Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Наливайко Антон Юрьевич
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 01.11.2023 17:37:26
Уникальный программный ключ:
1a3df673e07fcd54440aceed8bb7e29f4817bf0a

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета урбанистики
и городского хозяйства
_____ /Л.А. Марюшин/
« 30 » августа 2021г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Энергобалансы теплоэнергетических систем промышленных предприятий»

Направление подготовки
13.06.01 Электро- и теплотехника

Профиль подготовки
Промышленная теплоэнергетика

Программа аспирантуры

Форма обучения
Очная

Москва 2021

1. Цели освоения дисциплины

К **основным целям** освоения дисциплины «Энергобалансы теплоэнергетических систем промышленных предприятий» относится изучение структуры и принципов построения теплоэнергетической системы промышленного предприятия, закономерностей и характерных особенностей ее функционирования, а также составление энергетических и эксергетических балансов различного назначения и вида, с целью последующей качественной и количественной оценки состояния энергетического хозяйства и энергоиспользования.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Энергобалансы теплоэнергетических систем промышленных предприятий» следует отнести:

– познакомить обучающихся с принципами построения теплоэнергетической системы промышленного предприятия, ее особенностями, проблемами и способами их решения;

– познакомить обучающихся с классификацией энергетических балансов, принципах и особенностях их составления;

– дать информацию о способах и методах сбора необходимой информации для составления энергетических и эксергетических балансов.

2. Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры

Дисциплина «Энергобалансы теплоэнергетических систем промышленных предприятий» относится к числу учебных дисциплин Блока 1 вариативной части основной образовательной программы аспирантуры, дисциплины по выбору (Б1.В.ДВ1).

«Энергобалансы теплоэнергетических систем промышленных предприятий» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами ООП:

В базовой части (Б1.Б):

– Электро- и теплоэнергетические системы и комплексы;

В вариативной части (Б1.В):

– Промышленная теплоэнергетика.

В блоке дисциплин по выбору (Б1.В.ДВ):

– Источники энергии и генерация теплоты в энергоустановках.

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
ПК-1	готовность использовать современные научные достижения в области теплоэнергетики и теплотехники	**знать:** • методы использования современных научных достижений в области теплоэнергетики и теплотехники **уметь:** • использовать современные научные достижения в области теплоэнергетики и теплотехники **владеть:** • методами использования современных научных достижений в области теплоэнергетики и теплотехники
ПК-4	способность составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики	**знать:** • методы составления практических рекомендаций по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики **уметь:** • составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики **владеть:** • методами составления практических рекомендаций по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Энергобалансы теплоэнергетических систем промышленных предприятий» составляет **3** зачетные единицы, т.е. **108** академических часа (из них 16 часов – лекции, 16 часов – семинарские занятия, 76 час – самостоятельная работа аспирантов). Форма контроля - зачет.

Структура и содержание дисциплины «Энергобалансы теплоэнергетических систем промышленных предприятий» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

Содержание разделов дисциплины

Третий семестр

Тема 1. Теплоэнергетическая система промышленного предприятия и ее характеристика

Общая характеристика теплоэнергетической и энерготехнологической систем (ТЭС и ЭТС) промышленных предприятий (ПП). Значение ТЭС ПП для эффективного использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), их классификация. Топливно-энергетический баланс реального металлургического комбината. Причины больших значений расходов топлива на выпуск единицы продукции промышленными предприятиями, пути экономии ТЭР.

Тема 2. Внутренние энергоресурсы и их использование в системах теплоэнергоснабжения ПП

Реальные графики выхода и потребления энергоресурсов и их учет. Понятие внутренних энергетических ресурсов (ВЭР) ПП. Особенности использования ВЭР, их энергетический потенциал. Горючие и тепловые внутренние энергоресурсы. Методы определения величины выхода горючих и тепловых ВЭР. Энергетическая эффективность использования ВЭР. Определение экономии топлива при использовании тепловых ВЭР. Внутренние энергетические ресурсы и ТЭС ПП.

Тема 3. ТЭС ПП металлургического комбината с полным технологическим циклом

Структура теплоэнергетической и энерготехнологической систем комбината. Энергетические характеристики основных производств (коксохимическое, агломерационное, доменное, сталеплавильное, прокатное).

Тема 4. Тепловой баланс ПП его классификация и структура

Принципы составления теплового баланса. Структура и виды теплового баланса предприятия. Тепловой баланс потребителей теплоты. Паровой и конденсатный балансы предприятия. Тепловой баланс предприятия с собственной котельной. Расходы теплоты на технологические нужды, отопление, вентиляцию и систему горячего водоснабжения. Удельные нормы теплоты на выработку отдельных видов продукции, влияние основных факторов. Топливно-энергетический и материальный балансы отдельных производств металлургического комбината с полным технологическим циклом и комбината в целом. Основные понятия эксергетического анализа. Составление эксергетического баланса. Примеры составления эксергетического баланса некоторых основных производств металлургического комбината.

Тема 5. Методы сведения балансов горючих ВЭР

Особенности использования горючих ВЭР. Методы сведения балансов горючих ВЭР и снижения их потерь. Буферные потребители горючих ВЭР. Методы использования периодических выходов горючих газов. Конструкция и особенности работы аккумуляторов газа (газгольдеров). Схемы использования периодических выходов горючих газов с применением аккумуляторов теплоты.

Тема 6. Методы сведения балансов производственного пара

Причины возникновения дебалансов пара. Методы сведения балансов производственного пара. Использование заводской ТЭЦ в качестве звена, замыкающего баланс производственного пара по заводу. Аккумуляторы пара. Выравнивание паропроизводительности утилизационных установок за счет использования подтопки с рециркуляцией газов. Пиковые паровые котлы.

Использование избытков пара утилизационных установок, в том числе для выработки электроэнергии.

Тема 7. Низкопотенциальные ВЭР

Низкопотенциальные ВЭР, определение и классификация. Повышение давления пара в турбокомпрессорах. Сезонное использование физической теплоты газов с низкой температурой. Схемы использования теплоты охлаждения конструктивных элементов технологических агрегатов. Использование низкопотенциальных ВЭР в вентиляционных схемах промышленных предприятий.

Тема 8. Утилизационные установки

Утилизационные установки (УУ) в энергосистеме промышленного предприятия. Общая характеристика УУ. Использование избыточного давления газов и жидкостей. Утилизационные установки, использующие ВЭР в виде физической теплоты газов, горячей продукции, охлаждения элементов конструкций агрегатов и т.д. Параметры пара утилизационных установок. Схемы установки котла-утилизатора в газовом тракте технологического агрегата.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Энергобалансы теплоэнергетических систем промышленных предприятий» 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;

– подготовка, представление и обсуждение презентаций на занятиях;

– организация и проведение текущего контроля знаний аспирантов 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 теплоэнергетических установок, а также эффективных методов эксплуатации промышленных теплоэнергетических установок.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов

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

- подготовка и выступление с презентацией и обсуждением на тему «Виды энергоносителей промышленных предприятий» (индивидуально для каждого обучающегося);

- решение ситуационных задач, анализ принятых проектных решений;

- тестирование.

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

Образцы тестовых заданий, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, приведены в приложении 2.

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
ПК-1	готовность использовать современные научные достижения в области теплоэнергетики и теплотехники
ПК-4	способность составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики

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).

ПК-1 - готовность использовать современные научные достижения в области теплоэнергетики и теплотехники

Показатель	Критерии оценивания			
	Оценка «неудовлетворительно» или отсутствие сформированности компетенции	**Оценка «удовлетворительно» или низкой уровень освоения компетенции**	**Оценка «хорошо» или повышенный уровень освоения компетенции**	**Оценка «отлично» или высокий уровень освоения компетенции**
знать: методы использования современных научных достижений в области теплоэнергетики и теплотехники	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методы использования современных научных достижений в области теплоэнергетики и теплотехники	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методы использования современных научных достижений в области теплоэнергетики и теплотехники. 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 использования современных научных достижений в области теплоэнергетики и теплотехники, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методы использования современных научных достижений в области теплоэнергетики и теплотехники, свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: использовать современные научные достижения в области теплоэнергетики и теплотехники	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет использовать современные научные достижения в области теплоэнергетики и теплотехники	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: использовать современные научные достижения в области теплоэнергетики и теплотехники. 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: использовать современные научные достижения в области теплоэнергетики и теплотехники. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: использовать современные научные достижения в области теплоэнергетики и теплотехники. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: методами использования современных научных	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами	Обучающийся владеет методами использования современных научных достижений в области теплоэнергетики и	Обучающийся частично владеет методами использования современных научных	Обучающийся в полном объеме владеет методами использования современных

достижений в области теплоэнергетики и теплотехники	использования современных научных достижений в области теплоэнергетики и теплотехники	теплотехники в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	достижений в области теплоэнергетики и теплотехники, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	научных достижений в области теплоэнергетики и теплотехники, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
ПК-4 - способность составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики				
знать: методы составления практических рекомендаций по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методы составления практических рекомендаций по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методы составления практических рекомендаций по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики. 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 составления практических рекомендаций по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методы составления практических рекомендаций по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики, свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

		оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	умений на новые, нестандартные ситуации.	
владеть: методами составления практических рекомендаций по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами составления практических рекомендаций по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики	Обучающийся владеет методами составления практических рекомендаций по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики 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 составления практических рекомендаций по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методами составления практических рекомендаций по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: 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».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Энергобалансы теплоэнергетических систем промышленных предприятий» (работа на семинаре, участие в дискуссиях и защитили реферат)

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.

Фонды оценочных средств представлены в приложениях к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Середкин, А.А. Основы централизованного теплоснабжения: учебное пособие / А.А. Середкин, А.С. Стрельников. — Чита: ЗабГУ, 2017. — 199 с. — ISBN 978-5-9293-2012-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/271658.

2. Щинников П.А. Эксергетические исследования и оптимизация режимов работы ТЭЦ: монография / П.А. Щинников, О.В. Боруш, С.В. Зыков. — Новосибирск: НГТУ, 2019. — 203 с. — ISBN 978-5-7782-3801-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/152168

3. Моисеев Б.В. Промышленная теплоэнергетика [Электронный ресурс]: учеб. / Б.В. Моисеев, Ю.Д. Земенков, С.Ю. Торопов. — Электрон. дан. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. — 236 с.

4. Теплоэнергетика и теплотехника: Справочная серия: В 4 кн. Кн. 4. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: справочник [Электронный ресурс]: справ. — Электрон. дан. — Москва: Издательский дом МЭИ, 2007. — 632 с.

5. Сазанов Б.В. Промышленные теплоэнергетические установки и системы: учеб. пособие для вузов [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Б.В. Сазанов, В.И. Ситас. — Электрон. дан. — Москва: Издательский дом МЭИ, 2014. — 275 с.

б) дополнительная литература:

1. Прошин И.А. Энергетическое обследование предприятий. (рабочая тетрадь) [Электронный ресурс]: учеб. пособие / И.А. Прошин, Н.Н. Руденко. — Электрон. дан. — Пенза: ПензГТУ, 2011. — 47 с.

2. Теплоэнергетические установки: Сборник нормативных документов [Электронный ресурс]: сб. — Электрон. дан. — Москва: ЭНАС, 2013. — 384 с.

3. Кудинов А.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях [Электронный ресурс] / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. — Электрон. дан. — Москва: Машиностроение, 2011. — 374 с.

4. Летягина Е.Н. Энергетическая отрасль в условиях инновационного развития экономики [Электронный ресурс]: монография — Электрон. дан. — Москва: Креативная экономика, 2011. — 144 с.

5. Важенина Л.В. Организация производства на предприятиях трубопроводного транспорта [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. — 304 с.

6. Методика определения фактических потерь тепловой энергии через тепловую изоляцию трубопроводов водяных тепловых сетей систем центрального теплоснабжения. Утверждена Минэнерго России 20.02.2004 г [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие — Электрон. дан. — Москва: ЭНАС, 2004. — 56 с.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение не предусмотрено.

Варианты контрольных заданий по дисциплине представлены на сайтах: http://i-exam.ru.

Полезные учебно-методические и информационные материалы представлены на сайтах:

https://e.lanbook.com/journal/2560

https://e.lanbook.com/journal/2416

Электронная библиотека – https://online.mospolytech.ru/course/view.php?d=7621

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» – https://biblioclub.ru

ЭБС «Лань» – https://e.lanbook.com

ЭБС «Znanium.com» – https://new.znanium.com

Образовательная платформа Юрайт – https://urait.ru

Национальная электронная библиотека – https://rusneb.ru

На компьютерах (кафедры, компьютерные классы) – по прямой ссылке http://172.16.3.18:8080/docs/ справочная система «Техэксперт» (АО «Кодекс»)

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» Ауд. АВ2415, оснащенная оргтехникой и мультимедиа средствами (проектор, ПК и др.), а также аудитории корпуса УРБАН.ТЕХНОГРАД Инновационно-образовательного комплексе «Техноград», который расположен на территории ВДНХ.

9. Методические рекомендации для преподавателя

Преподавание дисциплины «Энергобалансы теплоэнергетических систем промышленных предприятий» имеет своей целью ознакомить аспирантов с методиками расчета энергетических балансов в энергоустановках, современными методами повышения эффективности эксплуатации теплоэнергетических установок, привить им практические навыки использования этих знаний.

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 аспирантов.

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) аспирантов по материалам дисциплины. Подборка вопросов для тестирования осуществляется на основе изученного теоретического материала.

Для освоения навыков поисковой и исследовательской деятельности аспирант 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 аспирантов и конкретной темы.

Самостоятельная работа аспирантов 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 аспирантами разных по форме и содержанию работ и заданий, связанных с практическим освоением содержания дисциплины. Аспиранты 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 аспирантов также осуществляется через проведение ряда промежуточных тестирований. Итоговая аттестация по дисциплине предполагает экзамен, на которых проверяется усвоение материала, усвоение базовых понятий дисциплины.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника» и профилю «Промышленная теплоэнергетика».

Автор

Доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика»
д.т.н., профессор С.Д. Корнеев

Программа обсуждена на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика».
Протокол от 30.08.2021 г. № 1.

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика»

к.т.н., доцент Л.А. Марюшин

Руководитель ООП С.Д. Корнеев

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины «Энергобалансы теплоэнергетических систем промышленных предприятий» по направлению подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника»

	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	Реферат	К/р	Э	З
	Третий семестр	3													
Тема 1-2	**Общая характеристика теплоэнергетической и энерготехнологической систем (ТЭС и ЭТС) промышленных предприятий (ПП). Значение ТЭС ПП для эффективного использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), их классификация. Топливно-энергетический баланс реального металлургического комбината. Причины больших значений расходов топлива на выпуск единицы продукции промышленными предприятиями, пути экономии ТЭР.** **Реальные графики выхода и потребления энергоресурсов и их учет. Понятие внутренних энергетических ресурсов (ВЭР) ПП. Особенности использования ВЭР, их энергетический потенциал. Горючие и тепловые внутренние энергоресурсы. Методы определения величины выхода горючих и тепловых ВЭР. Энергетическая эффективность использования ВЭР. Определение экономии топлива при использовании тепловых ВЭР. Внутренние энергетические ресурсы и ТЭС ПП.**	**3**	**1**	**4**			15	+								
	Повторение принципиальных схем, оборудования, принципа действия и изображения циклов производства электрической энергии, теплоты и холода, сжатого воздуха, оборотных систем водоснабжения. *Составление тепловых и энергетических балансов для паровых и водогрейных котлов, котельных, ТЭЦ и КЭС.*	3	1		4		4	+			+					
Тема 3-4	**Структура теплоэнергетической и энерготехнологической систем комбината. Энергетические характеристики основных производств (коксохимическое, агломерационное, доменное, сталеплавильное, прокатное).** **Принципы составления теплового баланса. Структура и виды теплового баланса предприятия. Тепловой баланс потребителей теплоты. Паровой и конденсатный балансы предприятия. Тепловой баланс предприятия с собственной котельной. Расходы теплоты на технологические нужды, отопление, вентиляцию и систему горячего водоснабжения. Удельные нормы теплоты на выработку отдельных видов продукции, влияние основных факторов. Топливно-**	**3**	**2**	**4**			15	+								

	энергетический и материальный балансы отдельных производств металлургического комбината с полным технологическим циклом и комбината в целом. Основные понятия эксергетического анализа. Составление эксергетического баланса. Примеры составления эксергетического баланса некоторых основных производств металлургического комбината.														
	Расчет тепловых и гидравлических потерь в тепловых сетях с учетом способа прокладки тепловых сетей и утечек теплоносителей, доли возврата конденсата на источник пароснабжения. *Составление материальных, тепловых и энергетических балансов, оценка эффективности использования ТЭР в технологических установках (выпарных, ректификационных, сушильных и др.) по коэффициентам полезного использования, удельному потреблению ТЭР.*	3	2		4		4	+			+				
Тема 5-6	**Особенности использования горючих ВЭР. Методы сведения балансов горючих ВЭР и снижения их потерь. Буферные потребители горючих ВЭР. Методы использования периодических выходов горючих газов. Конструкция и особенности работы аккумуляторов газа (газгольдеров). Схемы использования периодических выходов горючих газов с применением аккумуляторов теплоты.** **Причины возникновения дебалансов пара. Методы сведения балансов производственного пара. Использование заводской ТЭЦ в качестве звена, замыкающего баланс производственного пара по заводу. Аккумуляторы пара. Выравнивание паропроизводительности утилизационных установок за счет использования подтопки с рециркуляцией газов. Пиковые паровые котлы. Использование избытков пара утилизационных установок, в том числе для выработки электроэнергии.**	**3**	**3**	**4**			15	+							
	Составление и анализ имеющихся в литературе эксергетических балансов, расчет эксергетических КПД и КПИ и анализ имеющихся в литературе данных по эксергетическим КПД и КПИ для источников тепло- и электроснабжения, технологических аппаратов, установок и систем. *Расчет показателей эффективности использования топливно-энергетических ресурсов.*	3	3		4		4	+			+				
Тема 7-8	**Низкопотенциальные ВЭР, определение и классификация. Повышение давления пара в турбокомпрессорах. Сезонное использование физической теплоты газов с низкой температурой. Схемы использования теплоты охлаждения конструктивных элементов технологических агрегатов. Использование низкопотенциальных ВЭР в вентиляционных схемах промышленных предприятий.** **Утилизационные установки (УУ) в энергосистеме промышленного предприятия. Общая характеристика УУ. Использование избыточного давления газов и жидкостей. Утилизационные установки, использующие ВЭР в виде физической теплоты газов, горячей продукции, охлаждения элементов конструкций агрегатов и т.д. Параметры пара утилизационных установок. Схемы установки котла-утилизатора в газовом тракте технологического агрегата.**	**3**	**4**	**4**			15	+							
	Сравнение расходов топлива на раздельную и комбинированную выработку электроэнергии и теплоты. Расчет КПД КЭС и ТЭЦ, паросиловых и газотурбинных циклов.	3	4		4		4	+			+				
	Форма аттестации	3													З
	Всего часов по дисциплине в пятом семестре			16	16	0	76	+			+				

Приложение 2

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

Направление подготовки: 13.06.01 Электро- и теплотехника
ОП (профиль): «Промышленная теплоэнергетика»
Форма обучения: очная

Кафедра: «Промышленная теплоэнергетика»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Энергобалансы теплоэнергетических систем промышленных предприятий»

Москва
2021

Таблица 1
к приложению 2

Паспорт фонда оценочных средств

Энергобалансы теплоэнергетических систем промышленных предприятий					
ФГОС ВО **13.06.01 Электро- и теплотехника**					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования**	**Форма оценочного средства**	**Степени уровней освоения компетенций**
ИНДЕКС	**ФОРМУЛИРОВКА**				
ПК-1	готовность использовать современные научные достижения в области теплоэнергетики и теплотехники	**знать:** методы использования современных научных достижений в области теплоэнергетики и теплотехники **уметь:** использовать современные научные достижения в области теплоэнергетики и теплотехники **владеть:** методами использования современных научных достижений в области теплоэнергетики и теплотехники	Лекция, семинарские занятия, решение ситуационных задач, СРС	Экзамен, тестирование, решение ситуационных задач	Базовый уровень: способен использовать современные научные достижения в области теплоэнергетики и теплотехники в стандартных ситуациях. Повышенный уровень: способен использовать современные научные достижения в области теплоэнергетики и теплотехники в нестандартных ситуациях с их последующим анализом
ПК-4	способность составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики	**знать:** методы составления практических рекомендаций по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики **уметь:** составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики **владеть:** методами составления практических рекомендаций по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики	Лекция, семинарские занятия, решение ситуационных задач, СРС	Экзамен, тестирование, решение ситуационных задач	Базовый уровень: способен составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики в стандартных ситуациях. Повышенный уровень: способен составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики в нестандартных 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

1. Повторение принципиальных схем, оборудования, принципа действия и изображения циклов производства электрической энергии, теплоты и холода, сжатого воздуха, оборотных систем водоснабжения.
2. Составление тепловых и энергетических балансов для паровых и водогрейных котлов, котельных, ТЭЦ и КЭС.
3. Расчет тепловых и гидравлических потерь в тепловых сетях с учетом способа прокладки тепловых сетей и утечек теплоносителей, доли возврата конденсата на источник пароснабжения.
4. Составление материальных, тепловых и энергетических балансов, оценка эффективности использования ТЭР в технологических установках (выпарных, ректификационных, сушильных и др.) по коэффициентам полезного использования, удельному потреблению ТЭР.
5. Составление и анализ имеющихся в литературе эксергетических балансов, расчет эксергетических КПД и КПИ и анализ имеющихся в литературе данных по эксергетическим КПД и КПИ для источников тепло- и электроснабжения, технологических аппаратов, установок и систем.
6. Расчет показателей эффективности использования топливно-энергетических ресурсов.
7. Сравнение расходов топлива на раздельную и комбинированную выработку электроэнергии и теплоты.
8. Расчет КПД КЭС и ТЭЦ, паросиловых и газотурбинных циклов.

Приложение 4

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое теплоэнергетическая и энерготехнологическая системы (ТЭС и ЭТС) промышленных предприятий?
2. Проведите классификацию топливно-энергетических ресурсов.
3. Назовите основные причины больших расходов топлива на выпуск единицы продукции промышленными предприятиями, предложите пути экономии ТЭР.
4. Что такое внутренние энергетические ресурсы предприятия? Как определяется их энергетический потенциал?
5. Приведите основные энергетические характеристики основных производств металлургического комбината.

6. Как определяются расходы теплоты на технологические нужды, отопление, вентиляцию и систему горячего водоснабжения?

7. В чем заключается отличие эксергетического баланса от энергетического?

8. Объясните принцип работы аккумуляторов газа (газгольдеров).

9. Как рассчитать выработку электроэнергии за счет использования избытков пара утилизационных установок?

10. Какие преимущества дает повышение давления пара в турбокомпрессорах по сравнению с традиционными способами отпуска пара потребителю от котельной или ТЭЦ?

11. На примере металлургического комбината приведите примеры утилизационных установок, использующих ВЭР в виде физической теплоты газов, горячей продукции, охлаждения элементов конструкций агрегатов, горючих ВЭР и потенциальной энергии давления.

12. Приведите схемы установки котла-утилизатора в газовом тракте технологического агрегата.

13. Реальные графики выхода и потребления энергоресурсов. Понятие внутренних энергетических ресурсов (ВЭР) ПП. Определение выхода тепловых и горючих ВЭР.

14. Энергетическая эффективность использования ВЭР.

15. Энергетические характеристики основных производств.

16. Расходы теплоты на технологические нужды, отопление, вентиляцию и систему горячего водоснабжения. Удельные нормы теплоты на выработку отдельных видов продукции, влияние основных факторов.

17. Основные понятия эксергетического анализа. Составление эксергетического баланса для производств металлургического предприятия.

18. Определение экономии топлива, при использовании тепловых ВЭР для случаев наличия на заводе котельных и ТЭЦ.

19. Особенности использования горючих ВЭР. Методы сведения балансов горючих ВЭР и снижения их потерь.

20. Схемы использования периодических выходов горючих газов.

21. Методы сведения балансов производственного пара.

22. Повышение давления пара в турбокомпрессорах.

23. Использование низкопотенциальных ВЭР в вентиляционных схемах промышленных предприятий.

24. Схемы использования теплоты охлаждения конструктивных элементов технологических агрегатов.

25. Утилизационные установки (УУ) в энергосистеме промышленного предприятия.

26. Схемы установки котла-утилизатора в газовом тракте технологического агрегата.

27. Методика составления топливно-энергетического баланса доменных воздухонагревателей.

28. Методика теплового расчета парового аккумулятора с определением аккумулирующей способности, его водяного и геометрического объема.

Приложение 5

Вопросы к зачету

1. Общая характеристика теплоэнергетической и энерготехнологической систем (ТЭС и ЭТС) промышленных предприятий (ПП).
2. Значение ТЭС ПП для эффективного использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), их классификация.
3. Топливно-энергетический баланс реального ПП.
4. Причины больших значений расходов топлива на выпуск единицы продукции промышленными предприятиями, пути экономии ТЭР.
5. Реальные графики выхода и потребления энергоресурсов и их учет.
6. Понятие внутренних энергетических ресурсов (ВЭР) ПП.
7. Особенности использования ВЭР, их энергетический потенциал.
8. Горючие и тепловые внутренние энергоресурсы.
9. Методы определения величины выхода горючих и тепловых ВЭР.
10. Энергетическая эффективность использования ВЭР.
11. Определение экономии топлива при использовании тепловых ВЭР.
12. Внутренние энергетические ресурсы и ТЭС ПП.
13. Структура теплоэнергетической и энерготехнологической систем ПП.
14. Энергетические характеристики основных производств.
15. Принципы составления теплового баланса.
16. Структура и виды теплового баланса предприятия.
17. Тепловой баланс потребителей теплоты.
18. Паровой и конденсатный балансы предприятия.
19. Тепловой баланс предприятия с собственной котельной.
20. Расходы теплоты на технологические нужды, отопление, вентиляцию и систему горячего водоснабжения.
21. Удельные нормы теплоты на выработку отдельных видов продукции, влияние основных факторов.
22. Топливно-энергетический и материальный балансы отдельных производств ПП и ПП в целом.
23. Основные понятия эксергетического анализа.
24. Составление эксергетического баланса.
25. Примеры составления эксергетического баланса некоторых основных производств ПП.
26. Особенности использования горючих ВЭР.
27. Методы сведения балансов горючих ВЭР и снижения их потерь.
28. Буферные потребители горючих ВЭР.
29. Методы использования периодических выходов горючих газов.
30. Конструкция и особенности работы аккумуляторов газа (газгольдеров).

31. Схемы использования периодических выходов горючих газов с применением аккумуляторов теплоты.

32. Причины возникновения дебалансов пара.

33. Методы сведения балансов производственного пара.

34. Использование промышленной ТЭЦ в качестве звена, замыкающего баланс производственного пара по ПП.

35. Аккумуляторы пара.

36. Выравнивание паропроизводительности утилизационных установок за счет использования подтопки с рециркуляцией газов.

37. Пиковые паровые котлы.

38. Использование избытков пара утилизационных установок, в том числе для выработки электроэнергии.

39. Низкопотенциальные ВЭР, определение и классификация.

40. Повышение давления пара в турбокомпрессорах.

41. Сезонное использование физической теплоты газов с низкой температурой.

42. Схемы использования теплоты охлаждения конструктивных элементов технологических агрегатов.

43. Использование низкопотенциальных ВЭР в вентиляционных схемах промышленных предприятий.

44. Утилизационные установки (УУ) в энергосистеме промышленного предприятия.

45. Общая характеристика УУ.

46. Использование избыточного давления газов и жидкостей.

47. Утилизационные установки, использующие ВЭР в виде физической теплоты газов, горячей продукции, охлаждения элементов конструкций агрегатов и т.д.

48. Параметры пара утилизационных установок. Схемы установки котла-утилизатора в газовом тракте технологического агрегата.

Приложение 6

Примеры задач для семинарских занятий

Задача 1. Двигатель резервной энергоустановки предприятия работает по циклу Отто. Состояние воздуха на входе в двигатель: давление $p_в$ = 1 бар, температура $t_в$ = 20 ^{0}С. Массовый расход воздуха на входе в двигатель $G_в$ = 1 кг/с. Степень сжатия рабочего тела равна 7,2. Определить температуру рабочего тела в конце процесса сжатия и к.п.д. цикла.

Задача 2. Двигатель резервной энергоустановки предприятия работает по циклу Дизеля. Состояние воздуха на входе в двигатель: давление $p_в$ = 1 бар, температура $t_в$ = 20 ^{0}С. Массовый расход воздуха на входе в двигатель $G_в$ = 1 кг/с. Степень сжатия рабочего тела равна 12,7. Определить температуру рабочего тела в конце процесса сжатия и к.п.д. цикла.

Задача 3. Газотурбинная энергоустановка предприятия работает по циклу

Брайтона. Состояние воздуха на входе в компрессор: давление $p_в$ = 1 бар, температура $t_в$ = 20^{0}С. Степень сжатия воздуха в компрессоре – 8. Определить температуру рабочего тела на выходе из компрессора и к.п.д. цикла.

Задача 4. Теплотехнологические установки цеха промышленного предприятия получают из заводской котельной пар давлением $p_п$ = 4 бара и степенью сухости x = 0,97. Пролет пара в конденсате, возвращаемом из цеха в котельную y = 25%. Массовый расход пара, потребляемого цехом $D_п$ = 7,2 кг/с. Определить расход пара, который будет потреблять оборудование цеха после установки конденсатоотводчиков с паспортным значением пролета пара в конденсате 3%.

Задача 5. В калорифер однозонной конвективной сушильной машины поступает воздух, расход которого $G_в$ = 3,2 кг/с, температура $t_в$ = 20 ^{0}С, относительная влажность φ = 60%. Температура воздуха на выходе из калорифера $t_{вк}$ = 110 ^{0}С. Определить тепловой поток, расходуемый на нагревание воздуха.

Задача 6. Теплота в количестве q = 800 кДж/кг передается от тела с температурой T_1=1500 К к телу с более низкой температурой T_2 = 400 К. Температура окружающей среды T_0 = 290 К. Определить потерю эксергии теплоты.

Задача 7. При расщеплении 1 кг урана в реакторе атомной электростанции количество выделяемой теплоты оценивается величиной $22{,}9 \cdot 10^6$ кВт·ч/кг. Определить, какое количество угля с теплотой сгорания 29300 кДж/кг потребуется для получения такого же количества теплоты.

Задача 8. Сравните эксергетический к.п.д. двух теплообменных аппаратов, использующихся для подогрева воды от 75 до 95 ^{o}С дымовыми газами. В первом из них температура дымовых газов на входе в аппарат составляет 450 ^{o}С, а на выходе из него – 320 ^{o}С. Во втором аппарате температура дымовых газов на входе и выходе равны 250 и 120 ^{o}С.