



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по НР

Ахметова И.Г.

«28» октября 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.03 Энергетические системы и комплексы

(указывается индекс и наименование дисциплины согласно учебному плану в соответствии с ФГОС ВО)

Направление
подготовки

13.06.01 Электро- и теплоэнергетика

Направленность
подготовки

05.14.01 Энергетические системы и комплексы

Уровень высшего
образования

Подготовка кадров высшей квалификации

Квалификация
(степень) выпускника

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

Очная, заочная

г. Казань – 2020

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является изучение научно-технических решений по разработке комбинированных энергетических систем и комплексов по производству электроэнергии, тепла и холода.

Основными **задачами** изучения дисциплинами являются:

- изучение основных закономерностей и тенденций развития энергетики;
- изучение методов комплексного выбора и оптимизации энергетических объектов;
- изучение термодинамического анализа энергетических установок;
- ознакомление с методами системных исследований в энергетике;
- изучение основных принципов разработки энергокомплексов с высокими экологическими показателями.

В результате изучения дисциплины «Энергетические системы и комплексы» аспирант должен овладеть следующими компетенциями:

Формируемые компетенции (код и формулировка компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
УК-1 способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	З1(УК-1) Знать: основные тенденции развития энергетики и электрификации в России и за рубежом; У1 (УК-1) Уметь: выбирать схемы энергоснабжения; В1 (УК-1) Владеть: методами расчета схем энергоснабжения.
УК-2 способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки	З1(УК-2) Знать: проблемы развития энергетических систем и комплексов; У1 (УК-2) Уметь: выбирать оптимальные системы прямого получения электроэнергии, с их термодинамической, энергетической и технико-экономической оценкой; В1 (УК-2) Владеть: методами оценки эффективности решений при взаимозаменяемости видов топлива и энергии.
ПК-1 способностью выполнять исследования и разработку нетрадиционных источников энергии и новых технологий преобразования энергии в энергетических системах и комплексах	З1(ПК-1) Знать: методы исследования энергетических систем и комплексов; У1 (ПК-1) Уметь: оценивать влияние характеристик энергоустановок на выбор профиля энергообъекта.; В1 (ПК-1) Владеть: методами повышения экономичности, надежности и снижения вредного воздействия на окружающую среду энергетических систем.
ПК-2 способностью выполнять теоретический анализ и экспериментальное исследование энергетических комплексов и систем с целью улучшения их технико-	З1(ПК-2) Знать: особенности существующих энергетических систем; У1 (ПК-2) Уметь: разрабатывать перспективные структуры энергетических систем и комплексов; В1 (ПК-2) Владеть: методами совершенствования

экономических и эксплуатационных характеристик, а также проводить системные исследования проблем развития энергетики городов	энергетических систем.
ПК-3 способностью разрабатывать научные подходы, методы, алгоритмы, программы и технологии по снижению вредного воздействия энергетических систем и комплексов на окружающую среду	З1(ПК-3) Знать: роль нетрадиционных источников энергии в энергетическом балансе; У1 (ПК-3) Уметь: оценивать влияние энергетических объектов на окружающую среду; В1 (ПК-3) Владеть: критериями оценки эффективности централизованных и децентрализованных источников энергии.
ПК-4 способностью осуществлять проектирование с целью исследования и оптимизации структуры и параметров энергетических систем и комплексов и происходящих в системах энергетических процессах	З1(ПК-4) Знать: основные методики и подходы при выборе распределенных энергоисточников; У1 (ПК-4) Уметь: проводить расчет технико-экономических показателей добычи (производства), транспорта и использования различных видов топлив и энергии; В1 (ПК-4) Владеть: методическими основами комплексного выбора схем и оптимальных параметров основных теплоэнергетических установок.
ПК-5 способностью разрабатывать и проводить исследования в области энергосбережения и ресурсосбережения при производстве тепловой и электрической энергии, при транспортировке теплоты и энергоносителей в энергетических системах и комплексах	З1(ПК-3) Знать: технические и экономические основы использования возобновляемых источников энергии (геотермальной, ветровой, солнечной и т.п.); У1 (ПК-3) Уметь: оценивать влияние режима использования энергетических систем на принятие оптимальных решений; В1 (ПК-3) Владеть основными методиками и подходами выбора распределенных энергоисточников.
ПК-6 способностью исследовать влияния технических решений, принимаемых при создании и эксплуатации энергетических систем и комплексов, на их финансово-экономические и инвестиционные показатели, региональную экономику и экономику природопользования	З1(ПК-6) Знать: методы технико-экономических расчетов в энергетике для непрерывно развивающихся систем и при использовании неоднозначной исходной информации; У1 (ПК-6) Уметь: выбирать запасы топлива (для многолетнего и сезонного регулирования топливоснабжения), резервов энергетических мощностей, газохранилищ, водохранилищ; В1 (ПК-6) Владеть: основными методами и средствами изучения и оптимального управления (функционированием, развитием) системами энергетики.

2 Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Энергетические системы и комплексы» относится к циклу обязательных дисциплин. Дисциплина преподается на 4 курсе. Дисциплина базируется на знаниях и умениях, приобретенных студентами при изучении следующих дисциплин ОПП подготовки аспирантов:

1. методы исследования и оценки качества энергетических систем;
2. прогнозирование и стратегии развития энергетических систем и комплексов в регионе.

Знания, полученные при изучении данной дисциплины, используются при выполнении научно-исследовательской работы аспиранта и диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Структура дисциплины

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 часов. Практическая подготовка по виду профессиональной деятельности составляет 10 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	семестры	
		7	8
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	180	108	72
АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ:	72	36	36
Лекции (Лк)		18	18
Практические (семинарские) занятия (ПЗ)		18	18
Лабораторные работы (ЛР)			
и(или) другие виды аудиторных занятий			
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	108	72	
Подготовка к экзамену	36		36
ВИД ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ (З – зачет, Э – экзамен)		3	Э

3.2. Содержание разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Всего часов на раздел	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лк	ПЗ	ЛР	КСР	Самост. работа	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Энергетика в современном мире	22	7	6				10	Устный опрос Решение индивидуальных заданий

2	Комплексные проблемы энергетики	32	7	8			16	Устный опрос Решение индивидуальных заданий
3	Термодинамика теплоэнергетических установок	54	7	4	18		46	Устный опрос Решение индивидуальных заданий
4	Комплексный выбор и оптимизация энергетических объектов						2	Устный опрос Решение индивидуальных заданий
	Итого за семестр	108		18	18		72	
	Промежуточная аттестация							Зачёт
5	Методы системных исследований в энергетике и их приложения	36		18	18			Устный опрос Решение индивидуальных заданий
6	Разработка энергокомплексов с высокими экологическими показателями	36		18	18			Устный опрос Решение индивидуальных заданий
	Промежуточная аттестация						36	Экзамен
	Итого за семестр	72		18	18		36	
	Итого за дисциплину	180		36	36		108	

3.3. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Энергетика 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 2035 г. Основное содержание ФЗ «Об электроэнергетики». 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.

Раздел 2. Комплексные проблемы энергетики

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.

Раздел 3. 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 в энергетике. 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 электростанции. Геотермальные ТЭС. Термоядерные электрические станции.

Раздел 4. Комплексный выбор и оптимизация энергетических 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 техникоэкономическая 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.). Основные методики и подходы при выборе распределенных энергоисточников. Влияние типа и состава топлива на выбор энергоисточника. Анализ различных вариантов тепловых схем. Анализ типоразмеров газопоршневых и газотурбинных энергоустановок. Влияние характеристик энергоустановок на выбор профиля энергообъекта.

Раздел 5. Методы системных исследований в энергетике 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 примечаемых 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.

Раздел 6. Разработка энергокомплексов с высокими экологическими показателями

Основные изменения в области производства и передачи энергетических ресурсов, их переработки и потребления. Основные направления энергосбережения. Роль нетрадиционных источников энергии в энергетическом балансе. Тенденции в разработке и создании децентрализованных источников, критерии оценки эффективности централизованных и децентрализованных источников энергии. Энерготехнологические переработки сланцев и низкосортных углей. Перспективы использования технологии ЦКС для эффективного и экологически безопасного сжигания твердых топлив. Традиционные и нетрадиционные способы сокращения выброса углекислого газа в атмосферу, улавливание и «секвестирование» углекислого газа в тепловой и промышленной энергетике.

3.4. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Тема практических (семинарских) занятий	Семестр	Номер раздела лекционного курса	Продолжительность (часов)
1	2	3	4	5
1.	Общая методика термодинамического анализа циклов теплоэнергетических установок.	7	3	2
2.	Паровые теплоэнергетические установки. Повышение эффективности циклов паротурбинных установок конденсационного типа. Показатели эффективности ТЭЦ и энергосистемы в целом. Особенности реальных циклов паротурбинных установок.	7	3	2
3.	Газотурбинные установки (ГТУ). Простейшие циклы ГТУ, работа сжатия в компрессоре и ее уменьшение, сложные циклы ГТУ.	7	3	2
4.	Двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Общие принципы действия поршневых ДВС, термодинамический анализ циклов ДВС. Принципы действия реактивных двигателей их циклы.	7	3	2
5.	Комбинированные теплоэнергетические установки. Общие принципы комбинирования циклов, циклы парогазовых установок. Сложные высокотемпературные циклы с использованием ГТУ, МГД-генераторов, топливных элементов и т.п.	7	3	2
6.	Атомные теплоэнергетические установки. Особенности выбора циклов АЭС. Термодинамические циклы АЭС на жидком (паровом), и газовом теплоносителях	7	3	2
7.	Холодильные машины и тепловые насосы в энергетике. Циклы газовых компрессорных термотрансформаторов. Циклы паровых холодильных установок и тепловых насосов.	7	3	2
8.	Перспективы использования тепловых насосных установок в составе энергетических комплексов при совместной выработке электроэнергии и тепла.	7	3	2
9.	Циклы теплоэнергетических установок на возобновляемых источниках энергии. Солнечные установки. Океанические электростанции. Геотермальные ТЭС. Термоядерные электрические станции.	7	3	2
10.	Классификация больших систем энергетики: понятие об их природе и основных свойствах. Особенности систем энергетики и энергетических комплексов как объектов исследования и управления.	8	5	2
11.	Основные методы и средства изучения и оптимального управления (функционированием, развитием) системами энергетики.	8	5	2

12.	Концепция построения автоматизированных систем управления в энергетике и их характерные особенности.	8	5	2
13.	Расчет технико-экономических показателей добычи (производства), транспорта и использования различных видов топлив и энергии, роль замыкающих затрат на топливо и энергию	8	5	2
14.	Комплексное использование топлива с одновременной выработкой электроэнергии и другой ценной товарной	8	5	2
15.	Основные направления энергосбережения	8	6	2
16.	Основные направления энергосбережения	8	6	2
17.	Критерии оценки эффективности централизованных и децентрализованных источников энергии	8	6	2
18.	Традиционные и нетрадиционные способы сокращения выброса углекислого газа в атмосферу	8	6	2
	Итого:	–	–	36

3.5. Лабораторные занятия учебным планом дисциплины не предусмотрены

3.6. Разделы дисциплины и связь с формируемыми компетенциями

№ п/п	Раздел дисциплины, участвующий в формировании компетенций	Часов на раздел	Компетенции								Количество компетенций	
			УК-1	УК-2	ПК-1	ПК-2	ПК-3	ПК-4	ПК-5	ПК-6		
1	Энергетика в современном мире	14	З			З				З		3
2	Комплексные проблемы энергетики	22		З				З			З	3
3	Термодинамика энергетических установок	58							З	У	У	3
4	Комплексный выбор и оптимизация энергетических объектов	14		У	В	У	В	В	В	В		6
5	Методы системных исследований в энергетике и их приложения	36	У	В	З		У					4
6	Разработка энергокомплексов	36	В	У	У	В			У		В	6

Условные обозначения: З – знать, У – уметь, В – владеть.

3.7. Организация самостоятельной работы аспирантов

№ п/п	Тема самостоятельной работы	Семестр	Номер раздела лекционного курса	Продолжительность (часов)
1	2	3	4	5
1	Выполнение индивидуальных заданий по теме «Энергетика в современном мире»	7	1	10
2	Выполнение индивидуальных заданий по теме «Комплексные проблемы энергетики»	7	2	16
3	Выполнение индивидуальных заданий по теме «Термодинамика теплоэнергетических установок»	7	2	36
4	Выполнение индивидуальных заданий по теме «Комплексный выбор и оптимизация энергетических объектов»	7	3	10
Итого:		–	–	72

4. Образовательные технологии

№ п/п	Раздел дисциплины	Компетенции	Образовательные технологии	Оценочные средства
1	2	3	4	5
1	Энергетика в современном мире	УК-1 з, ПК-2з, ПК-5з,	Традиционные лекции, Решение задач, Обсуждение	Устный опрос Решение индивидуальных заданий
2	Комплексные проблемы энергетики	УК-1з, ПК-3з, ПК-6з	Традиционные лекции, Решение задач, Обсуждение	Устный опрос Решение индивидуальных заданий
3	Термодинамика теплоэнергетических установок	ПК-4з, ПК-5в, ПК-у	Традиционные лекции, Решение задач, Обсуждение	Устный опрос Решение индивидуальных заданий
4	Комплексный выбор и оптимизация энергетических объектов	УК-2 у ПК-1 в ПК-2 у ПК-3 в ПК-4 в ПК-5 в	Традиционные лекции, Решение задач, Обсуждение	Устный опрос Решение индивидуальных заданий
5	Методы системных исследований в энергетике и их приложения	УК-1 у УК-2 в ПК-1 з ПК-3 у	Традиционные лекции, Решение задач, Обсуждение	Устный опрос Решение индивидуальных заданий
6	Разработка энергокомплексов с высокими экологическими	УК-1 в УК-2 у ПК-1 у ПК-2 в	Традиционные лекции, Решение задач, Обсуждение	Устный опрос Решение индивидуальных заданий

	показателями	ПК-4 у ПК-6 в		
7	Экзамен	УК-1 зув УК-2 зув ПК-1зув, ПК-2зув, ПК-3зув, ПК-4 зув ПК-5 зув ПК-6 зув	Письменная работа	

Используются электронные образовательные ресурсы (ЭОР), размещенные в личных кабинетах студентов Электронного университета КГЭУ, URL: <http://e.kgeu.ru/>.

5. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Оценочные средства представлены в документе «Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации аспирантов по итогам освоения дисциплины».

5.1. Виды и формы контроля по дисциплине

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных навыков (владений) осуществляется в рамках текущего и промежуточного контроля в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации обучающихся в КГЭУ.

Текущий контроль освоения компетенций по дисциплине проводится при изучении теоретического материала, выполнении индивидуальных заданий в форме устного опроса. Текущему контролю подлежат посещаемость аспирантами аудиторных занятий и работа на занятиях.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине «Вещественный, комплексный и функциональный анализ» является промежуточная аттестация в форме зачета, проводимая с учетом результатов текущего контроля в 7 семестре и экзамен в 8 семестре.

5.2. Типовые задания и материалы для оценки сформированности компетенций в процессе освоения дисциплины

5.2.1. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Основные закономерности и тенденции развития энергетики за рубежом и в России.
2. Основное содержание Энергетической стратегии России до 2035 г.
3. Использование возобновляемых источников энергии.
4. Выбор схем энергосбережения предприятий, территориальных комплексов.
5. Влияние энергетических объектов на окружающую среду.
6. Теплофикационные системы.
7. Экономия ресурсов и средств в энергетике.
8. Повышение эффективности паротурбинных установок.
9. Газотурбинные и парогазовые технологии в энергетике.
10. Холодильные и тепловые насосы в энергетике.
11. Методические основы комплексного выбора энергетических комплексов.
12. Показатели надежности работы энергетических систем.
13. Технические и экономические основы использования возобновляемых источников энергии.
14. Системные исследования энергетических комплексов.
15. Методы технико-экономических расчетов в энергетике.
16. Разработка энергокомплексов с высокими экологическими показателями.

Теоретические вопросы к экзамену

1. Энергетика 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 2035 г. Основное содержание ФЗ «Об электроэнергетике». 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.

2. Комплексные проблемы энергетики

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 отдельной 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.

3. 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 в энергетике. 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 электростанции. Геотермальные ТЭС. Термоядерные электрические станции.

4. Комплексный выбор и оптимизация энергетических 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 техникоэкономическая 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.). Основные методики и подходы при выборе распределенных энергоисточников. Влияние типа и состава топлива на выбор энергоисточника. Анализ различных вариантов тепловых схем. Анализ типоразмеров газопоршневых и газотурбинных энергоустановок. Влияние характеристик энергоустановок на выбор профиля энергообъекта.

5. Методы системных исследований в энергетике 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 примечаемых 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.

6. Разработка энергокомплексов с высокими экологическими показателями

Основные изменения в области производства и передачи энергетических ресурсов, их переработки и потребления. Основные направления энергосбережения. Основные направления энергосбережения. Тенденции в разработке и создании

децентрализованных источников, критерии оценки эффективности централизованных и децентрализованных источников энергии. Энерготехнологические переработки сланцев и низкосортных углей. Перспективы использования технологии ЦКС для эффективного и экологически безопасного сжигания твердых топлив. Традиционные и нетрадиционные способы сокращения выброса углекислого газа в атмосферу, улавливание и «секвестирование» углекислого газа в тепловой и промышленной энергетике.

Оценка	Критерии
<i>«зачтено»</i>	Наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, правильные действия по применению полученных знаний на практике.
<i>«не зачтено»</i>	Наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неточность ответов на дополнительные вопросы.

Оценка	Критерии
<i>«отлично»</i>	Наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объеме пройденного программного материала, правильные и уверенные действия по применению полученных знаний на практике, грамотное и стройное изложение материала при ответе, знание дополнительно рекомендованной литературы
<i>«хорошо»</i>	Наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике, четкое изложение материала
<i>«удовлетворительно»</i>	Наличие твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, необходимость дополнительных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике
<i>«неудовлетворительно»</i>	Наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неточность ответов на дополнительные вопросы.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Основная литература:

1. Терминологический справочник по электроэнергетике. – М.: Типография «КЕМ», 2008. – 912 с.
2. Теплоэнергетика и теплотехника (справочная серия). В 4 кн. Кн. 2: Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент. М: Изд-во МЭИ, 2001. – 640 с.
3. В.Е. Фортов, О.С. Попель. Энергетика в современном мире: Научное издание / В.Е. Фортов, О.С. Попель – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2011. – 168 с.
4. Основы современной энергетики: учебник для вузов: в 2 т. / под общей редакцией чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова. Том 1. Современная теплоэнергетика / А.Д. Трухний, М.А. Изюмов, О.А. Поваров, С.П. Малышенко. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 472 с.
5. Комплексные исследования ТЭС с новыми технологиями / П.А. Щинников, Г.В. Ноздренко, В.Г. Томилов и др. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005. – 528 с.
6. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электрических станций. – М.: Изд-во МЭИ, 2009. – 584 с.

6.2. Дополнительная литература:

7. Стерман Л.С., Лябгин В.М., Тишин С.Г. Тепловые электрические станции. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 464 с.
8. Тепловые электрические станции. Учебник для вузов, В.Д.Буров, Е.В.Дорохов, Д.П.Елизаров и др. Под ред. В.М.Лавыгина, А.С.Седлова, С.В.Цанева. М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 466 с.
9. Газотурбинные энергетические установки: учебное пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.С. Земцов, А.С. Осыка; под ред. С.В. Цанева. — М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 428 с.
10. Беляев С.А., Литвак В.В., Солод С.С. Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС. Томск.: Изд-во НТЛ, 2008. – 290 с.
11. Хрусталева В.А. Надежность теплоэнергетических установок ТЭС и АЭС. Саратов, Изд-во СГТУ, 2012. – 246 с.

6.3. Электронно-библиотечные системы

1. ibooks.ru;
2. e.lanbook.com.

6.4. Программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
-------	---------------------------------------	----------	-------------------------------------

1	Windows Профессиональная (сертифицированная ФСТЭК)	7	Пользовательская операционная система	"ЗАО ""ТаксНет- Сервис"" №ПО-ЛИЦ 0000/2014 от 27.05.2014 Неискл. право. Бессрочно
2	Windows 10		Пользовательская операционная система	договор № Tr096148 от 29.09.2020, лицензиар - ООО "Софтлайн трейд", тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - до 14.09.2021
3	Браузер Chrome		Система поиска и просмотра информации в сети интернет	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
4	Office Professional Plus 2007 Russian OLP NL		Пакет программных продуктов, содержащий в себе необходимые офисные программы	Договор № 225/ 10, лицензиар - ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно
5	Office Standard 2007 Russian OLP NL AcademicEdition+		Пакет программных продуктов, содержащий в себе необходимые офисные программы	договор №21/2010 от 04.05.2010, лицензиар - ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно

6.5. Интернет-ресурсы

№п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес
1	Российская национальная библиотека	http://nlr.ru/
2	Общероссийский математический портал	http://www.mathnet.ru/
3	Национальная электронная библиотечка (НЭБ)	https://rusneb.ru/
4	КиберЛенинка	https://cyberleninka.ru/
5	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru
6	Электронная библиотека диссертаций (РГБ)	diss.rsl.ru
7	Springer	www.springer.com
8	American Mathematical Society	www.ams.org
9	Russian Science Citation Index (RSCI)	clarivate.ru

10	Scopus	www.scopus.com
11	Web of Science	https://webofknowledge.com/
12	zbMATH	www.zbmath.org

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п./п.	Вид учебной работы	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	доска аудиторная (2шт.), ноутбук переносной
2	Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	доска аудиторная (2 шт.), ноутбук (переносной)
3	Самостоятельная работа обучающихся	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	моноблок (30 шт.), система видеонаблюдения (6 видеокамер), проектор, экран
		Читальный зал библиотеки	проектор, переносной экран, компьютеры (5 шт.), тонкие клиенты (13 шт.)

8. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www//kgeu.ru](http://www.kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
 - педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
 - действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
 - печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
 - обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
 - предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).
- Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

Рабочая программа дисциплины Б1.В.03 «Энергетические системы и комплексы» разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки аспирантов 13.06.01 Электро- и теплоэнергетика (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. №866.

Автор  д-р техн. н., проф. Ю.В.Ваньков

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры ПТЭ от 14.10.2020 г., протокол № 18.

Зав. кафедрой ПТЭ  д-р техн. н., проф. Ю.В.Ваньков

На заседании методического совета ИТЭ от 26.10.2020г., протокол № 2 программа рекомендована к утверждению.

Директор ИТЭ  д-р. х.н., профессор Чичирова Н.Д.

