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

«Электро- и теплоэнергетические системы и комплексы»

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 «Электро- и теплоэнергетические системы и комплексы» нужно отнести вопросы изучения теории системных исследований электро- и теплоэнергетических комплексов, изучение структуры и режимов работы комплексов, решения проблем рационального использования энергетических ресурсов..

К **основным задачам** освоения дисциплины «Электро- и теплоэнергетические системы и комплексы» следует отнести:

– формирование навыков и в области теории теплоэнергетических систем и комплексов;

– изучение основных методов научных исследований, применяемых для исследований в области теплоэнергетических систем и комплексов;

– освоение ключевых подходов к исследованию объектов теплоэнергетических систем и комплексов.

2. Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры

Дисциплина «Электро- и теплоэнергетические системы и комплексы» относится к числу учебных дисциплин Блока 1 базовой части основной образовательной программы аспирантуры (Б1.Б.3).

«Электро- и теплоэнергетические системы и комплексы» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами ООП:

В вариативной части (Б1.В):

– Промышленная теплоэнергетика;

– Методы интенсификации теплообмена в энергетических установках.

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

– Энергобалансы теплоэнергетических систем промышленных предприятий;

– Моделирование процессов и аппаратов промышленной теплоэнергетики.

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**

УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	**знать:** • основные методы оценки современных научных достижений **уметь:** • генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях **владеть:** • методами оценки современных научных достижений
ОПК-1	владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	**знать:** • основные методы теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности **уметь:** • проводить теоретические и экспериментальные исследования в области профессиональной деятельности **владеть:** • методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-3	способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	**знать:** • основные способы разработки новых методов исследования и их применения в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности **уметь:** • разрабатывать новые методы исследования и применять их в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности **владеть:** • методологией разработки новых методов исследования и их применения в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности
ПК-1	готовность использовать современные научные достижения в области	**знать:** • методы использования современных научных достижений в области теплоэнергетики и теплотехники **уметь:**

	теплоэнергетики и теплотехники	• 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 «Электро- и теплоэнергетические системы и комплексы» составляет **3** зачетные единицы, т.е. **108** академических часа (из них 12 часов – лекции, 12 часов – семинарские занятия, 84 час – самостоятельная работа аспирантов).

Структура и содержание дисциплины «Электро- и теплоэнергетические системы и комплексы» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

Содержание разделов дисциплины

Пятый семестр

Тема 1. Введение

Основное содержание курса. Роль электро- и теплоэнергетических систем и комплексов в структуре промышленного предприятия. Основные термины и определения.

Тема 2. Теплоэнергетические системы и комплексы в современном мире

Основные закономерности и тенденции развития энергетики и электрификации.

Природные энергетические ресурсы мира и его основных регионов. Характеристики направлений их использования.

Главные особенности мирового энергетического баланса и развития электрификации по основным регионам. Особенности существующего состояния энергетики мира и перспективы ее развития в первой половине XXI века.

Состояние и направления совершенствования энергетического баланса и электрификации в России. Основные изменения в области производства и передачи природных энергетических ресурсов, их переработки, потребления

электрической и тепловой энергии, прямого расхода топлива.

Основные объективные тенденции развития энергетики и электрификации в России и за рубежом. Пропорции развития энергетики и электрификации, энерговооруженность труда. Структура конечного потребления энергии. Структура добычи, переработки, транспорта и использования энергетических ресурсов. Роль нетрадиционных видов энергии в энергетическом балансе, основные направления энергосбережения. Тенденция создания децентрализованных источников энергоснабжения, критерии эффективности.

Оптимизация структуры топливно-энергетического комплекса России и основных регионов; проблема выбора рациональных энергоносителей и направления ее решения. Методы оценки эффективности решений при взаимозаменяемости видов топлива и энергии. Энергетическая стратегия России до 2020 г.

Главные направления научно-технического прогресса в энергетике и электрификации и их эффективность, влияние региональных факторов. Особенности развития крупных систем и комплексов в электроэнергетической, газо-, тепло- и нефтеснабжающей отраслях, в ядерной энергетике и угольной промышленности. Создание энергетических комплексов.

Проблема экономии ресурсов и средств в энергетике. Главные технические пути решения проблемы. Использование возобновляемых источников энергии, потенциал энерго- и ресурсосбережения.

Тема 3. Комплексные проблемы теплоэнергетических систем

Основные проблемы развития энергетических систем и комплексов; принципы их построения и перспективы объединения в Единую электроэнергетическую систему. Характерные графики электрической и тепловой нагрузок; методы выбора топливной базы электростанций и энергетических комплексов в увязке с оптимизацией общего энергетического баланса страны; комплексный выбор структуры электрических мощностей, типы электрических станций и их размещение; схемы электрических связей (совместно с выбором общей схемы топливно-энергетических связей в стране). Показатели качества энергии.

Схемы энергоснабжения, их основные элементы, методы расчета. Особенности выбора комбинированной и раздельной схем энергоснабжения при использовании органического топлива, ядерного горючего и возобновляемых источников энергии; влияние на эти решения особенностей схем энергоснабжения и топливоснабжения. Теплофикационные, теплоснабжающие системы и методы выбора оптимальных параметров; энергетические балансы предприятий, основы нормирования расходов топлива, и энергии. Выбор схем энергоснабжения территориально-производственных комплексов, промышленных центров, крупных предприятий.

Экологические проблемы энергетики Влияние энергетических объектов на окружающую среду. Виды воздействий и их последствия, методы оценки и нормативы. Технические возможности снижения вредных выбросов в атмосферу и почву.

Тема 4. Термодинамика теплоэнергетических установок

Общая методика термодинамического анализа циклов теплоэнергетических установок. Общие методы повышения термодинамической эффективности циклов.

Паровые теплоэнергетические установки. Повышение эффективности циклов паротурбинных установок конденсационного типа. Показатели эффективности ТЭЦ и энергосистемы в целом. Особенности реальных циклов паротурбинных установок.

Газотурбинные установки (ГТУ). Простейшие циклы ГТУ, работа сжатия в компрессоре и ее уменьшение, сложные циклы ГТУ.

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Общие принципы действия поршневых ДВС, термодинамический анализ циклов ДВС. Принципы действия реактивных двигателей их циклы.

Комбинированные теплоэнергетические установки. Общие принципы комбинирования циклов, циклы парогазовых установок. Сложные высокотемпературные циклы с использованием ГТУ, МГД-генераторов, топливных элементов и т.п.

Атомные теплоэнергетические установки. Особенности выбора циклов АЭС. Термодинамические циклы АЭС на жидком (паровом), и газовом теплоносителях.

Холодильные машины и тепловые насосы энергетики. Циклы газовых компрессорных термотрансформаторов. Циклы паровых холодильных установок и тепловых насосов. Перспективы использования тепловых насосных установок в составе энергетических комплексов при совместной выработке электроэнергии и тепла.

Циклы теплоэнергетических установок на возобновляемых источниках энергии.

Солнечные установки. Океанические ТЭС. Геотермальные ТЭС. Термоядерные электрические станции.

Тема 5. Комплексный выбор и оптимизация элементов теплоэнергетических объектов

Методические основы комплексного выбора схем и оптимальных параметров основных теплоэнергетических установок. Влияние режима использования энергетических систем на принятие оптимальных решений. Показатели надежности работы энергетических установок и систем. Способы обеспечения заданной надежности. Выбор оптимальных решений с использованием критерия надежности.

Методы выбора оптимальных систем прямого получения электроэнергии, их термодинамическая, энергетическая и технико-экономическая оценка. Основы энергетического и комплексного использования водных ресурсов. ГЭС в составе электроэнергетических систем. Гидроаккумулирующие электростанции. Основы выбора оптимальных параметров ГЭС.

Комплексные методы выбора запасов топлива (для многолетнего и сезонного регулирования топливоснабжения), резервов энергетических мощностей, газохранилищ, водохранилищ. Понятие расчетной обеспеченности электро-,

тепло- и топливоснабжения и основы их выбора.

Технические и экономические основы использования возобновляемых источников энергии (геотермальной, ветровой, солнечной и т.п.).

Тема 6. Методы системных исследований в теплоэнергетике и их приложения

Классификация больших систем энергетики: понятие об их природе и основных свойствах. Особенности систем энергетики и энергетических комплексов как объектов исследования и управления.

Основные методы и средства изучения и оптимального управления (функционированием, развитием) системами энергетики. Основы применяемых математических методов.

Концепция построения автоматизированных систем управления в энергетике и их характерные особенности. Основы сочетания формализованных методов с активной ролью человека.

Системные исследования, математические и физические модели, средства вычислительной техники как научный инструмент современных исследований в энергетике.

Методы технико-экономических расчетов в энергетике. Расчет технико-экономических показателей добычи (производства), транспорта и использования различных видов топлив и энергии, роль замыкающих затрат на топливо и энергию, методы технико-экономических расчетов в энергетике для непрерывно развивающихся систем и при использовании неоднозначной исходной информации. Комплексное использование топлива с одновременной выработкой электроэнергии и другой ценной товарной продукции как реальный путь снижения стоимости конечного продукта.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Электро- и теплоэнергетические системы и комплексы» 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 «Энергетические системы и комплексы 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
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
ОПК-1	владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-3	способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности
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).

УК-1 - способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях				
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: основные методы оценки современных научных достижений	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основные методы оценки современных научных достижений	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основные методы оценки современных научных достижений. 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: основные методы оценки современных научных достижений, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основные методы оценки современных научных достижений, свободно оперирует приобретенными знаниями.

уметь: генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. 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: генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: методами оценки современных научных достижений	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами оценки современных научных достижений	Обучающийся владеет методами методами оценки современных научных достижений 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 оценки современных научных достижений, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методами оценки современных научных достижений, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
ОПК-1 - владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности				
знать: основные методы теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основные методы теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основные методы теоретических и экспериментальных исследований в области 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: основные методы теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основные методы теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности, свободно оперирует приобре-тенными знаниями.

уметь: проводить теоретические и экспериментальные исследования в области профессиональной деятельности	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет проводить теоретические и экспериментальные исследования в области профессиональной деятельности	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: проводить теоретические и экспериментальные исследования в области профессиональной деятельности. 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: проводить теоретические и экспериментальные исследования в области профессиональной деятельности. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: проводить теоретические и экспериментальные исследования в области профессиональной деятельности. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	Обучающийся владеет методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности 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 методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
ОПК-3 - способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности				
знать: основные способы разработки новых методов исследования и их применения в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основные способы	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основные способы разработки новых методов исследования и их применения в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: основные способы разработки новых методов исследования и их	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основные способы разработки новых методов исследования и их применения в самостоятельной

области профессиональной деятельности	разработки новых методов исследования и их применения в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	профессиональной деятельности. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	применения в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности, свободно оперирует приобре-тенными знаниями.
уметь: разрабатывать новые методы исследования и применять их в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет разрабатывать новые методы исследования и применять их в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: разрабатывать новые методы исследования и применять их в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности. 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: разрабатывать новые методы исследования и применять их в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: разрабатывать новые методы исследования и применять их в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: методологией разработки новых методов исследования и их применения в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методологией разработки новых методов исследования и их применения в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональн	Обучающийся владеет методологией разработки новых методов исследования и их применения в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду	Обучающийся частично владеет методологией разработки новых методов исследования и их применения в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности, навыки освоены,	Обучающийся в полном объеме владеет методологией разработки новых методов исследования и их применения в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности,

	ой деятельности	показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
ПК-1 - готовность использовать современные научные достижения в области теплоэнергетики и теплотехники				
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 достижений в области теплоэнергетики и теплотехники	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами использования современных научных достижений в области теплоэнергетики и теплотехники	Обучающийся владеет методами использования современных научных достижений в области теплоэнергетики и теплотехники 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 использования современных научных достижений в области теплоэнергетики и теплотехники, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методами использования современных 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,	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований в	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований в теплоэнергетики.

		проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	теплоэнергетики. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
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: 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 аспиранты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Электро- и теплоэнергетические системы и комплексы» (прошли промежуточный контроль, выполнили весь объем работ, выступили с докладом на семинарском занятии)

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Аспирант 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	Аспирант 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	Аспирант показывает знание основного учебного материала. В ответе не всегда присутствует логика изложения. Аспирант испытывает затруднения при приведении практических примеров.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Аспирант демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, аспирант 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. 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.

2. Общая энергетика: учебное пособие / В.В. Шапошников, Е.В. Кочарян, Н.Г. Андрейко [и др.]. — Краснодар: КубГТУ, 2020. — 287 с. — ISBN 978-5-8333-0955-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/167042.

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.

6. Родионов В.Г. Энергетика: Проблемы настоящего и возможности будущего [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва: ЭНАС, 2010. — 352 с.

б) дополнительная литература:

1. Семенов Б.А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2013. — 384 с.

2. Александров А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Издательский дом МЭИ, 2016. — 159 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. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов [Электронный ресурс]: учеб. — Электрон. дан. — Москва: Издательский дом МЭИ, 2009. — 472 с.

5. Макаров А.А. Системные исследования развития энергетики: курс лекций [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва: Издательский дом МЭИ, 2015. — 280 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 «Электро- и теплоэнергетические системы и комплексы» имеет своей целью ознакомить аспирантов с достижениями в области генерации теплоты в энергоустановках, проектирования и эксплуатации потребления энергии в промышленных установках, расчета промышленного оборудования и 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

Профессор 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
д.т.н., профессор С.Д. Корнеев

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины «Электро- и теплоэнергетические системы и комплексы» 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
	Пятый семестр	5													
Тема 1-2	**Основное содержание курса. Роль электро- и теплоэнергетических систем и комплексов в структуре промышленного предприятия. Основные термины и определения.** **Основные закономерности и тенденции развития энергетики и электрификации.** **Природные энергетические ресурсы мира и его основных регионов. Характеристики направлений их использования.** **Главные особенности мирового энергетического баланса и развития электрификации по основным регионам. Особенности существующего состояния энергетики мира и перспективы ее развития в первой половине XXI века.** **Состояние и направления совершенствования энергетического баланса и электрификации в России. Основные изменения в области производства и передачи природных энергетических ресурсов, их переработки, потребления электрической и тепловой энергии, прямого расхода топлива.** **Основные объективные тенденции развития энергетики и электрификации в России и за рубежом. Пропорции развития энергетики и электрификации, энерговооруженность труда. Структура конечного потребления энергии. Структура добычи, переработки, транспорта и использования энергетических ресурсов. Роль нетрадиционных видов энергии в энергетическом балансе, основные направления энергосбережения. Тенденция создания децентрализованных источников энергоснабжения, критерии эффективности.** **Оптимизация структуры топливно-энергетического комплекса России и основных регионов; проблема выбора рациональных энергоносителей и направления ее решения. Методы оценки эффективности решений при взаимозаменяемости видов**	**5**	**1**	**2**			16	+								

	топлива и энергии. Энергетическая стратегия России до 2020 г. Главные направления научно-технического прогресса в энергетике и электрификации и их эффективность, влияние региональных факторов. Особенности развития крупных систем и комплексов в электроэнергетической, газо-, тепло- и нефтеснабжающей отраслях, в ядерной энергетике и угольной промышленности. Создание энергетических комплексов. Проблема экономии ресурсов и средств в энергетике. Главные технические пути решения проблемы. Использование возобновляемых источников энергии, потенциал энерго- и ресурсосбережения.															
	Изучение 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	5	1		2		4	+			+					
Тема 3	**Основные проблемы развития энергетических систем и комплексов; принципы их построения и перспективы объединения в Единую электроэнергетическую систему. Характерные графики электрической и тепловой нагрузок; методы выбора топливной базы электростанций и энергетических комплексов в увязке с оптимизацией общего энергетического баланса страны; комплексный выбор структуры электрических мощностей, типы электрических станций и их размещение; схемы электрических связей (совместно с выбором общей схемы топливно-энергетических связей в стране). Показатели качества энергии. Схемы энергоснабжения, их основные элементы, методы расчета. Особенности выбора комбинированной и раздельной схем энергоснабжения при использовании органического топлива, ядерного горючего и возобновляемых источников энергии; влияние на эти решения особенностей схем энергоснабжения и топливоснабжения. Теплофикационные, теплоснабжающие системы и методы выбора оптимальных параметров; энергетические балансы предприятий, основы нормирования расходов топлива, и энергии. Выбор схем энергоснабжения территориально-производственных комплексов, промышленных центров, крупных предприятий. Экологические проблемы энергетики Влияние энергетических объектов на окружающую среду. Виды воздействий и их последствия, методы оценки и нормативы. Технические возможности снижения вредных выбросов в атмосферу и почву.**	**5**	**2**	**2**			16	+								
	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,	5	2		4		6	+			+					

	ректификационных, сушильных и др.) по коэффициентам полезного использования, удельному потреблению ТЭР.														
Тема 4	**Общая методика термодинамического анализа циклов теплоэнергетических установок. Общие методы повышения термодинамической эффективности циклов.** **Паровые теплоэнергетические установки. Повышение эффективности циклов паротурбинных установок конденсационного типа. Показатели эффективности ТЭЦ и энергосистемы в целом. Особенности реальных циклов паротурбинных установок.** **Газотурбинные установки (ГТУ). Простейшие циклы ГТУ, работа сжатия в компрессоре и ее уменьшение, сложные циклы ГТУ.** **Двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Общие принципы действия поршневых ДВС, термодинамический анализ циклов ДВС. Принципы действия реактивных двигателей их циклы.** **Комбинированные теплоэнергетические установки. Общие принципы комбинирования циклов, циклы парогазовых установок. Сложные высокотемпературные циклы с использованием ГТУ, МГД-генераторов, топливных элементов и т.п.** **Атомные теплоэнергетические установки. Особенности выбора циклов АЭС. Термодинамические циклы АЭС на жидком (паровом), и газовом теплоносителях.** **Холодильные машины и тепловые насосы энергетики. Циклы газовых компрессорных термотрансформаторов. Циклы паровых холодильных установок и тепловых насосов. Перспективы использования тепловых насосных установок в составе энергетических комплексов при совместной выработке электроэнергии и тепла.** **Циклы теплоэнергетических установок на возобновляемых источниках энергии.** **Солнечные установки. Океанические ТЭС. Геотермальные ТЭС. Термоядерные электрические станции.**	**5**	**3**	**4**			16	+							
	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.*	5	3		2		4	+			+				
Тема 5-6	**Методические основы комплексного выбора схем и оптимальных параметров основных теплоэнергетических установок. Влияние режима использования энергетических систем на принятие оптимальных решений. Показатели надежности работы энергетических установок и систем. Способы обеспечения заданной надежности. Выбор оптимальных решений с использованием критерия надежности.** **Методы выбора оптимальных систем прямого получения электроэнергии, их термодинамическая, энергетическая и технико-экономическая оценка. Основы энергетического и комплексного использования водных ресурсов. ГЭС в составе**	**5**	**4**	**4**			16	+							

	электроэнергетических систем. Гидроаккумулирующие электростанции. Основы выбора оптимальных параметров ГЭС. **Комплексные методы выбора запасов топлива (для многолетнего и сезонного регулирования топливоснабжения), резервов энергетических мощностей, газохранилищ, водохранилищ. Понятие расчетной обеспеченности электро-, тепло- и топливоснабжения и основы их выбора.** **Технические и экономические основы использования возобновляемых источников энергии (геотермальной, ветровой, солнечной и т.п.).** **Классификация больших систем энергетики: понятие об их природе и основных свойствах. Особенности систем энергетики и энергетических комплексов как объектов исследования и управления.** **Основные методы и средства изучения и оптимального управления (функционированием, развитием) системами энергетики. Основы применяемых математических методов.** **Концепция построения автоматизированных систем управления в энергетике и их характерные особенности. Основы сочетания формализованных методов с активной ролью человека.** **Системные исследования, математические и физические модели, средства вычислительной техники как научный инструмент современных исследований в энергетике.** **Методы технико-экономических расчетов в энергетике. Расчет технико-экономических показателей добычи (производства), транспорта и использования различных видов топлив и энергии, роль замыкающих затрат на топливо и энергию, методы технико-экономических расчетов в энергетике для непрерывно развивающихся систем и при использовании неоднозначной исходной информации. Комплексное использование топлива с одновременной выработкой электроэнергии и другой ценной товарной продукции как реальный путь снижения стоимости конечного продукта.**														
	Сравнение расходов топлива на раздельную и комбинированную выработку электроэнергии и теплоты. *Расчет КПД КЭС и ТЭЦ, паросиловых и газотурбинных циклов.*	5	4		4		6	+			+				
	Форма аттестации	5												Э	
	Всего часов по дисциплине в пятом семестре			12	12		84	+			+				

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

«Электро- и теплоэнергетические системы и комплексы»

Москва
2021

Таблица 1
к приложению 2

Паспорт фонда оценочных средств

Электро- и теплоэнергетические системы и комплексы					
ФГОС ВО **13.06.01 Электро- и теплотехника**					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования**	**Форма оценочного**	**Степени уровней освоения компетенций**
ИНДЕКС	**ФОРМУЛИРОВКА**				
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	**знать:** основные методы оценки современных научных достижений **уметь:** генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях **владеть:** методами оценки современных научных достижений	Лекция, решение ситуационных задач, СРС	Экзамен, тестирование, решение ситуационных задач	Базовый уровень: способен к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. Повышенный уровень: способен к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях в нестандартных ситуациях с их последующим анализом

ОПК-1	владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	**знать:** основные методы теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности **уметь:** проводить теоретические и экспериментальные исследования в области профессиональной деятельности **владеть:** методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	Лекция, решение ситуационных задач, СРС	Экзамен, тестирование, решение ситуационных задач	Базовый уровень: владеет методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности. Повышенный уровень: владеет методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности в нестандартных ситуациях с их последующим анализом
ОПК-3	способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	**знать:** основные способы разработки новых методов исследования и их применения в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности **уметь:** разрабатывать новые методы исследования и применять их в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности **владеть:** методологией разработки новых методов исследования и их применения в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	Лекция, решение ситуационных задач, СРС	Экзамен, тестирование, решение ситуационных задач	Базовый уровень: владеет способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности. Повышенный уровень: владеет способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности в нестандартных ситуациях с их последующим анализом

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. Изучение 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. Общая методика термодинамического анализа циклов теплоэнергетических установок.
2. Общие методы повышения термодинамической эффективности циклов.
3. Основные природные энергетические ресурсы мира и его основных регионов.
4. Основные комплексные проблемы развития энергетических систем и комплексов.
5. Методические основы комплексного выбора схем и оптимальных параметров основных теплоэнергетических установок.
6. Общая методика термодинамического анализа циклов теплоэнергетических установок.
7. Газотурбинные установки (ГТУ).
8. Простейшие циклы ГТУ, работа сжатия в компрессоре и ее уменьшение.
9. Особенности теплоэнергетических систем как объектов исследования и управления.
10. Потребления электрической и тепловой энергии, прямого расхода топлива.
11. Теплофикационные, теплоснабжающие системы и методы выбора оптимальных параметров.
12. Методы выбора оптимальных систем прямого получения электроэнергии, их термодинамическая, энергетическая и технико-экономическая оценка.
13. Экологические проблемы энергетики.
14. Комбинированные теплоэнергетические установки.
15. Технические и экономические основы использования возобновляемых источников энергии (геотермальной, ветровой, солнечной и т.п.).
16. Расчет технико-экономических показателей добычи (производства), транспорта и использования различных видов топлив и энергии.

Приложение 5

Вопросы к экзамену

1. Основные закономерности и тенденции развития энергетики и электрификации.
2. Природные энергетические ресурсы мира и его основных регионов. Характеристики направлений их использования.
3. Главные особенности мирового энергетического баланса и развития электрификации по основным регионам.
4. Особенности существующего состояния энергетики мира и перспективы ее

развития в первой половине XXI века.

5. Состояние и направления совершенствования энергетического баланса и электрификации в России.

6. Основные изменения в области производства и передачи природных энергетических ресурсов, их переработки, потребления электрической и тепловой энергии, прямого расхода топлива.

7. Основные объективные тенденции развития энергетики и электрификации в России и за рубежом.

8. Пропорции развития энергетики и электрификации, энерговооруженность труда. Структура конечного потребления энергии.

9. Структура добычи, переработки, транспорта и использования энергетических ресурсов.

10. Роль нетрадиционных видов энергии в энергетическом балансе, основные направления энергосбережения.

11. Тенденция создания децентрализованных источников энергоснабжения, критерии эффективности.

12. Оптимизация структуры топливно-энергетического комплекса России и основных регионов; проблема выбора рациональных энергоносителей и направления ее решения.

13. Методы оценки эффективности решений при взаимозаменяемости видов топлива и энергии.

14. Энергетическая стратегия России до 2035г.

15. Главные направления научно-технического прогресса в энергетике и электрификации и их эффективность, влияние региональных факторов.

16. Особенности развития крупных систем и комплексов в электроэнергетической, газо-, тепло- и нефтеснабжающей отраслях, в ядерной энергетике и угольной промышленности. Создание энергетических комплексов.

17. Проблема экономии ресурсов и средств в энергетике. Главные технические пути решения проблемы.

18. Использование возобновляемых источников энергии, потенциал энерго- и ресурсосбережения.

19. Основные проблемы развития энергетических систем и комплексов; принципы их построения и перспективы объединения в Единую электроэнергетическую систему.

20. Характерные графики электрической и тепловой нагрузок; методы выбора топливной базы электростанций и энергетических комплексов в увязке с оптимизацией общего энергетического баланса страны; комплексный выбор структуры электрических мощностей, типы электрических станций и их размещение; схемы электрических связей (совместно с выбором общей схемы топливно-энергетических связей в стране). Показатели качества энергии.

21. Схемы энергоснабжения, их основные элементы, методы расчета.

22. Особенности выбора комбинированной и раздельной схем энергоснабжения при использовании органического топлива, ядерного горючего и возобновляемых источников энергии; влияние на эти решения особенностей схем энергоснабжения и топливоснабжения.

23. Теплофикационные, теплоснабжающие системы и методы выбора оптимальных параметров; энергетические балансы предприятий, основы нормирования расходов топлива, и энергии.

24. Выбор схем энергоснабжения территориально-производственных комплексов, промышленных центров, крупных предприятий.

25. Экологические проблемы энергетики. Влияние энергетических объектов на окружающую среду. Виды воздействий и их последствия, методы оценки и нормативы.

26. Технические возможности снижения вредных выбросов в атмосферу и почву.

27. Общая методика термодинамического анализа циклов теплоэнергетических установок.

28. Общие методы повышения термодинамической эффективности циклов.

29. Паровые теплоэнергетические установки.

30. Повышение эффективности циклов паротурбинных установок конденсационного типа.

31. Показатели эффективности ТЭЦ и энергосистемы в целом.

32. Особенности реальных циклов паротурбинных установок.

33. Газотурбинные установки (ГТУ). Простейшие циклы ГТУ, работа сжатия в компрессоре и ее уменьшение, сложные циклы ГТУ.

34. Двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Общие принципы действия поршневых ДВС, термодинамический анализ циклов ДВС.

35. Принципы действия реактивных двигателей их циклы.

36. Комбинированные теплоэнергетические установки. Общие принципы комбинирования циклов, циклы парогазовых установок.

37. Сложные высокотемпературные циклы с использованием ГТУ, МГД-генераторов, топливных элементов и т.п.

38. Атомные теплоэнергетические установки. Особенности выбора циклов АЭС. Термодинамические циклы АЭС на жидком (паровом), и газовом теплоносителях.

39. Холодильные машины и тепловые насосы энергетики.

40. Циклы газовых компрессорных термотрансформаторов.

41. Циклы паровых холодильных установок и тепловых насосов. Перспективы использования тепловых насосных установок в составе энергетических комплексов при совместной выработке электроэнергии и тепла.

42. Циклы теплоэнергетических установок на возобновляемых источниках энергии.

43. Солнечные установки. Океанические ТЭС. Геотермальные ТЭС. Термоядерные электрические станции.

44. Методические основы комплексного выбора схем и оптимальных параметров основных теплоэнергетических установок.

45. Влияние режима использования энергетических систем на принятие оптимальных решений.

46. Показатели надежности работы энергетических установок и систем.

47. Способы обеспечения заданной надежности. Выбор оптимальных

решений с использованием критерия надежности.

48. Методы выбора оптимальных систем прямого получения электроэнергии, их термодинамическая, энергетическая и технико-экономическая оценка.

49. Основы энергетического и комплексного использования водных ресурсов. ГЭС в составе электроэнергетических систем.

50. Гидроаккумулирующие электростанции. Основы выбора оптимальных параметров ГЭС.

51. Комплексные методы выбора запасов топлива (для многолетнего и сезонного регулирования топливоснабжения), резервов энергетических мощностей, газохранилищ, водохранилищ.

52. Понятие расчетной обеспеченности электро-, тепло- и топливоснабжения и основы их выбора.

53. Технические и экономические основы использования возобновляемых источников энергии (геотермальной, ветровой, солнечной и т.п.).

54. Классификация больших систем энергетики: понятие об их природе и основных свойствах.

55. Особенности систем энергетики и энергетических комплексов как объектов исследования и управления.

56. Основные методы и средства изучения и оптимального управления (функционированием, развитием) системами энергетики. Основы применяемых математических методов.

57. Концепция построения автоматизированных систем управления в энергетике и их характерные особенности.

58. Системные исследования, математические и физические модели, средства вычислительной техники как научный инструмент современных исследований в энергетике.

59. Методы технико-экономических расчетов в энергетике. Расчет технико-экономических показателей добычи (производства), транспорта и использования различных видов топлив и энергии, роль замыкающих затрат на топливо и энергию, методы технико-экономических расчетов в энергетике для непрерывно развивающихся систем и при использовании неоднозначной исходной информации.

60. Комплексное использование топлива с одновременной выработкой электроэнергии и другой ценной товарной продукции как реальный путь снижения стоимости конечного продукта.

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.