

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Минцаев Магомед Шавалович
Должность: Ректор
Дата подписания: 23.11.2023 13:54:18
Уникальный программный ключ:
236bcc35c296f119d6aaafd622856b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4304cc

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени академика М. Д. Миллионщикова

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор

И.Г. Гайрабеков



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ И НАГНЕТАТЕЛИ»

Направление подготовки

27.03.01 Стандартизация и метрология

Профиль

«Метрология, стандартизация и сертификация»

Квалификация

Бакалавр

Грозный - 2020

1. Цель и задачи дисциплины:

Основная цель курса: «Тепловые двигатели и нагнетатели» является формирование у студентов необходимых знаний конструкций, расчетов тепловых двигателей и нагнетателей, а также выработка умения надежной эксплуатации этого оборудования, изучение методов расчета, проектирования и эксплуатации двигателей и нагнетателей. Изучение теоретических и технических основ работы различного типа нагнетателей (насосов, вентиляторов, компрессоров) и тепловых двигателей (паровых и газовых турбин, двигателей внутреннего и внешнего сгорания), используемых в теплоэнергетической отрасли, особенностей их эксплуатации, принципов выбора типов машин для конкретных энергетических систем, обеспечивающих высокую эффективность и надежность работы установок.

Задачи дисциплины: знакомство обучающихся основным термодинамическим и газодинамическим принципами работы насосов, компрессоров, вентиляторов, паровых и газовых турбин и установок, двигателей внутреннего и внешнего сгорания. Обучение методам анализа особенностей рабочих характеристик нагнетателей и тепловых двигателей и оценка их влияния на эффективность теплоэнергетических систем. Освоения студентами методов расчета основного оборудования и правил его эксплуатации и ремонта.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Учебная дисциплина «Тепловые двигатели и нагнетатели» является обязательной дисциплиной части формируемой участниками образовательных отношений в учебном плане ОП направления 27.03.01 «Стандартизация и метрология» и предусмотрена для изучения в 5 семестре курса, базируется на знании общетехнических и специальных дисциплин: «Химия», «Физика», «Высшая математика», «Прикладная механика», «Техническая термодинамика», «Гидрогазодинамика».

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способностью и готовностью участвовать в организации работы по повышению научно-технических знаний, в развитии творческой инициативы, рационализаторской и изобретательской деятельности, во внедрении достижений отечественной и зарубежной науки, техники, в использовании передового опыта, обеспечивающих эффективную работу учреждения, предприятия (ОПК-2).

В результате освоения учебной дисциплины «Тепловые двигатели и нагнетатели» студент должен:

Знать:

- типовые методики термодинамических и гидродинамических расчетов при проектировании и эксплуатации нагнетателей и тепловых двигателей, стандартные средства и системы автоматизации выполнения технических расчетов;
- основы проведения экспериментов на различного типа нагнетателях и тепловых двигателях по заданной методике и анализу результатов с привлечением соответствующего математического аппарата.

Уметь:

- проводить расчеты применительно к нагнетателям и тепловым двигателям по типовым методикам с использованием нормативной документации и современных методов поиска и обработки информации с применением стандартных средств и систем автоматизации выполнения гидравлических расчетов;
- проводить эксперименты на тепловых двигателях и нагнетателях по заданной методике и анализировать результаты с привлечением соответствующего математического аппарата.

1	Классификация нагнетательных и расширительных машин. Циклы тепловых двигателей и установок.	1	1			2		3	1
2	Циклы двигателей внутреннего сгорания.	1						1	
3	Принципиальные основы течения рабочего тела в турбине и турбоагнетателе.	1				2		3	
4	Коэффициент полезного действия турбин и турбокомпрессоров. Расчетные уравнения.	1	1					1	2
5	Паровые и газовые турбины и их особенности.	1				2	1	3	
6	Сопловые аппараты турбин. Анализ движения газа в сопловом аппарате.	1				2		3	
7	Рабочие колеса турбин. Активные и реактивные турбины.	1	1					1	2
8	Характеристики турбин. Сопоставление радиальных и осевых ступеней турбин.	1					1	1	
9	Компрессоры объемного и кинетического типов.	1						1	
10	Осевые и роторные компрессора.	1				2		3	
11	Свойства турбокомпрессоров. Диффузоры и рабочие колеса турбокомпрессоров.	1						1	1
12	Теоретическая и действительная характеристики турбокомпрессора.	1					1	1	
13	Регулирование турбокомпрессоров. Способы регулирования.	1	1			2		3	2
14	Параллельная и последовательная работа турбокомпрессоров	1				2		3	
15	Центробежные насосы. Коэффициент быстроходности. К.п.д. и мощность центробежных насосов.	1						1	
16	Характеристики центробежных насосов. Способы регулирования насосов.	1				1		2	

17	Центробежные вентиляторы. Дутьевые вентиляторы, дымососы. Осевые вентиляторы. Схемы вентиляторов и их анализ	1				1		2	
ИТОГО:		17	4			17	4	34	8

5.2 Лекционные занятия

Таблица 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	2	3
1	Классификация нагнетательных и расширительных машин. Циклы тепловых двигателей и установок.	Классификация нагнетательных и расширительных машин. Машины объемного и кинетического действия. Виды тепловых двигателей. Циклы тепловых двигателей с внешним и внутренним сгоранием. Основы теоретического цикла, термический к.п.д. Виды к.п.д. цикла. Циклы паротурбинных установок, анализ их развития и оценка термодинамической эффективности. Сравнение циклов газотурбинных установок и циклов паротурбинных установок. Возможности их совместного использования. Циклы газотурбинных установок, их классификация, сравнение и основные показатели циклов.
2	Циклы двигателей внутреннего сгорания.	Циклы двигателей внутреннего сгорания. Их преимущества и недостатки. Сравнение циклов Отто и Дизеля. Двигатель Стирлинга, принцип работы, преимущества и недостатки. Когенерационные установки на базе известных типов нагнетателей и тепловых двигателей. Их основные показатели рентабельности применения
3	Принципиальные основы течения рабочего тела в турбине и турбонагнетателе.	Принципиальные основы течения рабочего тела в турбине и турбонагнетателе. Активный и реактивный принципы. Уравнение сохранения энергии для турбомашин. Уравнение неразрывности. Процессы расширения и сжатия в T-S и h-S диаграммах. Уравнение первого закона термодинамики в газодинамической форме (уравнение Бернулли).
4	Коэффициент полезного действия турбин и турбокомпрессоров. Расчетные уравнения.	Виды к.п.д. турбин. Процесс расширения в турбине в h-S диаграмме. Виды к.п.д. турбокомпрессоров. Процесс сжатия в h-S диаграмме. Основное уравнение турбомашин (уравнение Эйлера) для турбины и компрессора. Анализ его простой и развернутой форме
5	Паровые и газовые турбины и их особенности.	Турбины. Классификация паровых турбин в зависимости от характера тепловых процессов на ТЭС. Газовые турбины и их особенности. Потери энергии в проточной части турбин. Классификация внутренних и внешних потерь, их физический смысл. Изображение полного процесса расширения в T-S диаграмме.

6	Сопловые аппараты турбин. Анализ движения газа в сопловом аппарате.	Сопловые аппараты турбин. Основные геометрические и угловые параметры сопловых аппаратов. Классификация сопловых аппаратов по режиму течения. Типы профилей. Анализ движения газа в сопловом аппарате. Дозвуковое и сверхзвуковое течения. Определение угла выхода потока, формула Бэра. Сопоставление потерь в дозвуковых и сверхзвуковых аппаратах. Безлопаточные направляющие аппараты. Достоинства и недостатки по сравнению с лопаточными. Принципы профилирования (определение угла выхода потока).
1	2	3
7	Рабочие колеса турбин. Активные и реактивные турбины.	Рабочие колеса турбин. Степень реактивности. Сопоставление радиальных и осевых ступеней турбин. Радиально-осевые турбины. Особенности профилирования. Осевые турбины. Колесо Кертиса. Изменение параметров ступени по высоте лопатки.
8	Характеристики турбин. Сопоставление радиальных и осевых ступеней турбин.	Сопоставление характеристик активных и реактивных турбин. К.п.д. ступеней в зависимости от характеристики турбин. Безразмерные и приведенные характеристики. Регулирование паровых турбин. Регуляторы скорости. Парораспределительные устройства.
9	Компрессоры объемного и кинетического типов.	Компрессоры. Классификация по принципу действия. Компрессоры объемного типа. Компрессоры кинетического типа. Преимущества и недостатки отдельных типов машин в сравнении с лопатными машинами. Схемы машин объемного типа и турбокомпрессоров. Основные понятия. Типы компрессоров. Термодинамика компрессорного процесса. Коэффициенты полезного действия компрессоров. Охлаждение. Ступенчатое сжатие. Количество ступеней. Промежуточное давление. Характеристики лопатных компрессоров. Пересчет характеристик. Особенности регулирования лопатных компрессоров. Центробежные компрессоры. Степень центробежного компрессора. Мощность центробежного компрессора. Приближенный расчет ступени. Конструкции центробежных компрессоров.

10	Осевые и роторные компрессора.	<p>Ступень осевого компрессора. Конструктивные формы осевых компрессоров. Метод расчета основных размеров ступени. Поршневые компрессоры. Индикаторная диаграмма сжатия и расширения газа в поршневом компрессоре. Мощность и КПД. Мертвое пространство. Подача. Многоступенчатое сжатие. Мощность многоступенчатого компрессора. Конструктивные типы компрессоров.</p> <p>Действительная индикаторная диаграмма. Подача и давление поршневого компрессора, работающего на трубопровод. Регулирование подачи. Конструкции компрессоров. Компрессоры со свободно движущимися поршнями. Компрессорные установки. Испытание компрессора. Энергетический баланс компрессора. Экономичность работы компрессора. Расчет основных размеров ступеней компрессора.</p> <p>Способ действия. Подача. Мощность и КПД. Регулирование подачи роторных компрессоров. Конструкции роторных компрессоров.</p>
1	2	3
11	Свойства турбокомпрессоров. Диффузоры и рабочие колеса турбокомпрессоров.	Свойства турбокомпрессоров. Уравнение Эйлера для турбокомпрессора. Коэффициент закрутки. Степень реактивности турбокомпрессора. Статический и динамический напоры машины. Диффузоры турбокомпрессоров. Их виды и сопоставление характеристик. Рабочие колеса турбокомпрессоров. Основные типы и параметры.
12	Теоретическая и действительная характеристики турбокомпрессора.	Теоретическая и действительная характеристики турбокомпрессора. Причины их различия. Работа турбокомпрессора на сеть. Явление помпажа. Меры против помпажа.
13	Регулирование турбокомпрессоров. Способы регулирования.	Регулирование турбокомпрессоров. Группы сетевых потребителей. Способы регулирования. Характеристики регулирования для 1 и 2 групп потребителей. Регулирование турбокомпрессоров при переменном числе оборотов. Характеристики регулирования для 1 и 2 групп потребителей.
14	Параллельная и последовательная работа турбокомпрессоров	Регулирование турбокомпрессоров поворотными лопатками и поворотными лопатками диффузора. Параллельная и последовательная работа турбокомпрессоров. Схемы автоматического регулирования работы турбокомпрессоров. Противопомпажное устройство. Перерасчет характеристик турбокомпрессора.

15	<p>Центробежные насосы. Коэффициент быстроходности. К.п.д. и мощность центробежных насосов.</p>	<p>Классификация насосов. Принцип действия динамических и объемных насосов. Основы теории подобия насосов. Основные параметры насосов. Центробежные насосы. Конструктивная схема. Формы рабочих колес. Коэффициент быстроходности. К.п.д. и мощность центробежных насосов. Формула Руднева и ее применение. Уравнение Эйлера. Схемы одноступенчатых центробежных насосов. Теоретический напор насоса. Полезный напор. Потери энергии в насосе.</p>
16	<p>Характеристики центробежных насосов. Способы регулирования насосов.</p>	<p>Способы регулирования насосов их преимущества и недостатки. Допустимая высота всасывания. Явление кавитации. Кавитационная характеристика, запас. Критическая высота всасывания. Два случая установки центробежного насоса. Осевые и радиальные силы в центробежных насосах. Теоретические характеристики. Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие. Общие критерии подобия потоков. Коэффициент быстроходности. Формулы пропорциональности. Пересчет характеристик при изменении частоты вращения машины и вязкости среды. Безразмерные и универсальные характеристики. Испытания насосов. Регулирование подачи. Поля рабочих параметров при различных способах регулирования. Сводные графики. Параллельное и последовательное соединения центробежных насосов. Неустойчивость работы. Помпаж.</p>
1	2	3

17	<p>Центробежные вентиляторы. Дутьевые вентиляторы, дымососы. Осевые вентиляторы. Схемы вентиляторов и их анализ</p>	<p>Центробежные вентиляторы. Основные понятия. Применение. Центробежные вентиляторы. Конструктивная схема. Основные типы вентиляторов, применяемых в теплоэнергетике – дутьевые вентиляторы и дымососы. Давление, создаваемое вентилятором. Явление самотяги. Косвенная эжекторная тяга. Схема работы. Производительность и к.п.д. центробежных вентиляторов. Принципы выбора вентилятора. Давление, развиваемое вентилятором. Влияние самотяги. Коэффициент полного давления. Подача, мощность, КПД вентилятора. Выбор вентилятора по заданным параметрам. Характеристики. Регулирование центробежных вентиляторов. Конструктивное выполнение центробежных вентиляторов общего назначения. Вентиляторные установки. Влияние механических примесей в газе на работу вентилятора. Осевые вентиляторы. Принципиальная схема с элементами машины и ее анализ. Схемы осевых вентиляторов, их сравнение. Неподвижные элементы осевых вентиляторов. Основы теории. Решетка профилей. Основные уравнения. Напор, потери энергии, КПД. Многоступенчатые осевые насосы и вентиляторы. Особенности условий работы длинных лопастей. Расчет осевых насосов и вентиляторов. Характеристики. Регулирование подачи. Регулирование вентиляторов. Виды регулирующих устройств и их сравнение.</p>
----	---	---

5.4. Практические (семинарские) занятия

Таблица 4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование практических занятий
1	Циклы двигателей внутреннего сгорания.	Сравнение циклов газотурбинных установок и циклов паротурбинных установок.
2	Циклы двигателей внутреннего сгорания.	Циклы двигателей внутреннего сгорания. Сравнение циклов Отто и Дизеля. Двигатель Стирлинга.
3	Принципиальные основы течения рабочего тела в турбине и турбоагрегате.	Процессы расширения и сжатия в T-S и h-S диаграммах. Уравнение первого закона термодинамики в газодинамической форме (уравнение Бернулли)
4	Сопловые аппараты турбин. Анализ движения газа в сопловом аппарате.	Классификация сопловых аппаратов по режиму течения. Анализ движения газа в сопловом аппарате. Дозвуковое и сверхзвуковое течения.
5	КПД турбин и	Термодинамика компрессорного процесса. Коэффициенты полезного действия компрессоров. Охлаждение. Ступенчатое сжатие.

6	турбокомпрессоров.	Многоступенчатое сжатие. Мощность многоступенчатого компрессора. Конструктивные типы компрессоров. Индикаторная диаграмма.
7	Осевые и роторные компрессора.	Свойства турбокомпрессоров. Уравнение Эйлера для турбокомпрессора. Коэффициент закрутки. Степень реактивности турбокомпрессора. Напоры машины.
8	Центробежные насосы. К.п.д. и мощность насосов. ЦБ	Центробежные насосы. Конструктивная схема. Коэффициент быстроходности. К.п.д. и мощность центробежных насосов. Формулы Руднева, и Эйлера.
9	Характеристики центробежных насосов.	Явление кавитации. Кавитационная характеристика, запас. Критическая высота всасывания. Два случая установки центробежного насоса. Осевые и радиальные силы в центробежных насосах. Теоретические характеристики. Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие. Общие критерии подобия

6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине

6.1 Вопросы для самостоятельного изучения

Таблица 5

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения
1	Классификация нагнетательных и расширительных машин. Машины объемного и кинетического действия. Виды тепловых двигателей. Циклы тепловых двигателей с внешним и внутренним сгоранием.
2	Когенерационные установки на базе известных типов нагнетателей и тепловых двигателей. Их основные показатели рентабельности применения
3	Виды к.п.д. турбин. Процесс расширения в турбине в h-S диаграмме. Виды к.п.д. турбокомпрессоров. Процесс сжатия в h-S диаграмме.
4	Сопловые аппараты турбин. Основные геометрические и угловые параметры сопловых аппаратов. Классификация сопловых аппаратов по режиму течения. Типы профилей. Анализ движения газа в сопловом аппарате.
5	Компрессоры. Классификация по принципу действия. Компрессоры объемного типа. Компрессоры кинетического типа. Преимущества и недостатки отдельных типов машин в сравнении с лопастными машинами.
6	Конструкции компрессоров. Компрессоры со свободно движущимися поршнями. Компрессорные установки. Испытание компрессора. Энергетический баланс компрессора.
7	Диффузоры турбокомпрессоров. Их виды и сопоставление характеристик. Рабочие колеса турбокомпрессоров. Основные типы и параметры.
8	Регулирование турбокомпрессоров при переменном числе оборотов. Характеристики регулирования для 1 и 2 групп потребителей.
9	Схемы автоматического регулирования работы турбокомпрессоров. Противопомпажное устройство. Перерасчет характеристик турбокомпрессора.
10	Схемы одноступенчатых центробежных насосов. Теоретический напор насоса. Полезный напор. Потери энергии в насосе.
11	Центробежные вентиляторы. Основные понятия. Применение. Центробежные вентиляторы. Конструктивная схема. Основные типы вентиляторов, применяемых в теплоэнергетике – дутьевые вентиляторы и дымососы. Давление, создаваемое

	вентилятором. Явление самотяги.
12	Многоступенчатые осевые насосы и вентиляторы. Особенности условий работы длинных лопастей. Расчет осевых насосов и вентиляторов. Характеристики. Регулирование подачи.

6.2. Учебно-методическое и информационное обеспечение

Литература:

а) основная литература:

1.	Тепловые двигатели и нагнетатели [Электронный ресурс]: учебное пособие/ С.А. Наумов [и др.]— Электрон. текстовые данные.— Наумов С.А., Хаустова Е.В., Садчиков А.В., Соколов В.Ю., Фирсова Е.В., Цвяк А.В.Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2015.— 109 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/61415.html .— ЭБС «IPRbooks»
2.	Басукинский С.М. Центробежные нагнетатели [Электронный ресурс]: задания для проверки знаний по разделу «Насосы»/ Басукинский С.М., Басукинский Б.М.— Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013.— 20 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/22947.html .— ЭБС «IPRbooks»
3.	Дерюшев Л.Г. Воздуходувные установки и станции [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Дерюшев Л.Г.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015.— 163 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/39649.html .— ЭБС «IPRbooks»
	б) дополнительная литература
	Лубков В.И. Основы эксплуатации тепломеханического оборудования ТЭС [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Лубков В.И., Новичков С.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2019.— 285 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/82563.html .— ЭБС «IPRbooks»
	Костин В.И. Энергоэффективная работа насосов и вентиляторов в системах теплоснабжения и вентиляции [Электронный ресурс]: монография/ Костин В.И.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), ЭБС АСВ, 2015.— 188 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/68866.html .— ЭБС «IPRbooks»
	Визгалов С.В. Тепловой расчет и подбор основного оборудования парокомпрессионной холодильной машины [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Визгалов С.В., Фосс С.Л., Шарапов И.И.— Электрон. текстовые данные.— Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016.— 96 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/79559.html .— ЭБС «IPRbooks»
	Ваняшов А.Д. Расчет и конструирование центробежных компрессорных машин [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ваняшов А.Д., Кустиков Г.Г.— Электрон. текстовые данные.— Омск: Омский государственный технический университет, 2017.— 256 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/78462.html .— ЭБС «IPRbooks».

7. Оценочные средства

7.1. Вопросы к первой рубежной аттестации

1. Классификация нагнетательных и расширительных машин.
2. Машины объемного и кинетического действия. Виды тепловых двигателей.
3. Циклы тепловых двигателей с внешним и внутренним сгоранием.
4. Основы теоретического цикла, термический к.п.д. Виды к.п.д. цикла.
5. Циклы паротурбинных установок, анализ их развития и оценка термодинамической эффективности.
6. Сравнение циклов газотурбинных установок и циклов паротурбинных установок.
7. Возможности их совместного использования.
8. Циклы газотурбинных установок, их классификация, сравнение и основные показатели циклов.
9. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Их преимущества и недостатки.
10. Сравнение циклов Отто и Дизеля.
11. Двигатель Стирлинга, принцип работы, преимущества и недостатки.
12. Когенерационные установки на базе известных типов нагнетателей и тепловых двигателей.
13. Их основные показатели рентабельности применения
14. Принципиальные основы течения рабочего тела в турбине и турбонагнетателе.
15. Активный и реактивный принципы.
16. Уравнение сохранения энергии для турбомашин. Уравнение неразрывности.
17. Процессы расширения и сжатия в T-S и h-S диаграммах для турбомашин.
18. Уравнение первого закона термодинамики в газодинамической форме (уравнение Бернулли).
19. Виды к.п.д. турбин. Процесс расширения в турбине в h-S диаграмме.
20. Виды к.п.д. турбокомпрессоров. Процесс сжатия в h-S диаграмме.
21. Основное уравнение турбомашин (уравнение Эйлера) для турбины и компрессора. Анализ его простой и развернутой форме.
22. Турбины. Классификация паровых турбин в зависимости от характера тепловых процессов на ТЭС.
23. Газовые турбины и их особенности. Потери энергии в проточной части турбин.
24. Классификация внутренних и внешних потерь, их физический смысл.
25. Изображение полного процесса расширения в T-S диаграмме.
26. Сопловые аппараты турбин. Основные геометрические и угловые параметры сопловых аппаратов.
27. Классификация сопловых аппаратов по режиму течения. Типы профилей.
28. Анализ движения газа в сопловом аппарате. Дозвуковое и сверхзвуковое течения.
29. Определение угла выхода потока, формула Бэра.
30. Сопоставление потерь в дозвуковых и сверхзвуковых аппаратах.
31. Безлопаточные направляющие аппараты.
32. Достоинства и недостатки по сравнению с лопаточными.
33. Принципы профилирования (определение угла выхода потока).
34. Рабочие колеса турбин. Степень реактивности.
35. Сопоставление радиальных и осевых ступеней турбин.
36. Радиально-осевые турбины. Особенности профилирования.
37. Осевые турбины. Колесо Кертиса. Изменение параметров ступени по высоте лопатки.

КАРТОЧКА № (первая рубежная аттестация)

1. Сравнение циклов газотурбинных установок и циклов паротурбинных установок.
2. Процессы расширения и сжатия в T-S и h-S диаграммах для турбомашин.
3. Сопловые аппараты турбин. Основные геометрические и угловые параметры сопловых аппаратов.
4. Рабочие колеса турбин. Степень реактивности.

7.2. Вопросы к второй рубежной аттестации

1. Сопоставление характеристик активных и реактивных турбин.
2. К.п.д. ступеней в зависимости от характеристики турбин.

3. Безразмерные и приведенные характеристики.
4. Регулирование паровых турбин. Регуляторы скорости. Парораспределительные устройства.
5. Компрессоры. Классификация по принципу действия.
6. Компрессоры объемного типа. Компрессоры кинетического типа.
7. Преимущества и недостатки отдельных типов машин в сравнении с лопастными машинами.
8. Схемы машин объемного типа и турбокомпрессоров. Основные понятия.
9. Типы компрессоров. Термодинамика компрессорного процесса.
10. Коэффициенты полезного действия компрессоров. Охлаждение.
11. Ступенчатое сжатие. Количество ступеней. Промежуточное давление.
12. Характеристики лопастных компрессоров. Пересчет характеристик.
13. Особенности регулирования лопастных компрессоров. Центробежные компрессоры.
14. Ступень центробежного компрессора. Мощность центробежного компрессора.
15. Приближенный расчет ступени. Конструкции центробежных компрессоров.
16. Ступень осевого компрессора. Конструктивные формы осевых компрессоров.
17. Метод расчета основных размеров ступени. Поршневые компрессоры.
18. Индикаторная диаграмма сжатия и расширения газа в поршневом компрессоре.
19. Мощность и КПД. Мертвое пространство. Подача. Многоступенчатое сжатие.
20. Мощность многоступенчатого компрессора. Конструктивные типы компрессоров.
21. Действительная индикаторная диаграмма. Подача и давление поршневого компрессора, работающего на трубопровод.
22. Регулирование подачи. Конструкции компрессоров. Компрессоры со свободно движущимися поршнями.
23. Компрессорные установки. Испытание компрессора. Энергетический баланс компрессора.
24. Экономичность работы компрессора. Расчет основных размеров ступеней компрессора.
25. Способ действия. Подача. Мощность и КПД. Регулирование подачи роторных компрессоров.
26. Конструкции роторных компрессоров.
27. Свойства турбокомпрессоров. Уравнение Эйлера для турбокомпрессора.
28. Коэффициент закрутки. Степень реактивности турбокомпрессора.
29. Статический и динамический напоры машины. Диффузоры турбокомпрессоров. Их виды и сопоставление характеристик.
30. Рабочие колеса турбокомпрессоров. Основные типы и параметры.
31. Теоретическая и действительная характеристики турбокомпрессора. Причины их различия.
32. Работа турбокомпрессора на сеть. Явление помпажа. Меры против помпажа.
33. Регулирование турбокомпрессоров. Группы сетевых потребителей. Способы регулирования.
34. Характеристики регулирования для 1 и 2 групп потребителей.
35. Регулирование турбокомпрессоров при переменном числе оборотов. Характеристики регулирования для 1 и 2 групп потребителей.
36. Регулирование турбокомпрессоров поворотными лопатками и поворотными лопатками диффузора.
37. Параллельная и последовательная работа турбокомпрессоров. Схемы автоматического регулирования работы турбокомпрессоров.
38. Противопомпажное устройство. Перерасчет характеристик турбокомпрессора.
39. Классификация насосов. Принцип действия динамических и объемных насосов.
40. Основы теории подбора насосов. Основные параметры насосов.
41. Центробежные насосы. Конструктивная схема. Формы рабочих колес.
42. Коэффициент быстроходности. К.п.д. и мощность центробежных насосов. Формула Руднева и ее применение. Уравнение Эйлера.
43. Схемы одноступенчатых центробежных насосов. Теоретический напор насоса. Полезный напор. Потери энергии в насосе.
44. Способы регулирования насосов их преимущества и недостатки. Допустимая высота всасывания. Явление кавитации. Кавитационная характеристика, Кавитационный запас.
45. Критическая высота всасывания центробежных насосов. Два случая установки центробежного насоса.
46. Осевые и радиальные силы в центробежных насосах. Теоретические характеристики. Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие.

47. Общие критерии подбора потоков центробежных насосов. Коэффициент быстроходности центробежных насосов. Формулы пропорциональности центробежных насосов.
48. Пересчет характеристик при изменении частоты вращения машины и вязкости среды.
49. Безразмерные и универсальные характеристики центробежных насосов. Испытания насосов. Регулирование подачи центробежных насосов.
50. Поля рабочих параметров при различных способах регулирования центробежных насосов. Сводные графики.
51. Параллельное и последовательное соединения центробежных насосов. Неустойчивость работы. Помпаж.
52. Центробежные вентиляторы. Основные понятия. Применение центробежных вентиляторов. Конструктивная схема центробежных вентиляторов.
53. Основные типы вентиляторов, применяемых в теплоэнергетике – дутьевые вентиляторы и дымососы. Давление, создаваемое вентилятором.
54. Явление самотяги. Косвенная эжекторная тяга. Схема работы центробежных вентиляторов.
55. Производительность и к.п.д. центробежных вентиляторов. Принципы выбора вентилятора.
56. Давление, развиваемое вентилятором. Влияние самотяги. Коэффициент полного давления.
57. Подача, мощность, КПД вентилятора. Выбор вентилятора по заданным параметрам.
58. Характеристики. Регулирование центробежных вентиляторов. Конструктивное выполнение центробежных вентиляторов общего назначения.
59. Вентиляторные установки. Влияние механических примесей в газе на работу вентилятора.
60. Осевые вентиляторы. Принципиальная схема с элементами машины и ее анализ.
61. Схемы осевых вентиляторов, их сравнение. Неподвижные элементы осевых вентиляторов.
62. Основы теории. Решетка профилей. Основные уравнения. Напор, потери энергии, КПД.
63. Многоступенчатые осевые насосы и вентиляторы. Особенности условий работы длинных лопастей.
64. Расчет осевых насосов и вентиляторов. Характеристики. Регулирование подачи.
65. Регулирование вентиляторов. Виды регулирующих устройств и их сравнение.

КАРТОЧКА № (вторая рубежная аттестация)

1. Характеристики лопастных компрессоров. Пересчет характеристик.
2. Параллельная и последовательная работа турбокомпрессоров. Схемы автоматического регулирования работы турбокомпрессоров.
3. Способы регулирования насосов их преимущества и недостатки. Допустимая высота всасывания. Явление кавитации. Кавитационная характеристика, Кавитационный запас.
4. Основы теории. Решетка профилей. Основные уравнения. Напор, потери энергии, КПД.

7.3. Вопросы к зачету по дисциплине «Тепловые двигатели и нагнетатели»

1. Классификация нагнетательных и расширительных машин. Машины объемного и кинетического действия. Виды тепловых двигателей. Циклы тепловых двигателей с внешним и внутренним сгоранием. Основы теоретического цикла, термический к.п.д. Виды к.п.д. цикла.
2. Циклы паротурбинных установок, анализ их развития и оценка термодинамической эффективности. Сравнение циклов газотурбинных установок и циклов паротурбинных установок. Возможности их совместного использования.
3. Циклы газотурбинных установок, их классификация, сравнение и основные показатели циклов.
4. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Их преимущества и недостатки. Сравнение циклов Отто и Дизеля.
5. Двигатель Стирлинга, принцип работы, преимущества и недостатки.
6. Когенерационные установки на базе известных типов нагнетателей и тепловых двигателей. Их основные показатели рентабельности применения
7. Принципиальные основы течения рабочего тела в турбине и турбоагрегате. Активный и реактивный принципы.

8. Уравнение сохранения энергии для турбомашин. Уравнение неразрывности. Процессы расширения и сжатия в T-S и h-S диаграммах для турбомашин. Уравнение первого закона термодинамики в газодинамической форме (уравнение Бернулли). Виды к.п.д. турбин. Процесс расширения в турбине в h-S диаграмме.
9. Виды к.п.д. турбокомпрессоров. Процесс сжатия в h-S диаграмме. Основное уравнение турбомашин (уравнение Эйлера) для турбины и компрессора. Анализ его простой и развернутой форме.
10. Турбины. Классификация паровых турбин в зависимости от характера тепловых процессов на ТЭС. Газовые турбины и их особенности. Потери энергии в проточной части турбин.
11. Классификация внутренних и внешних потерь турбины, их физический смысл. Изображение полного процесса расширения в T-S диаграмме.
12. Сопловые аппараты турбин. Основные геометрические и угловые параметры сопловых аппаратов. Классификация сопловых аппаратов по режиму течения. Типы профилей. Анализ движения газа в сопловом аппарате. Дозвуковое и сверхзвуковое течения.
13. Определение угла выхода потока соплового аппарата, формула Бэра. Сопоставление потерь в дозвуковых и сверхзвуковых аппаратах.
14. Безлопаточные направляющие аппараты. Достоинства и недостатки по сравнению с лопаточными. Принципы профилирования (определение угла выхода потока).
15. Рабочие колеса турбин. Степень реактивности. Сопоставление радиальных и осевых ступеней турбин. Радиально-осевые турбины. Особенности профилирования. Осевые турбины. Колесо Кертиса. Изменение параметров ступени по высоте лопатки.
16. Сопоставление характеристик активных и реактивных турбин. К.п.д. ступеней в зависимости от характеристики турбин. Безразмерные и приведенные характеристики. Регулирование паровых турбин. Регуляторы скорости. Парораспределительные устройства.
17. Компрессоры. Классификация по принципу действия. Компрессоры объемного типа. Компрессоры кинетического типа. Преимущества и недостатки отдельных типов машин в сравнении с лопастными машинами.
18. Схемы машин объемного типа и турбокомпрессоров. Основные понятия. Типы компрессоров. Коэффициенты полезного действия компрессоров. Охлаждение. Термодинамика компрессорного процесса.
19. Ступенчатое сжатие в компрессоре. Количество ступеней. Промежуточное давление. Характеристики лопастных компрессоров. Пересчет характеристик.
20. Особенности регулирования лопастных компрессоров. Центробежные компрессоры. Степень центробежного компрессора. Мощность центробежного компрессора
21. Приближенный расчет ступени компрессора. Конструкции центробежных компрессоров.
22. Степень осевого компрессора. Конструктивные формы осевых компрессоров.
23. Метод расчета основных размеров ступени. Поршневые компрессоры. Индикаторная диаграмма сжатия и расширения газа в поршневом компрессоре.
24. Мощность и КПД компрессора. Мертвое пространство. Подача. Многоступенчатое сжатие. Мощность многоступенчатого компрессора. Конструктивные типы компрессоров.
25. Действительная индикаторная диаграмма. Подача и давление поршневого компрессора, работающего на трубопровод. Регулирование подачи. Конструкции компрессоров. Компрессоры со свободно движущимися поршнями.
26. Компрессорные установки. Испытание компрессора. Энергетический баланс компрессора. Экономичность работы компрессора. Расчет основных размеров ступеней компрессора.
27. Способ действия. Подача. Мощность и КПД. Регулирование подачи роторных компрессоров. Конструкции роторных компрессоров.
28. Свойства турбокомпрессоров. Уравнение Эйлера для турбокомпрессора. Коэффициент закнутки. Степень реактивности турбокомпрессора.
29. Статический и динамический напоры машины. Диффузоры турбокомпрессоров. Их виды и сопоставление характеристик. Рабочие колеса турбокомпрессоров. Основные типы и параметры.
30. Теоретическая и действительная характеристики турбокомпрессора. Причины их различия. Работа турбокомпрессора на сеть. Явление помпажа. Меры против помпажа.

31. Регулирование турбокомпрессоров. Группы сетевых потребителей. Способы регулирования. Характеристики регулирования для 1 и 2 групп потребителей.
32. Регулирование турбокомпрессоров при переменном числе оборотов. Характеристики регулирования для 1 и 2 групп потребителей.
33. Регулирование турбокомпрессоров поворотными лопатками и поворотными лопатками диффузора.
34. Параллельная и последовательная работа турбокомпрессоров. Схемы автоматического регулирования работы турбокомпрессоров. Противопомпажное устройство. Перерасчет характеристик турбокомпрессора
35. Классификация насосов. Принцип действия динамических и объемных насосов. Основы теории подобия насосов. Основные параметры насосов.
36. Центробежные насосы. Конструктивная схема. Формы рабочих колес. Коэффициент быстроходности. К.п.д. и мощность центробежных насосов. Формула Руднева и ее применение. Уравнение Эйлера.
37. Схемы одноступенчатых центробежных насосов. Теоретический напор насоса. Полезный напор. Потери энергии в насосе.
38. Способы регулирования насосов их преимущества и недостатки. Допустимая высота всасывания. Явление кавитации. Кавитационная характеристика, Кавитационный запас
39. Критическая высота всасывания центробежных насосов. Два случая установки центробежного насоса.
40. Осевые и радиальные силы в центробежных насосах. Теоретические характеристики. Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие.
41. Общие критерии подобия потоков центробежных насосов. Коэффициент быстроходности центробежных насосов. Формулы пропорциональности центробежных насосов. Пересчет характеристик при изменении частоты вращения машины и вязкости среды.
42. Безразмерные и универсальные характеристики центробежных насосов. Испытания насосов. Регулирование подачи центробежных насосов.
43. Поля рабочих параметров при различных способах регулирования центробежных насосов. Сводные графики. Параллельное и последовательное соединения центробежных насосов. Неустойчивость работы. Помпаж.
44. Центробежные вентиляторы. Основные понятия. Применение центробежных вентиляторов. Конструктивная схема центробежных вентиляторов.
45. Основные типы вентиляторов, применяемых в теплоэнергетике – дутьевые вентиляторы и дымососы. Давление, создаваемое вентилятором.
46. Явление самотяги. Косвенная эжекторная тяга. Схема работы центробежных вентиляторов. Производительность и к.п.д. центробежных вентиляторов. Принципы выбора вентилятора. Давление, развиваемое вентилятором. Влияние самотяги. Коэффициент полного давления.
47. Подача, мощность, КПД вентилятора. Выбор вентилятора по заданным параметрам. Характеристики. Регулирование центробежных вентиляторов. Конструктивное выполнение центробежных вентиляторов общего назначения.
48. Вентиляторные установки. Влияние механических примесей в газе на работу вентилятора. Осевые вентиляторы. Принципиальная схема с элементами машины и ее анализ. Схемы осевых вентиляторов, их сравнение. Неподвижные элементы осевых вентиляторов.
49. Основы теории вентиляторов. Решетка профилей. Основные уравнения. Напор, потери энергии, КПД. Многоступенчатые осевые насосы и вентиляторы. Особенности условий работы длинных лопастей
50. Расчет осевых насосов и вентиляторов. Характеристики. Регулирование подачи. Регулирование вентиляторов. Виды регулирующих устройств и их сравнение

Образец экзаменационного билета по дисциплине

	ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ КАФЕДРА "ТЕПЛОТЕХНИКА И ГИДРАВЛИКА"	
	Дисциплина	<u>Тепловые двигатели и нагнетатели</u>

	Семестр - 6
Группа	<u>МСС - 19</u>
	БИЛЕТ № 1
1.	Сравнение циклов газотурбинных установок и циклов паротурбинных установок.
2.	Сопловые аппараты турбин. Основные геометрические и угловые параметры сопловых аппаратов.
3.	Метод расчета основных размеров ступени. Поршневые компрессоры.
Зав. кафедрой «Теплотехника и гидравлика»	
	Р.А-В. Турлуев
	2019 г.

7.4 Текущий контроль

Вопросы к практическим занятиям

1. Оценка термодинамической эффективности паротурбинной установки.
2. Расчет газовой турбины
3. Гидравлический и аэродинамический расчет соплового аппарата
4. Расчет мощности осевого компрессора ГТУ
5. Расчет проточной части турбины
6. Расчет проточной части многоступенчатых газовых турбин
7. Термодинамические расчеты цикла ГТУ и расчет практической части Турбины

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1.	Тепловые двигатели и нагнетатели [Электронный ресурс]: учебное пособие/ С.А. Наумов [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Наумов С.А., Хаустова Е.В., Садчиков А.В., Соколов В.Ю., Фирсова Е.В., Цвяк А.В.Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2015.— 109 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/61415.html .— ЭБС «IPRbooks»
2.	Басукинский С.М. Центробежные нагнетатели [Электронный ресурс]: задания для проверки знаний по разделу «Насосы»/ Басукинский С.М., Басукинский Б.М.— Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013.— 20 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/22947.html .— ЭБС «IPRbooks»
3.	Построение диаграммы режимов теплофикационной турбины с одним регулируемым отбором [Электронный ресурс]: методические указания к курсовой работе по дисциплине «Тепловые двигатели»/ — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014.— 17 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/55132.html .— ЭБС «IPRbooks»
4.	Дерюшев Л.Г. Воздуходувные установки и станции [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Дерюшев Л.Г.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015.— 163 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/39649.html .— ЭБС «IPRbooks»
	б) дополнительная литература

5.	Лубков В.И. Основы эксплуатации тепломеханического оборудования ТЭС [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Лубков В.И., Новичков С.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2019.— 285 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/82563.html .— ЭБС «IPRbooks»
6.	Костин В.И. Энергоэффективная работа насосов и вентиляторов в системах теплоснабжения и вентиляции [Электронный ресурс]: монография/ Костин В.И.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), ЭБС АСВ, 2015.— 188 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/68866.html .— ЭБС «IPRbooks»
7.	Автономова И.В. Компрессорные станции и установки. Часть 1. Технологические схемы. Нагрузка и производительность. Проектирование компрессорной станции и машинного зала. Газопроводы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Автономова И.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011.— 84 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31019.html .— ЭБС «IPRbooks»
8.	Автономова И.В. Компрессорные станции и установки. Часть 3. Масла и системы смазки компрессоров. Водоснабжение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Автономова И.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011.— 76 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31021.html .— ЭБС «IPRbooks»
9.	Ваняшов А.Д. Расчет и конструирование центробежных компрессорных машин [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ваняшов А.Д., Кустиков Г.Г.— Электрон. текстовые данные.— Омск: Омский государственный технический университет, 2017.— 256 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/78462.html .— ЭБС «IPRbooks»
10.	Визгалов С.В. Тепловой расчет и подбор основного оборудования парокомпрессионной холодильной машины [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Визгалов С.В., Фосс С.Л., Шарапов И.И.— Электрон. текстовые данные.— Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016.— 96 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/79559.html .— ЭБС «IPRbooks»
11.	Вакуумное оборудование [Электронный ресурс]: методические указания к расчетно-графическому заданию/ Кащенко А.П., Строковский Г.С., Строковская С.Е., Пономарев А.С. — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017.— 18 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/74399.html .— ЭБС «IPRbooks»

в) Интернет-ресурсы

Интернет ресурс - www.gstou.ru, электронные библиотечные системы (ЭБС): «IPRbooks», «Консультант студента», «Ibooks», «Лань».

г) программное и коммуникационное обеспечение

Средства обеспечения освоения дисциплины

Расчетные компьютерные программы: MATHCAD, EXCEL.

1. Электронный конспект лекций и электронно-обучающий комплекс по дисциплине «Тепловые двигатели и нагнетатели»
2. Тесты для компьютерного тестирования студентов

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обеспечения освоения дисциплины необходимо наличие учебной аудитории, снабженной мультимедийными средствами для представления презентаций лекций и показа учебных фильмов.

Класс с персональными компьютерами для проведения практических занятий и виртуальных лабораторных работ.

Учебная аудитория кафедры "Т и Г", №2-21, №1-19^б снабженная мультимедийными средствами для представления презентаций и показа учебных фильмов.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС и с учетом рекомендаций по направлению подготовки 27.03.01 «Стандартизация и метрология»

Тепловые двигатели и нагнетатели (наличие оборудования и ТСО)

1	Лабораторный комплекс "Теплопередача при конвекции и обдуве" ТПК-010-9ЛР-01 (9 лабораторных работ)
2	Учебно-лабораторный комплекс «Теплообменники» (4 лабораторных работы)
3	Виртуальный программный лабораторный комплекс "Теплотехника" (6 лабораторных работ)
4	<p>Виртуальный учебный комплекс «Тепловые электростанции»</p> <p>Комплекс предназначен для исследования процессов настройки и наладки систем тепловой электростанции, а также контроля и мониторинга состояния элементов систем во время их работы и демонстрации влияния изменения параметров элементов.</p> <p>Программа содержит графическую информацию, изображения мониторов, панели управления и сообщения аварийной сигнализации аналогичные реальным.</p> <p>В состав входит:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Персональный компьютер, монитор, клавиатура, мышь. 2. Предустановленное специализированное программное обеспечение
5	Комплект плакатов 560x800 мм, Изображение нанесено на пластиковую основу толщиной 4 мм и размером 560x800 мм. Изображение обладает водостойкими свойствами. Каждый плакат имеет элементы крепления к стене.
5.1	Тепловые электрические станции (16 шт.)
5.2	«Тепломассообмен» (16 шт.)
5.3	Турбины и оборудование тепловых станций (16 шт.)
6	Электронные плакаты Демонстрационные комплексы на базе мультимедиа-проектора (комплект электронных плакатов на CD, мультимедиа-проектор BENQ, ноутбук, экран 1,5x1,5 м):
а.	Тепломассообмен (122 шт.)
б.	Турбины тепловых станций (21 шт.)
	Презентации:
1	Теплопередача
2	Тепловые и атомные электростанции
3	Виды, состав и назначение турбин тепловых станций
4	Паровые и газовые турбины и их особенности.
5	Компрессоры. Классификация по принципу действия.
6	Центробежные компрессоры.
7	Осевые и роторные компрессора. Конструкции компрессоров
8	Компрессоры со свободно движущимися поршнями. Компрессорные установки.
9	Основные параметры насосов Центробежные насосы.
10	Характеристики центробежных насосов.
11	Центробежные вентиляторы.
	Видеофильмы:
	- Принцип работы котла;
	- Паровой котел;
	- Паровые турбины;
	- Пламя горелки;
	- Короткое замыкание;
	- Теплообменники;

	- Розжиг котла;
	- Градирни;
	- Принцип работы насоса
	- Принцип работы центробежного насоса;
	- Многоступенчатый насос;
	- Насос ЦНС-1.
	- Хабаровская ТЭЦ;
	- Рязанская ГРЭС
	- Эксплуатация энергоблоков;
	- Принцип работы дымососа;
	- Движение жидкости в рабочем колесе;

Составитель:

Старший преподаватель кафедры
«Теплотехника и гидравлика»



_____ / А.А. Ельмурзаев /

СОГЛАСОВАНО:

Зав. выпускающей каф.
«Теплотехника и гидравлика»


_____ / Р.А-В. Турлуев /

Директор ДУМР


_____ / М.А. Магомаева /