

Документ подписан простой электронной подписью.
Информация о владельце:

ФИО: Минцаев Магомед Эльвизович

Должность: Ректор

Дата подписания: 26.06.2025 10:48:38

Уникальный программный ключ:

236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4304cc

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПРОВОДНИКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени академика М.Д. Миллионщикова



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА»

Направление подготовки
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль)
«Тепловые электрические станции»
«Энергообеспечение предприятий»

Квалификация
Бакалавр

Год начала подготовки – 2025

Грозный – 2025

1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины «Техническая термодинамика» является освоение основных законов термодинамики. Изучение методов получения, преобразования, передачи и использования теплоты.

При изложении дисциплины изучаются фундаментальные законы технической термодинамики, являющиеся основой функционирования тепловых машин, аппаратов и их эффективности, рассматриваются рабочие процессы, протекающих в тепловых машинах, исследуются свойства рабочих тел и теплоносителей.

Задачей изучения дисциплины является приобретение навыков анализа термодинамических систем, выработка практических навыков определения термодинамических свойств рабочих тел и теплоносителей, значения термодинамических характеристик процессов с одно- и 2-х фазными рабочими телами и теплоносителями. Выбор законов и закономерностей для расчета и анализа процессов в теплоэнергетических установках, методов оценки тепловой эффективности циклов ТЭУ, определение, расчет процессов в ТЭУ и показателей тепловой экономичности ТЭУ.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Техническая термодинамика» относится к 1 блоку обязательной части дисциплин в учебном плане направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». Изучается в 3 и 4 семестрах. Для изучения курса требуется знание: физики, математики, химии, начертательной геометрии.

В свою очередь, данный курс, помимо самостоятельного значения, является предшествующей дисциплиной для специальных курсов: Тепломассообмен, Газодинамика, Котельные установки и парогенераторы, Турбины тепловых и атомных электрических станций, Технологические энергоносители предприятий и т.д.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВ)
Общепрофессиональные		
ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.	ОПК-3.3. Использует знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем; ОПК-3.4. Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамических соотношений; ОПК-3.5. Применяет знания основ термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей.	знать: – основные принципы и способы трансформации энергии; – ограничения, связанные с трансформацией энергии, первый и второй законы термодинамики; – основные термодинамические диаграммы, их свойства, термодинамические процессы и их характеристики; – методы анализа термодинамических циклов, методы повышения эффективности технических теплоэнергетических установок. уметь: – использовать основные законы термодинамики при решении технических задач; – пользоваться аналитическим методом расчета газовых циклов и рассчитывать их характеристики; – пользоваться методом расчета диаграмм пароводяных циклов и циклов холодильных установок и рассчитывать их характеристики. владеть:

		– навыками в использовании уравнений и справочных баз данных для определения термодинамических свойств рабочих тел и теплоносителей, в термодинамическом анализе процессов и показателей тепловой экономичности ТЭУ.
--	--	--

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 2

Вид учебной работы		Всего часов/ зач.ед.		Семестры			
				3	4	3	4
		ОФО	ЗФО	ОФО		ЗФО	
Контактная работа (всего)		99/2,7	34/0,9	51/1,4	48/1,4	20/0,55	14/0,4
В том числе:							
Лекции		33/0,9	14/0,4	17/0,5	16/0,5	8/0,22	6/0,17
Практические занятия		33/0,9	10/0,3	17/0,5	16/0,5	6/0,17	4/0,11
Лабораторные работы		33/0,9	10/0,3	17/0,5	16/0,5	6/0,17	4/0,11
Самостоятельная работа (всего)		117/3,2	182/5,0	57/1,6	60/1,4	88/2,4	94/2,6
В том числе:							
Курсовая работа (проект)		16/0,4	40/1,1		16/0,4		40/1,1
Расчетно-графические работы							
ИТР		9/0,25	34/0,9	9/0,25		34/0,9	
Рефераты							
Доклады							
Презентации							
<i>И (или) другие виды самостоятельной работы:</i>							
Подготовка к лабораторным работам		32/0,9	36/1,0	16/0,5	16/0,4	18/0,5	18/0,5
Подготовка к практическим занятиям		28/0,8	36/1,0	16/0,5	12/0,3	18/0,5	18/0,5
Подготовка к зачету							
Подготовка к экзамену		32/0,9	36/1,0	16/0,5	16/0,5	18/0,5	18/0,5
Вид отчетности		экзамен	экзамен	экзамен	экзамен	экзамен	экзамен
Общая трудоемкость дисциплины	ВСЕГО в часах	216	216	108	108	108	108
	ВСЕГО в зач. единицах	6	6	3	3	3	3

5. Содержание дисциплины

5.1 Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 3.1 (3 семестр)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины по семестрам	Часы лекционных занятий		Часы лабораторных занятий		Часы практических (семинарских) занятий		Всего часов	
		ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО
1	Введение. Техническая термодинамика как теоретическая основа теплотехники.	2	1		1	2	1	4	3
2	Газы и газовые смеси.	2		2		2		6	
3	Теплота и теплоемкость газов.	2	2		2	2	1	4	5
4	Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Энтальпия.	2		4		2		8	
5	Энтропия. PV- и TS-диаграммы.	2	1	2	1	2	2	6	4
6	Второй закон термодинамики. Круговые процессы	2		2		2		6	
7	Термодинамические процессы.	2	2	4	1	2	1	8	4
8	Водяной пар, основные свойства.	2				2		4	
9	Основные характеристики влажного воздуха.	1	2	3	1	1	1	5	4
	ИТОГО:	17	8	17	6	17	6	51	20

Таблица 3.2 (4 семестр)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины по семестрам	Часы лекционных занятий		Часы лабораторных занятий		Часы практических (семинарских) занятий		Всего часов	
		ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО
1	Термодинамика потока	1	1	1	1	1	1	3	2
2	Циклы паротурбинных установок. Энергетический баланс идеальной паротурбинной установки.	2		2		2		6	2
3	Регенеративные циклы Особенности циклов атомных электростанций с паровым, газовым и другими рабочими телами.	2	1	2	1	2	1	6	3
4	Циклы двигателей внутреннего сгорания.	2		2		2		6	
5	Циклы газотурбинных установок (ГТУ).	2	1	2	1	2	1	6	3
6	Комбинированные парогазовые циклы (ПГУ)	2		2		2		6	
7	Сравнение паровых и газовых циклов. Повышение КПД теплоэнергетических установок.	1	2	2	1	2	1	5	4
8	Циклы холодильных установок и тепловых насосов.	2		2		2		6	
9	Тепловые насосы. Методы ожижения газов	1	1	1		1	1	3	2
ИТОГО:		16	6	16	4	16	4	48	14

5.2 Лекционные занятия

5.2.1 Лекционные занятия (3 семестр)

Таблица 4.1

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	2	3
1	Введение. Техническая термодинамика как теоретическая основа теплотехники.	Предмет технической термодинамики. Характеристика дисциплины, ее место в системе подготовки бакалавра теплоэнергетики. Значение теплоэнергетики в народном хозяйстве и ее роль в решении задач развития общества. Основные направления развития энергетики. Понятие рабочего тела. Величины, определяющие состояние газов их основные параметры. Понятие о нормальных физических условиях. Теплота и работа как формы передачи энергии.
2	Газы и газовые смеси.	Понятие идеального и реального газов с точки зрения МКТ. Основное уравнение кинетической теории газов. Уравнение Клапейрона-Менделеева. Основные газовые законы. Законы Бойля – Мариотта, Гей-Люссака, Шарля. Газовые смеси. Закон Дальтона. Задание состава смеси массовыми и объемными долями.
3	Теплота и теплоемкость газов.	Теплота и теплоёмкость газа при постоянном объёме и постоянном давлении. Зависимости теплоёмкости от температуры. Теплоёмкость газовых смесей.
4	Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Энтальпия.	Понятие внутренней энергии. Энтальпия. Сущность первого закона термодинамики и его аналитическое выражение.
5	Энтропия. PV- и TS-диаграммы.	Понятие об энтропии. Энтропия реальных тел. Изменение энтропии тел, участвующих в реальных процессах. Энтропия изолированной системы и ее изменение при протекании в ней обратимых и необратимых процессов PV- и TS- диаграммы.
6	Второй закон термодинамики. Круговые процессы	Изменение состояния газов. Сущность второго закона термодинамики. Круговые процессы и циклы. Термический КПД. Цикл Карно теплового двигателя.
7	Термодинамические процессы.	Общие методы исследования. Термодинамический процесс. Процессы обратимые и необратимые. Основные термодинамические процессы в идеальных газах.
8	Водяной пар, основные свойства.	Пары, основные определения. Водяной пар. Процессы парообразования в PV- и TS- диаграммах.
9	Основные характеристики влажного воздуха.	Влагосодержание, абсолютная и относительная влажность. H-d диаграмма влажного воздуха.

5.2.2 Лекционные занятия (4 семестр)

Таблица 4.2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	2	3
1	Термодинамика потока	Термодинамика потока. Истечение и дросселирование газов и паров. Основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах. Скорость истечения. Скорость звука. Критическая скорость и критические параметры при истечении через сопло.
2	Циклы паротурбинных установок. Энергетический баланс идеальной паротурбинной установки.	Принципиальная схема и цикл паротурбинной установки (ПТУ) на насыщенном водяном паре (цикл Карно). Практическая целесообразность использования цикла ПТУ на перегретом водяном паре и сжатии рабочего тела в жидкой фазе (цикл Ренкина). Идеальный цикл паротурбинной установки и ее КПД. Энергетический баланс идеальной паротурбинной установки. Влияние начальных параметров и конечного давления на тепловую экономичность ПТУ. Промежуточный перегрев пара и его влияние на экономичность ПТУ.
3	Регенеративные циклы. Особенности циклов атомных электростанций с паровым, газовым и другими рабочими телами.	Регенеративные циклы ПТУ при постоянном количестве работающего тела и при отборах пара на регенерацию. КПД регенеративного цикла ПТУ. Удельные расходы пара и теплоты в ПТУ. Термодинамические основы теплофикации. Особенности циклов атомных электростанций с паровым, газовым и другими рабочими телами.
4	Циклы двигателей внутреннего сгорания.	Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Цикл и индикаторная диаграмма ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме. Цикл с подводом теплоты при постоянном давлении. Цикл со смешанным подводом теплоты. Оценка термодинамического совершенства циклов ДВС.
5	Циклы газотурбинных установок (ГТУ).	Принципиальная схема и цикл ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении. ГТУ с замкнутым и разомкнутым процессами. КПД идеальной ГТУ. Методы повышения тепловой экономичности ГТУ. Циклы ГТУ с регенерацией. Многоступенчатое сжатие с промежуточным охлаждением и многоступенчатым подводом теплоты в ГТУ.
6	Комбинированные парогазовые циклы (ПГУ)	Комбинированные парогазовые циклы (ПГУ). ПГУ с КУ, с ВПГ, с НПГ, полузависимые.

7	Сравнение паровых и газовых циклов. Повышение КПД теплоэнергетических установок.	Сравнение достоинств и недостатков паровых и газовых циклов. Задача повышения КПД теплоэнергетических установок.
8	Циклы холодильных установок и тепловых насосов.	Обратный цикл Карно. Холодильный коэффициент. Коэффициент трансформации теплоты. Схема и цикл воздушной холодильной установки. Термодинамические свойства рабочих тел парокompрессионных трансформаторов теплоты. Схема, цикл и холодильный коэффициент парокompрессионной холодильной установки. Схема и принцип работы абсорбционной холодильной установки.
9	Тепловые насосы. Методы ожижения газов	Принцип действия теплового насоса. Термодинамическое сравнение эффективности теплового насоса и теплофикации. Методы ожижения газов.

5.3 Лабораторные занятия

5.3.1 Лабораторные занятия (3 семестр)

Таблица 5.1

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных занятий
1	Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Энтальпия.	Первый закон термодинамики в применении к решению одной из технических задач
2	Основные характеристики влажного воздуха.	Определение параметров влажного воздуха
3		Исследование процесса истечения из суживающегося сопла

5.3.2 Лабораторные занятия (4 семестр)

Таблица 5.2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных занятий
1	Термодинамика потока	Определение средней массовой изобарной теплоемкости воздуха.
2		Определение зависимости температуры кипения воды от давления

5.4.1 Практические (семинарские) занятия (3 семестр)

Таблица 6.1

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование практических занятий
1	Введение. Техническая термодинамика как теоретическая основа теплотехники.	Термические параметры состояния
2	Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Энтальпия.	Первый закон термодинамики для тела в объеме
3		Уравнение состояния идеальных газов
4	Газы и газовые смеси	Смеси идеальных газов
5	Теплота и теплоемкость газов.	Теплоемкости газов и газовых смесей
6		Процессы изменения состояния идеальных газов
7	Энтропия. PV- и TS-диаграммы.	Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара
8		h,s- диаграмма водяного пара
9	Водяной пар, основные свойства.	Процессы водяного пара
10	Основные характеристики влажного воздуха.	Термодинамические свойства влажного воздуха
11	Второй закон термодинамики. Круговые процессы	Второй закон термодинамики

5.4.2 Практические (семинарские) занятия (4 семестр)

Таблица 6.2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование практических занятий
1	Термодинамика потока	Скорость звука. Критическая скорость и критические параметры при истечении через сопло.

2	Циклы паротурбинных установок. Энергетический баланс идеальной паротурбинной установки	Энергетический баланс идеальной паротурбинной установки. Влияние начальных параметров и конечного давления на тепловую экономичность ПТУ. Промежуточный перегрев пара и его влияние на экономичность ПТУ.
3	Регенеративные циклы. Особенности циклов атомных электростанций с паровым, газовым и другими рабочими телами	Удельные расходы пара и теплоты в ПТУ. Термодинамические основы теплофикации. Особенности циклов атомных электростанций с паровым, газовым и другими рабочими телами.
4	Циклы двигателей внутреннего сгорания.	Цикл с подводом теплоты при постоянном давлении. Цикл со смешанным подводом теплоты. Оценка термодинамического совершенства циклов ДВС.
5	Циклы газотурбинных установок (ГТУ).	Методы повышения тепловой экономичности ГТУ. Циклы ГТУ с регенерацией. Многоступенчатое сжатие с промежуточным охлаждением и многоступенчатым подводом теплоты в ГТУ.
8	Циклы холодильных установок и тепловых насосов.	Схема, цикл и холодильный коэффициент парокомпрессионной холодильной установки. Схема и принцип работы абсорбционной холодильной установки.
9	Тепловые насосы. Методы ожижения газов	Термодинамическое сравнение эффективности теплового насоса и теплофикации. Методы ожижения газов.

6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине

6.1 Вопросы для самостоятельного изучения (3 семестр)

Таблица 7.1

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения
1	Техническая термодинамика как теоретическая основа теплотехники.
2	Газы и газовые смеси.
3	Теплота и теплоемкость газов.
4	Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия. Энтальпия.
5	Энтропия. PV- и TS-диаграммы.
6	Второе начало термодинамики. Круговые процессы
7	Термодинамические процессы.
8	Водяной пар, основные свойства.
9	Основные характеристики влажного воздуха.

6.2 Вопросы для самостоятельного изучения (4 семестр)

Таблица 7. 2

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения
1	Термодинамика потока
2	Циклы паротурбинных установок. Энергетический баланс идеальной паротурбинной установки.
3	Регенеративные циклы Особенности циклов атомных электростанций с паровым, газовым и другими рабочими телами.
4	Циклы двигателей внутреннего сгорания.
5	Циклы газотурбинных установок (ГТУ).
6	Комбинированные парогазовые циклы (ПГУ)
7	Сравнение паровых и газовых циклов. Повышение КПД теплоэнергетических установок.
8	Циклы холодильных установок и тепловых насосов.
9	Тепловые насосы. Методы ожижения газов

6.3 Тематика рефератов

1. Техническая термодинамика как теоретическая основа систем энергообеспечения (теплотой, электроэнергией и холодом). Понятия о термодинамических системах, параметрах состояния, равновесных и неравновесных процессах.

2. Определение понятий термодинамической системы и окружающей среды. Функции состояния и функции процесса.

3. Уравнение состояния идеальных газов. Термические коэффициенты и соотношение между ними. Первый закон термодинамики как закон сохранения и превращения энергии. Теплота и работа - формы передачи энергии. Принцип эквивалентности тепла и механической работы.

4. Формулировки первого закона термодинамики. Внутренняя энергия и ее свойства. Энтальпии и её свойства.

5. Виды работ термомеханической системы и связь между ними. Первый закон термодинамики для стационарного потока массы.

6. Определение изобарной и изохорной теплоемкостей, вывод уравнения для их соотношения. Определение теплоемкости. Размерность теплоемкостей. Соотношение массовой, мольной и объемной теплоемкостей. Теплоемкость идеальных газов. Уравнение Майера.

7. Молекулярно-кинетическая теория теплоемкости газов. Зависимость теплоемкости идеального газа от температуры. Формула Эйнштейна для расчета колебательных степеней свободы.

8. Внутренняя энергия и энтальпия идеального газа. Таблицы термодинамических свойств идеальных газов. Основные процессы идеальных газов.

9. Вывод соотношений для относительных объемов и давлений для адиабатного процесса с учетом зависимости теплоемкости от температуры.

10. Понятие об обратимых и необратимых процессах. Второе начало термодинамики. Формулировки и аналитическое выражение. Интеграл Клаузиуса.

11. Определение энтропии. Вывод формулы для расчета изменения энтропии в процессах с идеальными газами. КПД прямого цикла Карно и теоретический холодильный коэффициент цикла Карно.

12. Первая и вторая теоремы Карно. Изменение энтропии в необратимых процессах. Энтропийный метод термодинамического анализа для процесса теплообмена в конденсаторе ПТУ.

13. Изменение энтропии в необратимых процессах. Энтропийный метод термодинамического анализа для процессов расширения (в турбине) и сжатия (в компрессоре).

14. T,S - диаграмма и ее свойства. Термодинамические циклы в T,S - диаграмме. Понятие о среднеинтегральной температуре подвода и отвода теплоты.

15. Возрастание энтропии изолированной системы. Свойства энтропии. Аналитическое выражение второго закона термодинамики.

16. Смеси идеальных газов. Основные определения. Способы задания состава смеси. Уравнение состояния Клапейрона-Менделеева для смеси идеальных газов.

17. Расчет термодинамических свойств идеальных газов по свойствам компонентов. Энтропия смеси идеальных газов.

18. Смеси реальных газов. Калорические эффекты смешения. Определение калорических эффектов смешения по объемному эффекту смешения.

19. Фазовое равновесие и фазовые переходы. Агрегатные состояния. Фазовая p,T - диаграмма. Правило фаз Гиббса. Полные TS, PV и PT диаграммы для нормальных веществ.

20. Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса и его следствия. Соотношение между изохорным и изобарным эффектами реакции.

21. Константа равновесия. Закон действующих масс. Принцип Ле Шателье – Брауна. Аналитическое выражение второго начала термодинамики для необратимых химических реакций.

24. Тепловая теорема Нернста. Гипотеза Планка. Третий закон термодинамики и его следствия. Определение значения абсолютной величины энтропии на основе калорических данных.

Задание на РГР

«Утверждаю»
Заведующий кафедрой
«Теплотехника и гидравлика»
_____ Р.А.-В. Турлуев

«___» _____ 202 г.

Задание и исходные данные для курсового проекта по курсу Техническая термодинамика

«Расчет парокомпрессионных холодильных установок»
для студентов специальности ТЭС, ЭОП, ТПП.

Рассчитать цикл парокомпрессорной аммиачной холодильной установки с определением всех параметров холодильного агента в характерных точках цикла и величин, характеризующих работу холодильной установки. Расчет произвести для сухого хода компрессора при температурах аммиака в испарителе t_0 и в конденсаторе t_k . Холодопроизводительность установки Q_0 . Изобразить цикл холодильной установки в координатах lq P-h.

Вариант №	$t_0, ^\circ\text{C}$	$t_k, ^\circ\text{C}$	$Q_0, \text{кВт}$
1	-25	20	100
2	-20	30	50
3	-26	24	10
4	-20	26	90
5	-18	22	40

6	-16	24	18
7	-18	26	80
8	-8	20	30
9	-15	26	16
10	-16	20	70
11	-16	30	20
12	-12	28	34
13	-18	22	60
14	-14	16	10
15	-24	28	42
16	-20	30	100
17	-26	24	75
18	-12	28	50
19	-22	26	25
20	-25	25	90
21	-24	22	80
22	-10	20	40
23	0	28	30
24	-26	18	80
25	-25	23	70
26	--24	16	60
27	-22	28	50
28	-10	27	15
29	-25	20	10
30	-5	25	45

Учебно - методическое обеспечение для самостоятельной работы

1. Кудинов И.В. Теоретические основы теплотехники. Часть I. Термодинамика [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кудинов И.В., Стефанюк Е.В.— Электрон. текстовые данные.— Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 172 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22626.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Цветков О.Б. Термодинамика. Тепломассообмен. Термодинамика и теплопередача. Прикладной тепломассообмен [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Цветков О.Б., Лаптев Ю.А., Ширяев Ю.Н.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2014.— 64 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68191.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Малая Э.М. Техническая теплотехника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Малая Э.М., Голиков Д.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2014.— 90 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/80120.html>.— ЭБС «IPRbooks».
4. Турлуев Р.А-В. Методические указания к выполнению самостоятельной работы. Техническая термодинамика и теплотехника. ГГНТУ- 2014.
5. Турлуев Р.А-В., Мадаева М.З. Методические указания // Термодинамические параметры и процессы идеальных газов. Законы идеальных газов и газовые смеси. ГГНИ - 2005, 44 с.

7. Оценочные средства

7.1 Вопросы к рубежным аттестациям

7.1.1 Вопросы к первой рубежной аттестации (3 семестр)

1. Что такое рабочее тело? Почему в качестве рабочего тела используются вещества в газообразном (парообразном) состоянии?
2. Что такое параметр состояния? Являются ли параметры состояния независимыми величинами?
3. В чем состоит взаимодействие между системой и окружающей средой?
4. Какие процессы называются равновесными и какие неравновесными?
5. Что такое термодинамическая поверхность?
6. Как вычисляются теплота и работа? Функциями чего являются эти величины?
7. Дайте определения энтальпии и внутренней энергии. Функцией чего являются эти величины?
8. Какие термодинамические диаграммы чаще всего применяют на практике и почему?
9. Чему равна площадь под кривой процесса на $p-v$ - диаграмме?
10. Сформулируйте первый закон термодинамики.
11. Какой газ называется идеальным?
12. Что такое нормальные физические условия? Какой объем занимает киломоль любого газа при нормальных физических условиях?
13. В чем сущность молекулярно - кинетической теории теплоемкости? Каковы основные недостатки этой теории?
14. В чем сущность квантовой теории теплоемкости? Какие преимущества имеет эта теория перед молекулярно - кинетической теорией теплоемкости?
15. Какова связь между истинной и средней теплоемкостями? Как вычислить теплоту процесса с помощью каждой из этих теплоемкостей?
16. Какими свойствами обладают теплоемкости идеального газа?
17. Как связаны изобарная и изохорная теплоемкости идеального газа?
18. В какой форме может быть задана зависимость теплоемкости идеального газа от температуры?
19. Какими свойствами обладают внутренняя энергия и энтальпия идеального газа?
20. Какое значение имеет показатель политропы в изобарном, изохорном и изотермическом процессах?
21. Какой процесс называется политропным?
22. Линия какого процесса - адиабатного или изотермического идет круче в координатах p, v ?
23. В каких пределах изменяется теплоемкость политропного процесса?
24. Какими способами может быть задана смесь идеальных газов?
25. Что такое кажущаяся молекулярная масса смеси идеальных газов?
26. Сформулируйте закон Дальтона. В каком случае справедлив этот закон?
27. Что такое парциальное давление и парциальный (приведенный) объем?
28. Как рассчитывается теплоемкость смеси идеальных газов при различных способах задания этой смеси?
29. Получите выражение для определения удельной газовой постоянной смеси идеальных газов.
30. Какой цикл называется прямым и какой обратным?
31. С помощью каких величин определяют степень совершенства прямых и обратных циклов?

32. Из каких процессов состоит цикл Карно?
33. Сформулируйте теорему Карно.
34. Как влияет необратимость на процесс преобразования теплоты в работу?
35. В чем сущность второго закона термодинамики?
36. Приведите различные формулировки второго закона термодинамики.
37. Приведите аналитическое выражение второго закона термодинамики.
38. В чем сущность статистического истолкования второго закона термодинамики?
39. Как связаны энтропия и термодинамическая вероятность состояния?
40. В чем заключается различие между адиабатным и изоэнтальпийным процессами? В каких случаях адиабатный процесс является одновременно и изоэнтальпийным?
41. Как идут линии основных процессов в Ts - диаграмме идеального газа?
42. Приведите формулы для расчета изменения энтропии идеального газа в различных процессах.

Образец билета к первой рубежной аттестации (3 семестр)

	Министерство науки и высшего образования РФ Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова Институт энергетики Кафедра «Теплотехника и гидравлика» Билет №1				
	I рубежная аттестация (3 семестр)				
	Дисциплина: <u>Техническая термодинамика</u>				
1	Выражение объемных долей компонентов смеси.				
2	Понятие термодинамической системы.				
3	Определение газовой постоянной смеси по известным массовым долям.				
	Зав. кафедрой «Т и Г»	Р.А-В. Турлуев	«	»	20 г.

7.1.2 Вопросы ко второй рубежной аттестации (3 семестр)

1. Как строится абсолютная термодинамическая шкала температур?
2. Изобразите изотермы реального вещества в фазовой $p-v$ - диаграмме.
3. В чем заключается принцип соответственных состояний?
4. Что такое критическое состояние вещества?
5. Какие свойства реальных веществ учитываются при выводе уравнения состояния Ван - Дер - Ваальса?
6. В чем сущность теории ассоциации реальных газов?
7. Изобразите изотермы реального газа в $p-v$ - p - диаграмме. Что такое точка и линия Бойля?
8. Сформулируйте условия равновесия при фазовых переходах.
9. Существует ли принципиальное различие между парами и газами?
10. Какой пар называется влажным и сухим насыщенным, какой - перегретым?
11. Чем отличаются фазовые $p-T$ - диаграммы для нормальных и аномальных веществ?
12. Что такое фундаментальная (главная) тройная точка вещества?
13. Чем отличаются процессы испарения и кипения?
14. Что такое степень сухости?

15. Как рассчитываются удельный объем, энтропия и энтальпия влажного насыщенного пара?
16. Изобразите пограничные линии в фазовой T_s - диаграмме.
17. Покажите, что в области перегретого пара изобара на T_s - диаграмме идет круче изохоры.
18. Назовите величины критического давления и критической температуры для воды.
19. Что называется влажным воздухом?
20. При каких условиях влажный воздух можно считать с достаточной степенью точности идеальным газом?
21. Как определяется массовое и мольное влагосодержание влажного воздуха?
22. В каком случае влажный воздух называется насыщенным, а в каком - ненасыщенным?
23. Как определяется энтальпия влажного воздуха?
24. Что такое относительная влажность?
25. Постройте линии $\varphi = \text{const}$; $t = \text{const}$; $h = \text{const}$ в h_d - диаграмме влажного воздуха.
26. Почему в процессе испарения в идеальной сушилке энтальпию влажного воздуха можно считать постоянной?
27. Как определить состояние влажного воздуха с помощью психрометра?
28. Что такое точка росы.

Образец билета ко второй рубежной аттестации (3 семестр)

	Министерство науки и высшего образования РФ Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова Институт энергетики Кафедра «Теплотехника и гидравлика» Билет №1
	II рубежная аттестация (3 семестр)
	Дисциплина: <u>Техническая термодинамика</u>
1	Существует ли принципиальное различие между парами и газами?
2	Чем отличаются фазовые pT - диаграммы для нормальных и аномальных веществ?
3	Как рассчитываются удельный объем, энтропия и энтальпия влажного насыщенного пара?
	Зав. кафедрой «Т и Г» Р.А-В. Турлуев « » 20 г.

Вопросы к экзамену по дисциплине «Техническая термодинамика» (3 семестр)

1. Понятие термодинамической системы (изолированная и неизолированная система).
2. Основные термодинамические параметры состояния (удельный объем, плотность, давление, температура).
3. Термическое уравнение состояния. Уравнение состояния идеальных газов. Уравнение Реальных газов (Ван-дер Ваальса).
4. Смеси идеальных газов. Закон Дальтона. Что называется массовой и объемной долей компонента смеси? Как они выражаются. Закон Амага.
5. Плотность и удельный объем смеси газов. Масса компонентов смеси газов. Кажущаяся

6. Теплоемкость газов. Уравнение. График.
7. Как определить массовую c , объемную c' и мольную μc теплоемкости? Изохорная и изобарная теплоемкости.
8. Уравнение Майера. Теплоемкости смеси газов.
9. Термодинамический процесс. Равновесные и неравновесные процессы. Релаксация.
10. Работа. Работа расширения. Рабочая диаграмма.
11. Первый закон термодинамики. Понятие внутренней энергии. Теплота. Математическое выражение первого закона термодинамики.
12. Второй закон термодинамики. Объяснение второго закона термодинамики на основе принципиальной схемы теплового двигателя. Измерение целевой (полезной) работы в круговом процессе. КПД кругового процесса.
13. Цикл Карно. Термический к.п.д. цикла Карно.
14. Энтальпия. Энтропия газов. T-S диаграмма. Третий закон термодинамики или тепловая теорема Нернста.
15. Эксергия.
16. Термодинамические процессы идеальных газов в закрытых системах. Изохорный процесс (вычисление работы изменения объема газа, количество теплоты, подведенной (или отведенной) к газу в процессе, изменение внутренней энергии системы в процессе).
17. Термодинамические процессы идеальных газов в закрытых системах. Изобарный процесс (вычисление работы изменения объема газа, количество теплоты, подведенной (или отведенной) к газу в процессе, изменение внутренней энергии системы в процессе).
18. Термодинамические процессы идеальных газов в закрытых системах. Изотермический процесс (вычисление работы изменения объема газа, количество теплоты, подведенной (или отведенной) к газу в процессе, изменение внутренней энергии системы в процессе).
19. Термодинамические процессы реальных газов. Свойство водяного пара.
20. Насыщенный и влажный насыщенный водяной пар. Что называется термическим и динамическим равновесием водяного пара. Степень сухости и степень влажности, чем они определяются и как находятся?
21. Влажный пар. Удельный объем влажного пара. Плотность влажного пара.
22. P-V диаграмма водяного пара. Определение параметров воды и пара. Сухой насыщенный пар. Перегретый пар. Характеристическое уравнение для определения $v_{пер}$. Теплота парообразования.
23. Влажный воздух. Определения ненасыщенного влажного воздуха. Точка росы. Влагосодержание, абсолютная и относительная влажность.
24. Уравнение первого закона термодинамики для потока. Основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах. Сопла и диффузоры Уравнение первого закона термодинамики при адиабатном истечении рабочего тела через сопло.
25. Что называется располагаемым теплопадением. Как определить теоретическую скорость истечения рабочего тела через сопло для характерных режимов истечения газа: $\beta > \beta_{кр}$, $\beta = \beta_{кр}$, $\beta < \beta_{кр}$.
26. Какое значение называется критическим $\beta_{кр}$, по какой формуле он находится? Что называется коэффициентом потери энергии (потери теплоперепада)?
27. Что называется Коэффициентом потери скорости? Что называется коэффициентом полезного действия канала?

Образец билета к экзамену по дисциплине (3 семестр)

	Министерство науки и высшего образования РФ Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова Институт энергетики Кафедра «Теплотехника и гидравлика»
--	--

	Билет №1
	Экзамен (3 семестр)
	Дисциплина: <u>Техническая термодинамика</u>
1	Выражение объемных долей компонентов смеси.
2	Какое значение называется критическим $\beta_{кр}$, по какой формуле он находится? Что называется коэффициентом потери энергии (потери теплоперепада)?
3	P-V диаграмма водяного пара. Определение параметров воды и пара. Сухой насыщенный пар. Перегретый пар. Характеристическое уравнение для определения $v_{пер}$. Теплота парообразования.
	Зав. кафедрой «Т и Г» Р.А-В. Турлуев « » 20 г.

Вопросы к первой рубежной аттестации (4 семестр)

1. Получите выражение первого закона термодинамики для потока в термической и механической формах.
2. Что такое работа проталкивания?
3. Запишите уравнение неразрывности потока в дифференциальной форме.
4. Что такое располагаемая работа?
5. Для осуществления каких процессов используют сопла и диффузоры?
6. В каких случаях процесс течения можно считать адиабатным?
7. Почему в сужающемся сопле нельзя превзойти скорость звука?
8. Как связано изменение площади поперечного сечения с изменением скорости и числом Маха?
9. В каких случаях необходимо использовать комбинированное сопло Лавалю?
10. При каких условиях режим течения в сопле Лавалю становится нерасчетным?
11. Как учитывается влияние трения на скорость течения газа или пара?
12. В чем сущность принципа обращения воздействия?
13. Что такое тепловое, механическое и расходное сопла?
14. Какие предпосылки положены в основу идеализации процесса адиабатного дросселирования?
15. На что затрачивается работа расширения при дросселировании?
16. Получите выражение для дифференциального дроссель - эффекта.
17. Изобразите кривую инверсии.
18. Сопоставьте температурный эффект охлаждения при обратимом адиабатном расширении и адиабатном дросселировании.
19. Покажите с помощью h_s - диаграммы, как изменяется состояние водяного пара при дросселировании.
20. Как изменяются параметры идеального газа при дросселировании?
21. Как зависит работа, затрачиваемая на привод компрессора, от показателя политропы сжатия?
22. Изобразите в координатах p, v изотермический, политропный и адиабатный процессы сжатия в компрессоре. В каком из этих процессов работа, затрачиваемая на привод компрессора, будет наименьшей?
23. Что такое объемный КПД компрессора?
24. Как влияет наличие вредного пространства на производительность компрессора?
25. В чем заключаются преимущества многоступенчатого сжатия газа в компрессоре?
26. Как вычисляется необходимое число ступеней сжатия в многоступенчатом

компрессоре?

27. Что такое адиабатный и изотермический КПД компрессора?
28. Изобразите индикаторную диаграмму одноступенчатого поршневого компрессора в координатах p , v и T , s .
29. Каковы особенности работы центробежных и осевых компрессоров?
30. Какие предпосылки положены в основу идеализации циклов поршневых двигателей внутреннего сгорания?
31. Почему в идеальных циклах поршневых двигателей внутреннего сгорания процесс отвода теплоты принимается изохорным?
32. Сравните графически термические КПД идеальных циклов ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме (цикл Отто) и постоянном давлении (цикл Дизеля), если степени сжатия и отведенные количества теплоты у них одинаковы.
33. Как влияет степень сжатия на термический КПД идеального цикла ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме (цикла Отто)?
34. Как влияет степень предварительного расширения на термический КПД идеального цикла ДВС с изобарным подводом теплоты при постоянном давлении (цикла Дизеля)?
35. В чем заключаются преимущества двигателя, работающего по циклу со смешанным подводом теплоты (цикла Тринклера)?
36. Изобразите принципиальную схему ГТУ без регенерации и с регенерацией теплоты.
37. Какими методами можно повысить термический КПД ГТУ?
38. Покажите графически в координатах T , s , что использование регенерации теплоты, ступенчатого сжатия и подвода теплоты приближает термический КПД цикла ГТУ к термическому КПД цикла Карно в том же интервале температур.
39. Почему в идеальных циклах ГТУ и реактивных двигателей отвод теплоты принимается изобарным?
40. Изобразите принципиальную схему и цикл прямоточного и турбореактивного двигателей в координатах p и v .
41. P - V диаграмма водяного пара. Определение параметров воды и пара. Сухой насыщенный пар. Перегретый пар. Характеристическое уравнение для определения $v_{пер}$. Теплота парообразования.

Образец билета к первой рубежной аттестации (4 семестр)

	Министерство науки и высшего образования РФ Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова Институт энергетики Кафедра «Теплотехника и гидравлика» Билет №1			
	I рубежная аттестация (4 семестр)			
	Дисциплина: <u>Техническая термодинамика</u>			
1	Как связано изменение площади поперечного сечения с изменением скорости и числом Маха?			
2	Что такое объемный КПД компрессора?			
3	Как влияет степень предварительного расширения на термический КПД идеального цикла ДВС с изобарным подводом теплоты при постоянном давлении (цикла Дизеля)?			
	Зав. кафедрой «Т и Г»	Р.А-В. Турлуев	« »	20 г.

7.1.4 Вопросы ко второй рубежной аттестации (4 семестр)

1. Почему в паротурбинных установках не используется цикл Карно?
2. Почему основным рабочим телом паротурбинных установок служит водяной пар?
3. Изобразите цикл Ренкина в координатах p, v ; T, s и h, s .
4. Изобразите принципиальную схему паротурбинной установки.
5. При каких условиях можно пренебречь работой, затрачиваемой на привод питательного насоса паротурбинной установки?
6. Как влияют начальные параметры пара на термической КПД цикла Ренкина?
7. Изобразите в координатах h, s условный процесс расширения пара в турбине с учетом потерь на трение.
8. Что такое внутренний относительный КПД турбины?
9. Изобразите в координатах T, s цикл паротурбинной установки с предельной регенерацией.
10. Покажите, что термический КПД регенеративного цикла паротурбинной установки повышается с увеличением числа регенеративных отборов.
11. Составьте уравнение теплового баланса смешивающего регенеративного подогревателя паротурбинной установки с одним регенеративным отбором.
12. Изобразите в координатах T, s идеальный цикл паротурбинной установки с промежуточным перегревом пара.
13. Изобразите в координатах h, s процесс расширения пара в турбине паротурбинной установки с двумя промежуточными перегревами пара. Как сказывается промежуточный перегрев пара на его конечной влажности?
14. В чем заключается сущность комбинированной выработки электроэнергии и теплоты на ТЭЦ?
15. Изобразите принципиальную схему парогазовой установки и ее идеальный цикл в координатах T, s .
16. В чем заключаются преимущества установок с МГД - генератором?
17. Каким образом повышается электропроводность плазмы в канале МГД - генератора?
18. Опишите принцип действия топливного элемента.
19. Что такое холодильный коэффициент и коэффициент трансформации теплоты (отопительный коэффициент)? Как связаны эти величины?
20. Изобразите принципиальную схему воздушной холодильной установки и ее идеальный цикл в координатах p, v и T, s .
21. Каково назначение детандера в воздушной холодильной установке и почему его нельзя заменить дроссельным вентилем?
22. Изобразите схему парокомпрессионной холодильной установки с дроссельным вентилем и ее идеальный цикл в координатах T, s .
23. Какие преимущества имеет парокомпрессионная холодильная установка по сравнению с воздушной?
24. В чем заключается принцип действия теплового насоса?
25. Изобразите принципиальную схему абсорбционной холодильной установки. Как повышается давление хладагента в этой установке?
26. Как влияет переохлаждение хладагента после конденсатора на значение коэффициента трансформации теплоты теплонасосной установки?
27. Какими свойствами должны обладать хладагенты?
28. Опишите основные методы сжижения газов.

Образец билета ко второй рубежной аттестации (4 семестр)

	Министерство науки и высшего образования РФ Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова Институт энергетики Кафедра «Теплотехника и гидравлика» Билет №1
	II рубежная аттестация (4 семестр)
	Дисциплина: <u>Техническая термодинамика</u>
1	Изобразите принципиальную схему воздушной холодильной установки и ее идеальный цикл в координатах p , v и T , s .
2	В чем заключается принцип действия теплового насоса?
3	Покажите, что термический КПД регенеративного цикла паротурбинной установки повышается с увеличением числа регенеративных отборов.
	Зав. кафедрой «Т и Г» _____ Р.А-В. Турлуев « » 20 г.

7.2.2 Вопросы к экзамену по дисциплине «Техническая термодинамика» (4 семестр)

1	Термодинамика потока. Истечение и дросселирование газов и паров.
2	Основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах.
3	Скорость истечения. Скорость звука. Критическая скорость и критические параметры при истечении через сопло.
4	Принципиальная схема и цикл паротурбинной установки (ПТУ) на насыщенном водяном паре (цикл Карно).
5	Практическая целесообразность использования цикла ПТУ на перегретом водяном паре и сжатии рабочего тела в жидкой фазе (цикл Ренкина).
6	Идеальный цикл паротурбинной установки и ее КПД.
7	Энергетический баланс идеальной паротурбинной установки. Влияние начальных параметров и конечного давления на тепловую экономичность ПТУ.
8	Промежуточный перегрев пара и его влияние на экономичность ПТУ.
9	Регенеративные циклы ПТУ при постоянном количестве работающего тела и при отборах пара на регенерацию.
10	КПД регенеративного цикла ПТУ. Удельные расходы пара и теплоты в ПТУ.
11	Термодинамические основы теплофикации.
12	Особенности циклов атомных электростанций с паровым, газовым и другими рабочими телами.
13	Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС).
14	Цикл и индикаторная диаграмма ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме.
15	Цикл с подводом теплоты при постоянном давлении. Цикл со смешанным подводом теплоты.
16	Оценка термодинамического совершенства циклов ДВС.
17	Принципиальная схема и цикл ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении. ГТУ с замкнутым и разомкнутым процессами.
18	КПД идеальной ГТУ. Методы повышения тепловой экономичности ГТУ.
19	Циклы ГТУ с регенерацией.
20	Многоступенчатое сжатие с промежуточным охлаждением и многоступенчатым подводом теплоты в ГТУ.

21	Комбинированные парогазовые циклы (ПГУ). ПГУ с КУ, с ВПГ, с НПП, полузависимые.
22	Сравнение достоинств и недостатков паровых и газовых циклов. Задача повышения КПД теплоэнергетических установок.
23	Обратный цикл Карно. Холодильный коэффициент.
24	Коэффициент трансформации теплоты. Схема и цикл воздушной холодильной установки.
25	Термодинамические свойства рабочих тел парокompрессионных трансформаторов теплоты.
26	Схема, цикл и холодильный коэффициент парокompрессионной холодильной установки.
27	Схема и принцип работы абсорбционной холодильной установки.
28	Принцип действия теплового насоса.
29	Термодинамическое сравнение эффективности теплового насоса и теплофикации. Методы ожижения газов.

Образец экзаменационного билета по дисциплине

	Министерство науки и высшего образования РФ Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова Институт энергетики Кафедра «Теплотехника и гидравлика»	
	Дисциплина	<u>Техническая термодинамика</u> Семестр - 4
	Группа	<u>ТЭС-24, ЭОП-24</u>
	БИЛЕТ № 1	
1.	1. Сравните графически термические КПД идеальных циклов ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме (цикл Отто) и постоянном давлении (цикл Дизеля), если степени сжатия и отведенные количества теплоты у них одинаковы.	
2.	Изобразите принципиальную схему ГТУ без регенерации и с регенерацией теплоты.	
3.	1. Что такое холодильный коэффициент и коэффициент трансформации теплоты (отопительный коэффициент)? Как связаны эти величины?	
Зав. кафедрой «Теплотехника и гидравлика»		
Р.А-В. Турлуев		

7.3 Текущий контроль

Вопросы к лабораторным работам (3 семестр)

Вопросы к лабораторной работе №1:

1. Сформулируйте цель лабораторной работы и поясните, как достигается поставленная цель?
2. Назовите основные узлы экспериментальной установки и укажите их назначение.

3. Какими методами измеряется температура в данной работе?
4. Как измеряется и регулируется расход воздуха в данной работе?
5. На что расходуется мощность, подведенная к компрессору, и как она определяется?

Вопросы к лабораторной работе №2:

1. Сформулируйте цель лабораторной работы и поясните, как достигается поставленная цель?
2. Назовите основные узлы экспериментальной установки и укажите их назначение.
3. Как Вы понимаете такие состояния, как насыщенный и ненасыщенный влажный воздух?
4. Как Вы относитесь к термину «пересыщенный» влажный воздух?
5. Как формулируется и записывается закон парциальных давлений для влажного воздуха?
6. Что называется абсолютной, относительной влажностью и влагосодержанием влажного воздуха?
7. Как выражается и из чего складывается теплосодержание (энтальпия) влажного воздуха?

Вопросы к лабораторной работе №3:

1. Сформулируйте цель лабораторной работы и поясните, как достигается поставленная цель?
2. Назовите основные узлы экспериментальной установки и укажите их назначение.
3. Дайте определение процессов истечения и дросселирования.
4. Напишите уравнение первого закона термодинамики применительно к процессу истечения.
5. Напишите уравнение первого закона термодинамики применительно к процессу дросселирования.
6. Как изменяется скорость истечения через суживающееся сопло при изменении β от 1 до 0 (покажите качественное изменение на графике расхода)?
7. Чем объясняется проявление критического режима при истечении?
8. В чем различие теоретического и действительного процессов истечения?

Вопросы к лабораторным работам (4 семестр)

Вопросы к лабораторной работе №4:

1. Сформулируйте цель лабораторной работы и поясните, как достигается поставленная цель?
2. Назовите основные узлы экспериментальной установки и укажите их назначение.

3. Какие величины следует измерять в данной работе, чтобы вычислить коэффициент теплопроводности?
4. Какова физическая сущность передачи тепла теплопроводностью?
5. Сформулируйте понятия: температурное поле, изотермическая поверхность, градиент температуры, мощность теплового потока, удельный тепловой поток.
6. Покажите на схеме установки, как направлен вектор теплового потока и градиента температуры?

Вопросы к лабораторной работе №5:

1. Сформулируйте цель лабораторной работы и поясните, как она достигается?
2. Назовите основные узлы экспериментальной установки и укажите их назначение.
3. Как определяется средняя температура струны в данной установке?
4. Для чего измеряется барометрическое давление в данной работе?
5. Как определяется количество теплоты, отданное струной окружающему воздуху посредством конвекции?
6. Как определяется количество теплоты, отданное струной окружающему воздуху посредством излучения?
7. Что такое свободная и вынужденная конвекция?
8. Каков физический смысл и размерность коэффициента теплоотдачи?
9. Какие факторы определяют интенсивность конвективного теплообмена?

Вопросы к лабораторной работе №6:

1. Сформулируйте цель лабораторной работы и поясните, как она достигается?
2. Назовите основные узлы экспериментальной установки и укажите их назначение. Какими методами измеряется температура в данной работе?
3. Как измеряется и регулируется расход воздуха в данной работе?
4. По каким признакам можно судить о стационарном режиме теплообмена с окружающей средой?
5. Как осуществляется выбор контрольной оболочки рассматриваемой термодинамической системы?
6. Дайте формулировку и математическое выражение уравнения первого закона термодинамики, используемого для решения задачи данного опыта.
7. Укажите способы определения величин, входящих в уравнение 1-го закона термодинамики, используемого для решения задачи данного опыта, с полным обоснованием используемых расчетных формул.

Вопросы к практическим занятиям (3 семестр)

№ п/п	Вопросы
----------	---------

1	Способы передачи теплоты Основные понятия и определения теории теплообмена. Температурное поле.
2	Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Коэффициент теплопроводности газов и жидкостей.
3	Теплопроводность при стационарных условиях. Теплопроводность однослойной, многослойной, плоской цилиндрической и сферической стенок при граничных условиях 1 рода.
4	Полное термическое сопротивление теплопередачи. Передача теплоты через цилиндрическую стенку.
5	Теплопередача через плоскую, цилиндрическую, сферическую и оребренную стенки. Коэффициент теплопередачи.

Вопросы к практическим занятиям (4 семестр)

№ п/п	Вопросы
1	Пути интенсификации теплопередачи. Интенсификация теплопередачи путем увеличения коэффициента теплопроводности. Теплопроводность в стержне (ребре) постоянного поперечного сечения.
2	Тепловая изоляция. Критический диаметр тепловой изоляции. Выбор эффективной изоляции по её критическому диаметру.
3	Аналитическое описание процесса нестационарной теплопроводности. Определение количества теплоты, отданного пластиной в процессе охлаждения.
4	Особенности передачи теплоты при взаимном контакте двух тел. Контактное термическое сопротивление. Нестационарный процесс теплопроводности. Контактный теплообмен.
5	Основной закон конвективного теплообмена. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи.

7.4. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания.

Таблица 7

Планируемые результаты освоения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения				Наименование оценочного средства
	менее 41 баллов (неудовлетворительно)	41-60 баллов (удовлетворительно)	61-80 баллов (хорошо)	81-100 баллов (отлично)	
ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.					
знать: основные принципы и способы трансформации энергии; ограничения, связанные с трансформацией энергии, первый и второй законы термодинамики; основные термодинамические диаграммы, их свойства, термодинамические процессы и их характеристики; методы анализа термодинамических циклов, методы повышения эффективности технических теплоэнергетических установок.	Фрагментарные знания	Неполные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания	задания для РГР, вопросы к практическим и лабораторным занятиям, темы рефератов, докладов
уметь: использовать основные законы термодинамики при решении технических задач; пользоваться аналитическим методом расчета газовых циклов и рассчитывать их характеристики; пользоваться методом расчета диаграмм пароводяных циклов и циклов холодильных установок и рассчитывать их характеристики.	Частичные умения	Неполные умения	Умения полные, допускаются небольшие ошибки	Сформированные умения	
владеть: навыками в использовании уравнений и справочных баз данных для определения термодинамических свойств рабочих тел и теплоносителей, в термодинамическом анализе процессов и показателей тепловой экономичности ТЭУ.	Частичное владение навыками	Несистематическое применение навыков	В систематическом применении навыков допускаются пробелы знаний	Успешное и систематическое применение навыков	

8. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся созданы фонды оценочных средств, адаптированные для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья и позволяющие оценить достижение ими запланированных в основной образовательной программе результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций, заявленных в образовательной программе. Форма проведения текущей аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.). При тестировании для слабовидящих студентов используются фонды оценочных средств с укрупненным шрифтом. На экзамен приглашается сопровождающий, который обеспечивает техническое сопровождение студенту. При необходимости студенту-инвалиду предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене (или зачете). Обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и обучающиеся инвалиды обеспечиваются печатными и электронными образовательными ресурсами (программы, учебные пособия для самостоятельной работы и т.д.) в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

1) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья **по зрению:**

- **для слепых:** задания для выполнения на семинарах и практических занятиях оформляются рельефно-точечным шрифтом Брайля или в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением для слепых, либо зачитываются ассистентом; письменные задания выполняются на бумаге рельефно-точечным шрифтом Брайля или на компьютере со специализированным программным обеспечением для слепых либо надиктовываются ассистенту; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется комплект письменных принадлежностей и бумага для письма рельефно-точечным шрифтом Брайля, компьютер со специализированным программным обеспечением для слепых;

- **для слабовидящих:** обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств; задания для выполнения заданий оформляются увеличенным шрифтом;

2) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья **по слуху:**

- **для глухих и слабослышащих:** обеспечивается наличие звукоусиливающей

аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающимся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования; предоставляются услуги сурдопереводчика;

- для **слепоглухих** допускается присутствие ассистента, оказывающего услуги тифлосурдопереводчика (помимо требований, выполняемых соответственно для слепых и глухих);

3) для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих лекции и семинары, проводимые в устной форме, проводятся в письменной форме;

4) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, **имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата:**

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата, нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей: письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту; выполнение заданий (тестов, контрольных работ), проводимые в письменной форме, проводятся в устной форме путем опроса, беседы с обучающимся.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература

1.	Техническая термодинамика и теплотехника [Электронный ресурс]/ — Электрон. текстовые данные. Хашченко А.А., Калининченко М.Ю., Вислогузов А.Н. — Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2017.— 107 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/75606.html .— ЭБС «IPRbooks»
2.	Лабораторный практикум по термодинамике [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Богданов С.Н., Клещкий А.В., Митропов В.В., Пятаков Г.Л., Федосеев В.Н., Филаткин В.Н., Цветков О.Б.ред. Цветков О.Б., Митропов В.В. .— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Университет ИТМО, 2016.— 89 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/67246.html .— ЭБС «IPRbooks»
3.	Стоянов Н.И. Теоретические основы теплотехники (техническая термодинамика и тепломассообмен) [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Стоянов Н.И., Смирнов С.С., Смирнова А.В.— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2014.— 226 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/63139.html .— ЭБС «IPRbooks»
4.	Малая Э.М. Техническая теплотехника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Малая Э.М., Голиков Д.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, 2014.— 90 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/80120.html .— ЭБС «IPRbooks»
5.	Андреев В.В. Теплотехника [Электронный ресурс]: учебник/ Андреев В.В., Лебедев В.А., Спесивцев Б.И.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2016.— 288 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/71706.html .— ЭБС «IPRbooks»

**в)
программное и
коммуникационное обеспечение**

6.	Александров А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Александров А.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2011 г.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/55891.html .— ЭБС «IPRbooks»
----	--

1. Электронный конспект лекций и электронно-обучающий комплекс по дисциплине «Техническая термодинамика и теплотехника».
2. Тесты для компьютерного тестирования студентов.

Интернет ресурс - www.gstou.ru электронная библиотека ЭБС «IPRbooks», «Консультант студента», «ibooks»

9.2 Методические указания по освоению дисциплины (Приложение)

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- 1 Класс с персональными компьютерами для проведения практических занятий и виртуальных лабораторных работ.
2. Лаборатории теплотехники и теплоэнергетики

11. Дополнения и изменения в рабочей программе на учебный год

Дополнения и изменения в рабочие программы вносятся ежегодно перед началом нового учебного года по форме. Изменения должны оформляться документально и вносятся во все учтенные экземпляры.

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

Техническая термодинамика (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	Виртуальный учебный комплекс «Тепловые электростанции»
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	Техническая термодинамика (16 шт.)
5.2	«Тепломассообмен» 16 шт.
6	Электронные плакаты Демонстрационные комплексы на базе мультимедиа-проектора (комплект электронных плакатов на CD, мультимедиа-проектор BENQ, ноутбук, экран 1,5х1,5 м):
а.	Техническая термодинамика (86 шт.)
б.	Тепломассообмен(122 шт.)
	Презентации:
1	Теплопередача
2	Тепловые и атомные электростанции

3	Двигатели внутреннего сгорания
4	Физико-химические основы современной энергетики
5	Энергосбережение и ее роль в жизни общества (52 слайдов);
6	Мероприятия по энергоэффективности и энергосбережению (20 слайдов);
7	Особенности реализации программ энергосбережения и энергетической эффективности для бюджетных организаций (9 слайдов);
8	Энергобалансы ТЭР их состояние и классификация (11 слайдов);
9	Расчетный анализ энергетических потоков и балансов (11 слайдов)

Приложение

Методические указания по освоению дисциплины

«Техническая термодинамика»

1. Методические указания для обучающихся по планированию и организации времени, необходимого для освоения дисциплины.

Изучение рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой дисциплины, ее структурой и содержанием разделов (модулей), фондом оценочных средств, ознакомиться с учебно-методическим и информационным обеспечением дисциплины.

Дисциплина «Техническая термодинамика» состоит из 18 связанных между собой тем, обеспечивающих последовательное изучение материала.

Обучение по дисциплине «Техническая термодинамика» осуществляется в следующих формах:

1. Аудиторные занятия (лекции, практические/семинарские занятия).
2. Самостоятельная работа студента (подготовка к лекциям, практическим/практическим занятиям, тестам/рефератам/докладам/эссе, и иным формам письменных работ, выполнение анализа кейсов, индивидуальная консультация с преподавателем).
3. Интерактивные формы проведения занятий (коллоквиум, лекция-дискуссия, групповое решение кейса и др. формы).

Учебный материал структурирован и изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Каждому практическому/ семинарскому занятию и самостоятельному изучению материала предшествует лекция по данной теме. Обучающиеся самостоятельно проводят предварительную подготовку к занятию, принимают активное и творческое участие в обсуждении теоретических вопросов, разборе проблемных ситуаций и поисков путей их решения. Многие проблемы, изучаемые в курсе, носят дискуссионный характер, что предполагает интерактивный характер проведения занятий на конкретных примерах.

Описание последовательности действий обучающегося:

При изучении курса следует внимательно слушать и конспектировать материал, излагаемый на аудиторных занятиях. Для его понимания и качественного усвоения рекомендуется следующая последовательность действий:

1. После окончания учебных занятий для закрепления материала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня, разобрать рассмотренные примеры (10 – 15 минут).
2. При подготовке к лекции следующего дня повторить текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть следующая тема (10 - 15 минут).
3. В течение недели выбрать время для работы с литературой в библиотеке (по 1 часу).
4. При подготовке к практическому/ семинарскому занятию повторить основные понятия по теме, изучить примеры. Решая конкретную ситуацию, - предварительно понять, какой

теоретический материал нужно использовать. Наметить план решения, попробовать на его основе решить 1 - 2 практические ситуации (лаб. работы).

2. Методические указания по работе обучающихся во время проведения лекций.

Лекции дают обучающимся систематизированные знания по дисциплине, концентрируют их внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Лекции обычно излагаются в традиционном или в проблемном стиле. Для студентов в большинстве случаев в проблемном стиле. Проблемный стиль позволяет стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся и их интерес к дисциплине, формировать творческое мышление, прибегать к противопоставлениям и сравнениям, делать обобщения, активизировать внимание обучающихся путем постановки проблемных вопросов, поощрять дискуссию.

Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть того или иного явления, или процессов, выводы и практические рекомендации.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает преподаватель, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями

«важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения.

Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста.

Работая над конспектом лекций, необходимо использовать не только основную литературу, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал преподаватель. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

Тематика лекций дается в рабочей программе дисциплины.

3. Методические указания обучающимся по подготовке к практическим/семинарским занятиям.

На практических/семинарских занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике семинарских занятий.

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к семинарскому занятию:

1. Ознакомление с планом практического/семинарского занятия, который отражает содержание предложенной темы;
2. Проработать конспект лекций;
3. Прочитать основную и дополнительную литературу.

В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов отношение к конкретной проблеме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса;

4. Ответить на вопросы плана практического/семинарского занятия;
5. Выполнить домашнее задание;
6. Проработать тестовые задания и задачи;
7. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы практикума, выступать и участвовать в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильно выполнять практические задания и иные задания, которые даются в фонде оценочных средств дисциплины.

3. Методические указания обучающимся по организации самостоятельной работы.

Цель организации самостоятельной работы по дисциплине «Техническая термодинамика» - это углубление и расширение знаний в области основных законов термодинамики; формирование навыка и интереса к самостоятельной познавательной деятельности.

Самостоятельная работа обучающихся является важнейшим видом освоения содержания дисциплины, подготовки к практическим занятиям и к контрольной работе. Сюда же относятся и самостоятельное углубленное изучение тем дисциплины. Самостоятельная работа представляет собой постоянно действующую систему, основу образовательного процесса и носит исследовательский характер, что послужит в будущем основанием для написания выпускной квалификационной работы, практического применения полученных знаний.

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению, с учетом потребностей и возможностей личности.

Правильная организация самостоятельных учебных занятий, их систематичность, целесообразное планирование рабочего времени позволяет студентам развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

Подготовка к практическому занятию включает, кроме проработки конспекта и презентации лекции, поиск литературы (по рекомендованным спискам и самостоятельно), подготовку заготовок для выступлений по вопросам, выносимым для обсуждения по конкретной теме. Такие заготовки могут включать цитаты, факты, сопоставление различных позиций, собственные мысли. Если проблема заинтересовала обучающегося, он может подготовить реферат и выступить с ним на практическом занятии. Практическое занятие - это, прежде всего, дискуссия, обсуждение конкретной ситуации, то есть предполагает умение внимательно слушать членов малой группы и модератора, а также стараться высказать свое мнение, высказывать собственные идеи и предложения, уточнять и задавать вопросы коллегам по обсуждению.

При подготовке к контрольной работе обучающийся должен повторять пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой, используя конспект лекций и литературу, рекомендованную преподавателем. При необходимости можно обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий - на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и

практических задач.

Виды СРС и критерии оценок

(по балльно-рейтинговой системе ГГНТУ, СРС оценивается в 15 баллов)

1. Реферат
2. Доклад
3. Эссе
4. Участие в мероприятиях

Темы для самостоятельной работы прописаны в рабочей программе дисциплины. Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

Составитель:

Доцент кафедры
«Теплотехника и гидравлика»

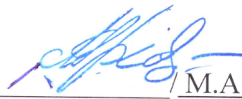
 / Р.А-В Турлуев /

СОГЛАСОВАНО:

Зав. выпускающей каф.
«Теплотехника и гидравлика»

 / Р.А-В. Турлуев /

Директор ДУМР

 / М.А. Магомаева /