

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Теплоэнергетика и теплотехника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01.19
Трудоемкость в зачетных единицах:	7 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	7 семестр - 32 часа;
Практические занятия	7 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	7 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	7 семестр - 113,5 часов;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	7 семестр - 0,5 часа;

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Киндра В.О.
	Идентификатор	R429f7b35-KindraVO-2c9422f7

В.О. Киндра

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b

А.Н. Рогалев

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b

А.Н. Рогалев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение теоретических основ использования перспективных технологий производства электроэнергии, принципов работы и обслуживания оборудования, методов расчета установок, методов оценки энергетической и экономической эффективности применения отдельных установок и схемных решений

Задачи дисциплины

- приобретение теоретических знаний в области перспективных энергетических технологий;
- освоение навыков расчета и оптимизации перспективных энергетических установок;
- освоение навыков оценки энергетической эффективности применения перспективных энергетических установок;
- освоение навыков оценки экономической эффективности применения перспективных энергетических установок.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере теплоэнергетики и теплотехники	ИД-4 _{ПК-1} Демонстрирует знание основных перспективных технологий энергетики и применяет их для выбора и обоснования технических решений	знать: - теоретические основы использования энергии солнца, ветра, рек, приливов, геотермальной энергии, тепловой энергии океана; - принципы функционирования перспективных термодинамических циклов для производства электроэнергии и тепла на органическом топливе. уметь: - оценивать энергетический потенциал солнца, ветра, малых рек, приливов, тепловой энергии земли и океана по ключевым параметрам; - проводить оптимизационные расчеты тепловых схем перспективных энергетических комплексов на органическом топливе.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Теплоэнергетика и теплотехника (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Солнечная энергетика	34	7	8	-	8	-	-	-	-	-	18	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Солнечная энергетика"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Солнечная энергетика" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Солнечная энергетика"</p>
1.1	Солнечная радиация	12		4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	
1.2	Солнечная теплоэнергетика	12		2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	
1.3	Фотоэлектрические электростанции	10		2	-	2	-	-	-	-	-	6	-	
2	Разнообразные нетрадиционные и возобновляемые источники энергии	48		10	-	10	-	-	-	-	-	28	-	
2.1	Энергия ветра	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Разнообразные нетрадиционные и возобновляемые источники энергии"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Разнообразные нетрадиционные и возобновляемые источники энергии"</p>	
2.2	Гидроэнергетика	10	2	-	2	-	-	-	-	-	6	-		
2.3	Энергия океана	10	2	-	2	-	-	-	-	-	6	-		
2.4	Геотермальная энергия	10	2	-	2	-	-	-	-	-	6	-		
2.5	Энергия биомассы	10	2	-	2	-	-	-	-	-	6	-		
3	Повышение эффективности и экологической безопасности производства электроэнергии на тепловых	30	6	-	6	-	-	-	-	-	18	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Повышение эффективности и экологической безопасности производства электроэнергии на тепловых электрических станциях" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p>	

													на органическом топливе"
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	180.0	32	-	32	-	2	-	-	0.5	80	33.5	
	Итого за семестр	180.0	32	-	32		2		-	0.5		113.5	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Солнечная энергетика

1.1. Солнечная радиация

Физические основы радиационного теплообмена. Солнечное излучение у поверхности Земли. Долгосрочные характеристики солнечной радиации. Климатические базы данных.

1.2. Солнечная теплоэнергетика

Типы солнечных теплоэнергетических установок. Плоские воздушные коллекторы. Вакуумные коллекторы. Физические основы оптической селективности и виды селективных покрытий. Расчет работы вакуумного солнечного коллектора (мощность, потери, КПД). Типовые схемы солнечного отопления. Расчет схемы солнечного отопления (F-метод). Установки с концентраторами солнечной энергии. Коэффициент концентрации и его предельные значения. Расчет работы солнечного коллектора с параболоцилиндрическим концентратором (мощность, потери, КПД). Виды солнечных электростанций (СЭС) и их характеристики на примере реальных современных объектов. Проблемы эксплуатации и недостатки солнечных теплоэнергетических установок.

1.3. Фотоэлектрические электростанции

Физические основы работы и устройство фотоэлектрических преобразователей (ФЭП). Эффективность работы и характеристики КПД ФЭП. Факторы, влияющие на эффективность ФЭП. Последовательное и параллельное соединение батарей ФЭП. Схема электростанции на базе ФЭП. Характеристики солнечных электростанций на примере реальных современных объектов. Другие сферы применения ФЭП. Проблемы эксплуатации и недостатки ФЭП.

2. Разнообразные нетрадиционные и возобновляемые источники энергии

2.1. Энергия ветра

Характеристики воздушных течений в атмосфере Земли. Зависимость скорости ветра от высоты и характера местности. Сила ветра и шкала Бофорта. Статистические характеристики ветровой энергии, распределение Вейбулла. Воздействие воздушного потока на ветроустановку; подъемная сила и сила сопротивления. ВЭУ с вертикальной и горизонтальной осями вращения. Конструкция ВЭУ с горизонтальной осью вращения. Расчет мощности ВЭУ: коэффициент мощности и его максимальное значение, КПД ветроустановки. Типовые схемы электроснабжения с ВЭУ. Характеристики ВЭУ на примере реальных современных объектов. Проблемы эксплуатации и недостатки ВЭУ.

2.2. Гидроэнергетика

Физические принципы преобразования энергии потока воды. Основное оборудование гидроэлектростанций. Малые ГЭС. Расчет мощности и выбор гидротурбины для ГЭС. Гидравлическое аккумулирование электроэнергии. Характеристики крупных и малых гидроэлектростанций на примере реальных современных объектов. Проблемы эксплуатации и недостатки ГЭС.

2.3. Энергия океана

Виды энергии океана и их энергетический потенциал. Особенности волновой энергетики и конструкции волновых электростанций. Турбины конструкции Уэллса. Приливная энергетика: география приливов и конструкции электростанций. Тепловая энергия океана. Схема и принцип работы тепловой океанической электростанции (ОТЭС). Мировой опыт

разработки и эксплуатации объектов, использующих энергию океана. Проблемы их эксплуатации.

2.4. Геотермальная энергия

Земля как источник энергии. Понятие температурного градиента и классификация геотермальных районов. География и сферы применения геотермальной энергии. Принципы извлечения геотермальной энергии. Основные свойства сухих скальных пород и водоносных пластов. Типовые схемы геотермальных электростанций. Организация городской системы теплоснабжения (на примере г. Рейкьявик). Схема и принципы работы тепловых насосов. Геотермальная энергетика в России. Характеристики ГЕОТЭС на примере реальных современных объектов. Проблемы эксплуатации и недостатки ГЕОТЭС.

2.5. Энергия биомассы

Понятие биомассы, ее экологичность и возобновляемость. Понятие биомассы, ее экологичность и возобновляемость. Компонентный состав биомассы. Основные характеристики биомассы: плотность, теплопроводность, теплоемкость, теплота сгорания, температура воспламенения. Технический и элементный анализ, формула Менделеева. Способы представления характеристик топлива. Технологии использования биомассы: сжигание, пиролиз, газификация, сбраживание, гидролиз. Синтетическое жидкое топливо. Проблемы производства и применения биотоплива.

3. Повышение эффективности и экологической безопасности производства электроэнергии на тепловых электрических станциях

3.1. Влияние структуры и параметров тепловых электрических станций (ТЭС) на показатели эффективности и экологической безопасности производства электроэнергии

Оптимизация начальных и конечных параметров энергоустановок. Промежуточный перегрев и промежуточное охлаждение. Регенерация теплоты. Основные направления сокращения выбросов токсичных веществ и парниковых газов на ТЭС.

3.2. Применение циклов на низкокипящих теплоносителях в обеспечение повышения тепловой экономичности ТЭС

Применение циклов на низкокипящих теплоносителях для утилизации теплоты газотурбинных установок. Применение циклов на низкокипящих теплоносителях для утилизации теплоты паротурбинных установок. Применение циклов на низкокипящих теплоносителях для утилизации теплоты парогазовых установок.

3.3. Интеграция систем производства, хранения и использования водорода на тепловых электрических станциях

Способы производства, хранения, транспортировки и использования водорода на тепловых электрических станциях. Водородное аккумулирование на ТЭС. Паротурбинные установки с водородным перегревом пара. Газотурбинные и парогазовые установки на метано-водородной смеси.

4. Перспективные энергетические комплексы на органическом топливе

4.1. Циклы Брайтона на сверхкритическом диоксиде углерода

Теплофизические свойства углекислотного рабочего тела. Преимущества и недостатки диоксида углерода по сравнению традиционными теплоносителями. Влияние структуры и

параметров замкнутых углекислотных газотурбинных циклов на тепловую экономичность. Рекомпрессионный цикл Брайтона на сверхкритическом диоксиде углерода.

4.2. Кислородно-топливные циклы производства электроэнергии

Энергоэффективные способы производства кислорода высокой чистоты в больших объемах. Полузамкнутые циклы с кислородным сжиганием топлива и рециркуляцией углекислотного рабочего тела. Полузамкнутые циклы с кислородным сжиганием топлива и рециркуляцией водяного пара.

4.3. Цикл Калины

Особенности тепловой схемы и принцип работы цикла Калины. Влияние структуры и параметров на эффективность цикла Калины. Опыт внедрения цикла Калины.

3.3. Темы практических занятий

1. Цикл Калины;
2. Фотоэлектрические электростанции;
3. Энергетический потенциал. Гидроэнергетика, геотермальная энергия, энергия океана;
4. Методика расчета солнечных систем теплоснабжения. Тепловые нагрузки;
5. Циклы Брайтона на сверхкритическом диоксиде углерода;
6. Газотурбинные и парогазовые установки на метано-водородной смеси;
7. Энергия биомассы;
8. Паротурбинные установки с водородным перегревом пара;
9. Тепловые процессы в солнечных установках;
10. Влияние структуры и параметров тепловых электрических станций (ТЭС) на показатели эффективности и экологической безопасности производства электроэнергии;
11. Введение в солнечную энергетику. Базовые углы и координаты. Инсоляция наклонной площадки;
12. Применение циклов на низкокипящих теплоносителях в обеспечение повышения тепловой экономичности;
13. Ветроэнергетические установки;
14. Кислородно-топливные циклы производства электроэнергии;
15. Применение современных подходов для моделирования тепловых схем энергетических установок.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Термогравиметрический анализ биомассы;
2. Элементный анализ топлива;
3. Торрефикация биомассы;
4. Двухстадийная пиролизическая конверсия биомассы;
5. Измерение теплоты сгорания топлива.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Солнечная энергетика"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Разнообразные нетрадиционные и возобновляемые источники энергии"

3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Повышение эффективности и экологической безопасности производства электроэнергии на тепловых электрических станциях"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Перспективные энергетические комплексы на органическом топливе"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
Знать:						
принципы функционирования перспективных термодинамических циклов для производства электроэнергии и тепла на органическом топливе	ИД-4ПК-1	+	+			Контрольная работа/КМ-2
теоретические основы использования энергии солнца, ветра, рек, приливов, геотермальной энергии, тепловой энергии океана	ИД-4ПК-1	+				Контрольная работа/КМ-1
Уметь:						
проводить оптимизационные расчеты тепловых схем перспективных энергетических комплексов на органическом топливе	ИД-4ПК-1				+	Контрольная работа/КМ-4
оценивать энергетический потенциал солнца, ветра, малых рек, приливов, тепловой энергии земли и океана по ключевым параметрам	ИД-4ПК-1			+		Контрольная работа/КМ-3

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

7 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. КМ-2 (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1 (Контрольная работа)
2. КМ-3 (Контрольная работа)
3. КМ-4 (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №7)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании зачетной и экзаменационной составляющих

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Роза, А. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы : пер. с англ. / А. Роза . – Долгопрудный : Интеллект ; М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 704 с. - ISBN 978-5-91059-054-9 .;
2. Даффи, Д. Основы солнечной теплоэнергетики : [учебно-справочное руководство] : пер. с англ. / Д. Даффи, У. Бекман . – Долгопрудный : Интеллект, 2013 . – 888 с. - ISBN 978-5-91559-141-6 .;
3. Баранов Н.Н. - "Нетрадиционные источники и методы преобразования энергии", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2012 - (384 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72246;
4. Тепловые и атомные электрические станции : справочник / В. И. Абрамов, и др. ; Общ. ред. В. А. Григорьев, В. М. Зорин . – М. : Энергоиздат, 1982 . – 624 с. – (Теплоэнергетика и теплотехника) .;
5. Применение прикладных программных средств для решения задач промышленной теплоэнергетики : учебное пособие по курсам "Прикладные программные средства в теплоэнергетике", "Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических систем", "Численные методы моделирования" и др. по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / А. В. Федюхин, И. А. Султангузин, С. Ю. Курзанов, и др., Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 88 с. - ISBN 978-5-7046-1704-4 .
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=8176>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. Python.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
8. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
9. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
10. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
11. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
12. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
13. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
14. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
15. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;>
<http://docs.cntd.ru/>
16. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
17. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
18. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
19. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	З-407/3, Компьютерный класс каф. "ИТНО"	стеллаж, стол преподавателя, стол, стул, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения	З-404/11, Компьютерный класс каф. "ИТНО"	стеллаж, стол преподавателя, стол, стул, мультимедийный проектор,

лабораторных занятий		экран, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	3-309, учебно-исследовательская лаборатория аппаратных средств каф. ВМСС	стол, стул, шкаф
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	3-318, Помещение не существует	стеллаж для хранения инвентаря, стол, стул, шкаф

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Перспективные энергетические технологии

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 КМ-1 (Контрольная работа)

КМ-2 КМ-2 (Контрольная работа)

КМ-3 КМ-3 (Контрольная работа)

КМ-4 КМ-4 (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Солнечная энергетика					
1.1	Солнечная радиация		+	+		
1.2	Солнечная теплоэнергетика		+	+		
1.3	Фотоэлектрические электростанции		+	+		
2	Разнообразные нетрадиционные и возобновляемые источники энергии					
2.1	Энергия ветра			+		
2.2	Гидроэнергетика			+		
2.3	Энергия океана			+		
2.4	Геотермальная энергия			+		
2.5	Энергия биомассы			+		
3	Повышение эффективности и экологической безопасности производства электроэнергии на тепловых электрических станциях					
3.1	Влияние структуры и параметров тепловых электрических станций (ТЭС) на показатели эффективности и экологической безопасности производства электроэнергии				+	
3.2	Применение циклов на низкокипящих теплоносителях в обеспечение повышения тепловой экономичности ТЭС				+	

3.3	Интеграция систем производства, хранения и использования водорода на тепловых электрических станциях			+	
4	Перспективные энергетические комплексы на органическом топливе				
4.1	Циклы Брайтона на сверхкритическом диоксиде углерода				+
4.2	Кислородно-топливные циклы производства электроэнергии				+
4.3	Цикл Калины				+
Вес КМ, %:		25	25	25	25