

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Эффективные теплоэнергетические системы предприятий и ЖКХ

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.12.02.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	2 семестр - 32 часа;
Практические занятия	2 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 57,5 часа;
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	2 семестр - 0,5 часа;

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ситас В.И.
	Идентификатор	R5d717191-SitasVI-5fc02b9b

(подпись)

В.И. Ситас

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яворовский Ю.В.
	Идентификатор	R7e35b260-YavorovskyYV-dabb149

(подпись)

Ю.В.

Яворовский

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яворовский Ю.В.
	Идентификатор	R7e35b260-YavorovskyYV-dabb149

(подпись)

Ю.В.

Яворовский

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: состоит в изучении широкого спектра энергетических установок, применяемых в промышленной энергетике: паротурбинных, газотурбинных, парогазовых и газо-поршневых установок. Получение представлений о преимуществах и недостатках этих установок в заданных условиях эксплуатации

Задачи дисциплины

- познакомить обучающихся с принципами интенсификации технологических процессов, анализа энергетической эффективности существующих теплотехнологических и тепло-энергетических систем, синтеза энерготехнологического комплекса промышленных предприятий на основе эффективного регенеративного и внешнего использования энергоносителей;

- научить анализировать существующие системы и их элементы, разрабатывать и внедрять необходимые изменения в их структуре с позиции повышения энергоэкономической эффективности и решения вопросов энергосбережения;

- дать информацию и провести анализ новых направлений в совершенствовании данных систем в отечественной и зарубежной практике, развивать способности объективно оценивать преимущества и недостатки систем и их элементов, как отечественных, так и зарубежных;

- сравнение, анализ и выбор энергетической установки для заданных конкретных условия энергоснабжения.

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-3 Способен участвовать в эксплуатации теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ	ИД-3 _{ПК-3} Способен организовать техническое обеспечение и эксплуатацию теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ	знать: - Знать и формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, улучшению условий труда, экономии ресурсов; - Современные методы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах. уметь: - уметь определять потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, подготовке обоснований технического перевооружения, развития энергохозяйства, реконструкции и модернизации предприятий – источников энергии и систем энергоснабжения; - анализировать научно-техническую информацию по тематике систем теплоэнергетики, теплотехники и теплотехнологии; рассчитывать

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		теплоэнергетические и материальные балансы теплоэнергетических систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Эффективные теплоэнергетические системы предприятий и ЖКХ (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

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 3 зачетных единицы, 108 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	Тепловые схемы и энергетические показатели	20	2	8	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Тепловые схемы и энергетические показатели" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 93-102</p>	
1.1	Тепловые схемы и энергетические показатели теплофикационных паросиловых установок	12		4	-	2	-	-	-	-	-	-	6		-
1.2	Расчёт энергетических показателей паросиловых установок с помощью ЭВМ	8		4	-	2	-	-	-	-	-	-	2		-
2	Оценка эффективности комбинированного производства тепловой и электрической энергии на паротурбинной ТЭЦ	8		4	-	2	-	-	-	-	-	-	2		-
2.1	Оценка эффективности комбинированного производства тепловой и электрической энер-	8		4	-	2	-	-	-	-	-	2	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Оценка эффективности комбинированного производства тепловой и электрической энергии на паротурбинной ТЭЦ" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 73-82</p>	

	гии на паротурбинной ТЭЦ												
3	Тепловые схемы и энергетические показатели	20	8	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Тепловые схемы и энергетические показатели" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 57 - 72 [2], стр. 65-90
3.1	Тепловые схемы и энергетические показатели газотурбинных установок	10	4	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
3.2	Тепловые схемы и энергетические показатели парогазовых установок	10	4	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
4	Энергетические характеристики промышленных турбокомпрессоров	8	4	-	2	-	-	-	-	-	2	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Энергетические характеристики промышленных турбокомпрессоров" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 87-92
4.1	Энергетические характеристики промышленных турбокомпрессоров	8	4	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
5	Приводные ГТУ и газовые турбины	16	8	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Приводные ГТУ и газовые турбины" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 121-132
5.1	Приводные ГТУ и газовые турбины, использующие избыточное давление технологических газов ГУБТ	8	4	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
5.2	Регулируемые приводы с гидромуфтами	8	4	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	108.0	32	-	16	-	2	-	-	0.5	24	33.5	
	Итого за семестр	108.0	32	-	16		2		-	0.5		57.5	

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. Тепловые схемы и энергетические показатели

1.1. Тепловые схемы и энергетические показатели теплофикационных паросиловых установок

Расчётная схема паросиловой установки с условным регенеративным отбором. Параметры и энергетические характеристики конденсационных и теплофикационных паросиловых устано-вок. Отнесение затрат топлива энергетическими котлами паросиловых установок на электро-энергию и теплоту. Тепловая схема и особенности паротурбинных промышленно-отопительных ТЭЦ. Выбор установленной мощности котельного и турбинного оборудования ТЭЦ. Расчёт энергетических показателей паротурбинных промышленно-отопительных ТЭЦ. Диаграммы режимов и энергетические характеристики паросиловых установок.

1.2. Расчёт энергетических показателей паросиловых установок с помощью ЭВМ

Алгоритм расчета тепловой схемы паротурбинной установки. Программная реализация методики при расчётах на ЭВМ. Коэффициенты недовыработки мощности пара условного регенеративного, производственного и отопительного отборов. Алгоритм выбора паротурбинных установок для промышленных ТЭЦ с помощью ЭВМ. Графики расхода производственного пара по ведущим отраслям промышленности. Графики тепловых отопительных нагрузок. Графики расходов теплоты на отопление в относительных единицах. Годовой отпуск теплоты на отопление от ТЭЦ и пиковых котлов. Графики расходов теплоты на вентиляцию и кондиционирование. Аналитический метод определения сезонного отпуска теплоты технологическим и сантехническим потребителям. Расчёт отпуска теплоты технологическим потребителям от различных источников за расчетный период времени. Определения продолжительности работы пиковой паровой котельной. Годовой отпуск теплоты от источников ВЭР.

2. Оценка эффективности комбинированного производства тепловой и электрической энергии на паротурбинной ТЭЦ

2.1. Оценка эффективности комбинированного производства тепловой и электрической энергии на паротурбинной ТЭЦ

Внедрение автономных котельных у промышленных и коммунально-бытовых потребителей. Преимущества комбинированного цикла производства электроэнергии и теплоты по сравнению с их отдельным производством. Стоимость энергетической продукции, произведенной из заданного количества топлива. Недовыработка электроэнергии, связанная с отпуском тепла в теплофикационном цикле по сравнению с конденсационным.

3. Тепловые схемы и энергетические показатели

3.1. Тепловые схемы и энергетические показатели газотурбинных установок

Принципиальная технологическая схема ГТУ. Идеальный термодинамический цикл и параметры ГТУ. Работа компрессора ГТУ на сжатие 1 кг идеального газа. Работа идеального газа в турбине ГТУ. Рабочая зона компрессора ГТУ и граница помпажа. Уравнение характеристики турбины ГТУ. Совмещённые характеристики компрессора и турбины. Режимные характеристики ГТУ. Принципиальная схема ГТУ с утилизацией тепла. Расчётная электрическая мощность ГТУ ТЭЦ. Доля расчётной тепловой нагрузки, покрываемая от котлоутилизаторов ГТУ ТЭЦ (коэффициент теплофикации). Технические характеристики промышленных ГТУ средней мощности. Зависимость КПД ГТУ ТЭЦ от температуры

наружного воздуха. Расчётная тепловая производительность утилизатора теплоты в теплофикационных ГТУ.

3.2. Тепловые схемы и энергетические показатели парогазовых установок

Термодинамический цикл ПГУ. Типы парогазовых установок: ПГУсо сбросом газов в паровой котел и ПГУ с котлами-утилизаторами (ПГУКУ). Степень бинарности цикла ПГУ. Коэффициент полезного действия конденсационных и теплофикационных ПГУ. Суммарная удельная комбинированная выработка электроэнергии в теплофикационной ПГУ. Балансы электрической и тепловой мощности современных блоков ПГУ.

4. Энергетические характеристики промышленных турбокомпрессоров

4.1. Энергетические характеристики промышленных турбокомпрессоров

Принцип работы и характеристики турбокомпрессоров. Удельная работа турбокомпрессора. Закон количества движения для турбокомпрессоров. Центробежные (ЦБК) и осевые (ОК) компрессоры. Характеристики отечественных ЦБК и ОК. Работа внешних сил, затрачиваемая на вращение рабочего колеса турбокомпрессора. Треугольники скоростей газа в турбокомпрессоре. Зоны устойчивой работы у ЦБК и ОК.

5. Приводные ГТУ и газовые турбины

5.1. Приводные ГТУ и газовые турбины, использующие избыточное давление технологических газов ГУБТ

Газотурбинные установки для привода крупных турбокомпрессоров. Анализ схем и конструкций приводных ГТУ. Использование ГТУ для привода нагнетателей природного газа. Регулирование параметров приводного компрессора. Газовые турбины, использующие избыточное давление технологического газа (ГУБТ). Влияние отклонения фактических параметров от расчетных на работу ГУБТ.

5.2. Регулируемые приводы с гидромуфтами

Особенности конструкции и принцип действия гидромуфты. Маслосистема гидромуфты. Работа, затраченная на вращение рабочего колеса гидромуфты. Регулирование уровня наполнения масла в гидромуфте с помощью черпака. Скольжение между насосным и турбинным колёсами. Расчет характеристик гидромуфт. Потери в гидромуфте. Подбор гидромуфт. Рабочая характеристика регулируемой гидромуфты. Методы пересчета характеристик турбокомпрессоров. Универсальный метод пересчета характеристик турбокомпрессоров. Приведенные характеристики турбокомпрессоров. Пересчет характеристик ТК на другую температуру при работе на воздухе. Пересчет характеристик ТК на другую частоту вращения. Пересчет характеристик ТК на другой газ. Пересчет характеристик турбокомпрессоров на другую температуру газа на входе в компрессор по методу приведенных характеристик. Паротурбинные установки (ПТУ) и газотурбинные установки (ГТУ) в качестве приводов турбокомпрессоров. Применения электропривода для вращения крупных турбокомпрессоров. Расчёт мощности приводных двигателей турбокомпрессоров. Расчет мощности на валу компрессора для турбокомпрессоров с электроприводом. Расчет мощности на валу компрессора с газотурбинным приводом. Расчет мощности на валу компрессора по приведенной характеристике.

3.3. Темы практических занятий

1. Расчёт экономии электроэнергии от внедрения гидромуфт;
2. Расчёт мощности приводных двигателей турбокомпрессоров;
3. Выбор тепловой и электрической мощности мини ТЭЦ;

4. Паротурбинные установки (ПТУ) и газотурбинные установки (ГТУ) в качестве приводов турбокомпрессоров;
5. Сравнение методов пересчета характеристик турбокомпрессоров. Пересчёт характеристик турбокомпрессоров. Приведенные характеристики турбокомпрессоров;
6. Построение энергетических характеристик турбокомпрессоров. Расчёт удельной работы турбокомпрессора. Построение треугольника скоростей газа в турбокомпрессоре;
7. Расчёт тепловых схем ПГУ. Определение степени бинарности цикла ПГУ. Расчёт электрической и тепловой мощности современных блоков ПГУ;
8. Расчёт тепловой производительности утилизатора теплоты ГТУ;
9. Расчёт технологической схемы ГТУ. Расчёт энергетических характеристик ГТУ ТЭЦ;
10. Расчёт тепловых нагрузок, присоединённых к промышленно-отопительной ТЭЦ;
11. Расчёт объёмов производства тепловой и электрической энергии на паротурбинной ТЭЦ;
12. Оценка эффективности комбинированного производства тепловой и электрической энергии на паротурбинной ТЭЦ. Определение расходов топлива на выработку тепла и электроэнергии;
13. Расчёт недовыработки электроэнергии, связанной с отпуском тепла в теплофикационном цикле по сравнению с конденсационным. Расчёт энергетических показателей паротурбинных промышленно-отопительных ТЭЦ.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Тепловые схемы и энергетические показатели"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Оценка эффективности комбинированного производства тепловой и электрической энергии на паротурбинной ТЭЦ"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Тепловые схемы и энергетические показатели"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Энергетические характеристики промышленных турбокомпрессоров"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Приводные ГТУ и газовые турбины"

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	5	
Знать:							
Современные методы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах	ИД-3ПК-3		+				Контрольная работа/Оценка эффективности комбинированного производства тепловой и электрической энергии на паротурбинной ТЭЦ
Знать и формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, улучшению условий труда, экономии ресурсов	ИД-3ПК-3	+					Контрольная работа/Тепловые схемы и энергетические показатели
Уметь:							
анализировать научно-техническую информацию по тематике систем теплоэнергетики, теплотехники и теплотехнологии; рассчитывать теплоэнергетические и материальные балансы теплоэнергетических систем	ИД-3ПК-3			+			Контрольная работа/Тепловые схемы и энергетические показатели
уметь определять потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, подготовке обоснований технического перевооружения, развития энергохозяйства, реконструкции и модернизации предприятий – источников энергии и систем энергоснабжения	ИД-3ПК-3				+	+	Контрольная работа/Приводные ГТУ и газовые турбины Контрольная работа/Энергетические характеристики промышленных турбокомпрессоров

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Оценка эффективности комбинированного производства тепловой и электрической энергии на паротурбинной ТЭЦ (Контрольная работа)
2. Приводные ГТУ и газовые турбины (Контрольная работа)
3. Тепловые схемы и энергетические показатели (Контрольная работа)
4. Тепловые схемы и энергетические показатели (Контрольная работа)
5. Энергетические характеристики промышленных турбокомпрессоров (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Сазанов, Б. В. Промышленные теплоэнергетические установки и системы : учебное пособие по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / Б. В. Сазанов, В. И. Ситас . – М. : Издательский дом МЭИ, 2014 . – 275 с. - ISBN 978-5-383-00900-0 .;
2. Александров А.А.- "Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок", Издательство: "МЭИ", Москва, 2017
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011102.html>.

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.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
3. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
4. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
7. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
8. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
9. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
10. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
11. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
	отсутствует	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Энергетические установки предприятий

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тепловые схемы и энергетические показатели (Контрольная работа)
- КМ-2 Оценка эффективности комбинированного производства тепловой и электрической энергии на паротурбинной ТЭЦ (Контрольная работа)
- КМ-3 Тепловые схемы и энергетические показатели (Контрольная работа)
- КМ-4 Энергетические характеристики промышленных турбокомпрессоров (Контрольная работа)
- КМ-5 Приводные ГТУ и газовые турбины (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	16	16
1	Тепловые схемы и энергетические показатели						
1.1	Тепловые схемы и энергетические показатели теплофикационных паросиловых установок		+				
1.2	Расчёт энергетических показателей паросиловых установок с помощью ЭВМ		+				
2	Оценка эффективности комбинированного производства тепловой и электрической энергии на паротурбинной ТЭЦ						
2.1	Оценка эффективности комбинированного производства тепловой и электрической энергии на паротурбинной ТЭЦ			+			
3	Тепловые схемы и энергетические показатели						
3.1	Тепловые схемы и энергетические показатели газотурбинных установок				+		
3.2	Тепловые схемы и энергетические показатели парогазовых установок				+		
4	Энергетические характеристики промышленных турбокомпрессоров						
4.1	Энергетические характеристики промышленных турбокомпрессоров					+	+
5	Приводные ГТУ и газовые турбины						
5.1	Приводные ГТУ и газовые турбины, использующие избыточное давление технологических газов ГУБТ					+	+

5.2	Регулируемые приводы с гидромuftами				+	+
	Вес КМ, %:	20	20	20	20	20