 + (1,15— 1) 18 476 = = 25185 кДж/м^3.

Энтальпию продуктов сгорания при $t_г$ =2000°С — по формуле:

$$J_T = J_Г^0 + (\alpha_T - 1)\,J_в^0 = V_{RO_2}(c\vartheta)_{CO_2} + V_{H_2O}^0(c\vartheta)_{H_2O} + (\alpha_T - 1)V^0(c\vartheta)_в$$

$$= 0{,}94 \cdot 4843 + 7{,}12 \cdot 2964 +$$

$$+1{,}98 \cdot 3926 + (1{,}15 - 1)8{,}9 \cdot 3064 = 3750\text{кДж/м}^3.$$

По найденным значениям энтальпий продуктов сгорания строим диаграмму $J - \vartheta$. С помощью диаграммы по полезным тепловыделениям в топке $Q_{T_1} = J_{T_1}$= 36180 кДж/м^3 и $Q_{T2} = J_{T2}$= 33349 кДж/м^3 находим теоретические температуры горения ϑ_{T_1} и ϑ_{T_2}, которые равны ϑ_{T_1}=1940°С; ϑ_{T_2}= 1795°С. Теоретическая температура горения в топке котлоагрегата за счет подачи к горелкам подогретого воздуха изменится

$$\boldsymbol{\Delta\vartheta_T = \vartheta_{T_1} - \vartheta_{T_2} = 1940 - 1795 = 145^0 C}.$$

ПРИМЕР 4: Определить энтальпию продуктов сгорания на выходе из пароперегревателя котельного агрегата паро-производительностью D = 3,89 кг/с, работающего на природном газе Саратовского месторождения с низшей теплотой сгорания $Q_н^c$= 35 799 кДж/м^3, если известны давление насыщенного пара $p_{н_а}$ = 1,5 МПа, давление перегретого пара $p_{пп}$ = 1,4 МПа, температура перегретого пара $t_{пп}$ = 350 °С, температура питательной воды $t_{п.в}$ = 100С, величина непрерывной продувки Р = 4 %, КПД. котлоагрегата (брутто) $\eta_{к.а}^{бр}$= 92,0 %,энтальпия продуктов сгорания на входе в пароперегреватель I'пе = 17 220 кДж/м^3, теоретический объем воздуха, необходимый для сгорания топлива V^0 = 9,52 м^3/м^3, присос воздуха ь газоходе пароперегревателя $\Delta\alpha_{пе}$ = 0,05, температура воздуха в котельной tн = 30 °С и потери теплоты в окружающую среду $q_5 = 1\%$

Решение: Расчетный расход топлива определяем по формуле:

$$B_p = B = \frac{D_{пе}[(i_{п.п} - i_{п.в}) + (P/100)(i_{к.в} - i_{п.в})]}{Q_p^p \eta_{к.а}^{бр}} 100 =$$

$$= \frac{3{,}89[(3160 - 419) + (4/100)(830 - 419)]}{35799 \cdot 92} 100 = 0{,}326 кг/с$$

Количество теплоты, воспринятой паром в пароперегревателе, находим по формуле:

$$Q_{пе} = \frac{D_{пе}}{B_p}(i_{п.п} - i_{н.п}) = \frac{3{,}89}{0{,}326}(3160 - 2791{,}8) = 4388 кдж/м^3$$

Энтальпию насыщенного пара при давлениир$_{н.п}$— 1,5 МПа находим по табл. 2 [2]: $i_{н.п} = i''$ = 2791,8 кДж/кг.

Расход пара через пароперегреватель $D_{пе}$ равен паропроизводительности котлоагрёгата D, так как отсутствует отбор насыщенного пара.

Коэффициент сохранения теплоты определяем по формуле:

$$\phi = 1 - q_5/100 = 1 - 1/100 = 0{,}99$$

Энтальпию продуктов сгорания на выходе из пароперегревателя находим из формулы:

$$I''_{пе} = I'_{пе} - \frac{Q_{пе}}{\phi} + \Delta\alpha_{пе} V^0 (cv)_{х.в} = 17220 - \frac{4388}{0{,}99} + 0{,}05 \cdot 9{,}52 \cdot 40 =$$
$$= 12769 кдж/м^3$$

Приложение 5

Примеры экзаменационных вопросов

1. Элементы газового хозяйства котельных;
2. Угольное хозяйство котельных;
3. Мазутное хозяйство котельных;
4. Место котельного агрегата в тепловой схеме ТЭС;
5. Принципиальная схема современной котельной установки;
6. Арматура и гарнитура котлоагрегата;
7. Назначение контрольно-измерительных приборов котельной;
8. Приборы безопасности котельной;
9. Системы автоматики и регулирования котельной;
10. Общие понятия теории горения топлива;
11. Состав твердого и жидкого топлива;
12. Свойства жидкого топлива;
13. Состав и свойства газообразного топлива;
14. Теплота сгорания топлива;
15. Способы сжигания органического топлива;
16. Расчет параметров процессов горения органического топлива;
17. Коэффициент избытка воздуха;
18. Уравнение теплового баланса котельного агрегата;
19. Коэффициент полезного действия и расход топлива теплогенератора;
20. Тепловые потери теплогенератора;
21. Топочные устройства. Конструкции, назначение, подбор;
22. Горелочные устройства. Конструкции, назначение, подбор;
23. Газовые запальные устройства;
24. Газомазутные горелки;
25. Пылеугольные форсунки;
26. Системы приготовления и подачи твердого топлива;
27. Тягодутьевые устройства;
28. Паровые теплогенераторы котельных и ТЭЦ;
29. Принцип работы парового теплогенератора;
30. Устройство и работа парового теплогенератора ДКВР-10-13-250 ГМ;
31. Устройство и работа теплогенератора ДЕ-10-14 ГМ;
32. Устройство и работа теплогенератора БГМ-35;
33. Устройство и работа котла Е-1-9;
34. Водогрейные теплогенераторы отопительных котельных;
35. Особенности работы стальных водогрейных теплогенераторов;
36. Устройство и работа теплогенератора ПТВМ-50;
37. Устройство и работа котла КВ-ГМ-10-150;
38. Устройство и работа котла КВ-ГМ-50-150;
39. Хвостовые поверхности нагрева котельного агрегата, их конструкции и назначение;
40. Коррозия хвостовых поверхностей нагрева котлоагрегата;

41. Водяные экономайзеры, назначение, конструкция;
42. Воздухоподогреватели, назначение, конструкция;
43. Пароперегреватели, назначение, конструкция;
44. Трубопроводы котельной. Классификация трубопроводов котельной;
45. Паропроводы котельной, прочностной расчет, элементы конструкции;
46. Питательные трубопроводы котельной;
47. Дренажные трубопроводы котельной;
48. Тепловой расчет теплогенератора;
49. Организация проектирования теплогенератора;
50. Состав топлива, параметры теплоносителя и конструктивные характеристики теплогенератора;
51. Расчет объемов и энтальпий продуктов сгорания воздуха теплогенератора;
52. Тепловой баланс и расход топлива теплогенератора;
53. Расчет топочных камер;
54. Расчет конвективных поверхностей нагрева паровых и водогрейных котлов;
55. Энергосбережение в котлах.