

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Иванова Анна Сергеевна

Должность: Ректор

Дата подписания: 23.11.2023 00:25:51

Уникальный программный ключ:

236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4304cc

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



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**«Техническая термодинамика и теплотехника»**

**Направления подготовки**

18.03.01 Химическая технология

**Профиль**

**«Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»**

**Квалификация**

Бакалавр

Грозный – 2019

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Целью преподавания дисциплины «Техническая термодинамика и теплотехника» является освоение основных законов термодинамики, изучение термодинамических процессов обратимых и необратимых стационарных и нестационарных. Основные термодинамические процессы в идеальных газах. Освоение основных закономерностей течения газа в соплах и диффузорах. Изучение термодинамических циклов различных процессов и систем принципов действия и конструктивных особенностей тепло- и парогенераторов, трансформаторов теплоты, холодильников и холодильных машин, теплообменных аппаратов и устройств, тепломассообменных процессов происходящих в различного рода тепловых установок и отдельных химических реакторах. Освоение основных законов теплофизики и теплотехники, методов получения, преобразования, передачи и использования теплоты, принципов действия и конструктивных особенностей тепло- и парогенераторов, трансформаторов теплоты, холодильников и холодильных машин, теплообменных аппаратов и устройств, тепломассообменных процессов происходящих в различного рода тепловых установок, отдельных зданиях и сооружениях. Ознакомление студентов с основными проблемами теплотехники и тепломассообмена, с теплофизическими процессами и подготовить студентов к изучению спецкурсов, расчету проектов и выполнению индивидуального практикума.

**Задачей изучения** курса является подготовка высококвалифицированного специалиста, владеющего навыками грамотного руководства проектированием и эксплуатацией современного производства, строительства зданий и сооружений представляющего собой совокупность технологических и тепловых процессов и соответствующего технологического и теплоэнергетического оборудования. В задачи изучения дисциплины входит также: овладение студентами аналитических методов решения задач теплопроводности при различных граничных условиях, теорией подобия и ее использованием для описания процессов конвективного теплопереноса, методами расчета сложного теплообмена, в том числе при изменении агрегатного состояния вещества; ознакомление с устройством и процессами, происходящими в сверхтеплопроводных теплопередающих устройствах - тепловых трубах, теплообменными аппаратами, их расчетом, теплообменом в различного рода реакторах. В лекционном курсе, на практических занятиях и лабораторном практикуме много внимания уделяется физическим аспектам теории теплообмена, рассматриваются важные и интересные прикладные теплофизические задачи.

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Учебная дисциплина «Техническая термодинамика и теплотехника» относится к базовой части математического и естественнонаучного цикла в учебном плане ОП направления 18.03.01 «Химическая технология» и предусмотрена для изучения в пятом семестре. В теоретико-методологическом и практическом направлении она тесно связана со следующими дисциплинами учебного плана: общая химическая технология, процессы и аппараты химических производств, химическая технология топлива и газа, нефтехимический синтез.

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие общекультурные и профессиональные компетенции:

- способностью проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта (ПК-7);
- способностью анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования (ПК-9);
- использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления (ПК-19).

**В результате освоения дисциплины студент должен**

**знать:**

- основные законы и расчетные соотношения термодинамики и теплопередачи;
- назначение, составы и свойства рабочих тел тепловых двигателей и холодильных машин;
- основы определения термодинамических и теплофизических свойств газов, жидкостей и твердых тел ;
- принципы работы теплоэнергетических и теплообменных установок;
- особенности тепловых процессов энерготехнологического оборудования.
- принципы работы теплоэнергетических и теплообменных установок;
- основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах ;
- особенности тепловых процессов энерготехнологического и оборудования.

**уметь:**

- рассчитывать и анализировать термодинамические процессы в энерготехнологическом оборудовании;
- рассчитывать и анализировать температурные режимы систем и оборудования переработки углеводородов;
- уметь пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и таблицами теплофизических свойств веществ и газов проводить термодинамический анализ процессов;
- определять эксергию потока рабочего тела ;
- определять термодинамическую эффективность циклов теплосиловых установок;
- проводить термодинамические расчеты рабочих процессов в теплосиловых установках и других теплотехнических устройствах, применяемых в отрасли ;
- рассчитывать и выбирать рациональные системы теплоснабжения, преобразования и использования энергии, рациональные системы охлаждения и термостатирования оборудования, применяемого в отрасли ;
- обрабатывать результаты измерения и производить расчеты процессов теплообмена;
- - применять уравнения теплового расчета теплообменных аппаратов .

**владеть:**

- навыками работы с основными российскими и зарубежными приборами для определения термодинамических и теплофизических свойств газов, жидкостей и твердых тел;
- методиками составления энергетических и тепловых балансов энерготехнологических процессов в нефтегазовой отрасли ;
- методами расчета тепловых режимов систем и оборудования ;
- методами составления энергетических, эксергетических и тепловых балансов;
- аналитической теорией теплопроводности ;
- методами расчета процессов теплопередачи и теплоотдачи ;
- условиями однозначности или краевыми условиями процесса теплопроводности.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов/зач.ед.		Семестры	
				5	5
		ОФО	ОЗФО	ОФО	ОЗФО
<b>Контактная работа (всего)</b>		<b>34/0,94</b>	<b>34/0,94</b>	<b>34/0,94</b>	<b>34/0,94</b>
В том числе:					
Лекции		17/0,47	17/0,47	17/0,47	17/0,47
Практические занятия					
Семинары					
Лабораторные работы		17/0,47	17/0,47	17/0,47	17/0,47
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>		<b>74/2,05</b>	<b>74/2,05</b>	<b>74/2,05</b>	<b>74/2,05</b>
В том числе:					
Курсовая работа (проект)					
Расчетно-графические работы					
ИТР					
Рефераты		18/0,5	18/0,5	18/0,5	18/0,5
Доклады					
<i>И(или) другие виды самостоятельной работы:</i>					
Подготовка к лабораторным работам		20/0,55	20/0,55	20/0,55	20/0,55
Подготовка к практическим занятиям					
Подготовка к зачету, экзамену		36/1,0	36/1,0	36/1,0	36/1,0
<b>Вид отчетности</b>		<b>Экзамен</b>	<b>Экзамен</b>	<b>Экзамен</b>	<b>Экзамен</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>Всего в часах</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
	<b>Всего в зач. единицах</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1 Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины по семестрам	Часы лекционных занятий	Часы лабораторных занятий	Часы практических (семинарских) занятий	Часы самост. работы	Всего часов
1	Основные понятия и положения термодинамики. Теплота и теплоёмкость газа. Внутренняя энергия. Работа.	1				1
2	Первый закон термодинамики. Энтальпия. Энтропия.	1	2			3
3	Второй закон термодинамики. Круговые процессы.	1				1
4	Термодинамические процессы идеальных газов в закрытых системах	1				1
5	Дифференциальные уравнения термодинамики.	1	1			2
6	Термодинамические процессы в реальных газах и парах. Свойства реальных газов.	1	2			3
7	Термодинамика потока. Истечение и дросселирование газов и паров.	1				1
8	Холодильные машины и компрессора. Циклы теплосиловых установок.	1	2			3
9	Теплообмен.	1	2			3
10	Теплопроводность.	1				1
11	Контактный теплообмен.	1	2			3
12	Конвективный теплообмен	1	2			3
13	Теплоотдача.	1	2			3
14	Теплопередача. Сложный теплообмен. Массообмен.	1	2			3
15	Основы теплового расчета теплообменных аппаратов.	1				1
16	Теплоэнергетические установки и промышленная энергетика.	1				1

17	Котельные установки. Паровые и газовые турбины. Применение теплоты в строительной отрасли. Основы энерготехнологии.	1				1
<b>ИТОГО:</b>		<b>17</b>	<b>17</b>			<b>34</b>

## 5.2 Лекционные занятия

Таблица 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	2	3
1	Основные понятия и положения термодинамики.	Предмет технической термодинамики. Понятие рабочего тела. Величины, определяющие состояние газов их основные параметры. Термодинамическая система и термодинамические параметры состояния. Теплота и работа как формы передачи энергии. Идеальные газы и их основные законы. Основное уравнение кинетической теории газов. Законы Бойля – Мариотта, Гей-Люссака, Шарля. Смеси идеальных газов.
2	Теплота и теплоёмкость газа. Внутренняя энергия. Работа.	Теплота и теплоёмкость газа при постоянном объёме и постоянном давлении. Зависимости теплоёмкости от температуры. Теплоёмкость газовых смесей. Определение внутренней энергии. Работа расширения.
3	Первый закон термодинамики. Энтальпия. Энтропия.	Сущность первого закона термодинамики и его аналитическое выражение. Энтальпия. Энтропия. PV- и TS-диаграммы.
4	Второй закон термодинамики. Круговые процессы.	Изменение состояния газов. Сущность второго закона термодинамики. Термодинамические циклы тепловых машин. Цикл Карно. Регенеративный цикл. Эксергия.
5	Термодинамические процессы идеальных газов в закрытых системах	Основные термодинамические процессы в газах парах и смесях. Общие методы исследования. Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный процессы.
6	Дифференциальные уравнения термодинамики.	Дифференциальные уравнения внутренней энергии, энтропии, энтальпии и теплоты при различных комбинациях независимых переменных P, V, T. Дифференциальные уравнения теплоемкости рабочих тел.
7	Термодинамические процессы в реальных газах и парах. Свойства реальных газов.	Пары, основные определения. Водяной пар. Процессы парообразования в PV- и TS- диаграммах. Основные характеристики влажного воздуха. Понятие об уравнение Вулкаловича-Новикова и Боголюбова-Майера. Влагосодержание, абсолютная и относительная влажность. H-d диаграмма влажного воздуха.

8	Термодинамика потока. Истечение и дросселирование газов и паров.	Уравнение первого закона термодинамики для потока. Расчет процесса истечения водяного пара с помощью h-s диаграмм. Действительный процесс истечения газов и паров. Основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах. Дросселирование газов и паров. Понятие об эффекте Джоуля-Томсона. Термодинамический анализ процессов в компрессорах классификация и принцип действия компрессоров. Эксергия потока рабочего тела.
1	2	3
9	Холодильные машины и компрессора. Циклы теплосиловых установок.	Термодинамическая эффективность циклов. Идеальные циклы. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Сравнительный анализ термодинамических циклов. Циклы газотурбинных и паротурбинных установок. Циклы Карно и Ренкина для насыщенного пара Регенеративные циклы. Холодильные и криогенные установки. Трансформаторы теплоты. Циклы холодильных установок и термотрансформаторов. Классификация холодильных установок.
10	Теплообмен.	Способы передачи теплоты Основные понятия и определения теории теплообмена. Способы передачи теплоты. Сложный теплообмен. Качественные характеристики переноса теплоты.
11	Теплопроводность.	Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Теплопроводность однослойной, многослойной, плоской цилиндрической и сферической стенок при пограничных условиях 1 рода Охлаждение, нагревание неограниченной пластины, цилиндра и шара при граничных условиях 1,2,3 рода.
12	Контактный теплообмен.	Особенности передачи теплоты при взаимном контакте двух тел. Контактное термическое сопротивление. Нестационарный процесс теплопроводности.
13	Конвективный теплообмен	Основной закон конвективного теплообмена. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Дифференциальные уравнения теплообмена: Навье-Стокса - уравнение движения вязкой жидкости, Фурье – Кирхгоффа-уравнение теплопроводности для потока движущейся жидкости. Основы теории подобия. Основы теории подобия. Понятие о методе анализа размерностей теории подобия. Критериальные уравнения. Физический смысл основных критериев подобия.

14	Теплоотдача.	Теплоотдача при вынужденном движении жидкости. Коэффициенты теплоотдачи. Теплоотдача при естественной конвекции. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния вещества. Теплообмен при конденсации паров. Тепловой поток. Плотность теплового потока. Теплообмен излучением. Тепловой баланс лучистого теплообмена. Закон Стефана-Больцмана. Абсолютно черное тело. Теплообмен излучением системы тел в абсолютно прозрачной среде.
15	Теплопередача. Сложный теплообмен. Массообмен.	Теплопередача между двумя жидкостями через разделяющую их стенку. Теплопередача через плоскую, цилиндрическую, сферическую и оребренную стенки. Коэффициент теплопередачи. Тепловая изоляция. Основы массообмена
1	2	3
16	Основы теплового расчета теплообменных аппаратов.	Типы теплообменных аппаратов. Расчетные уравнения. Виды теплового расчета.
17	Теплоэнергетические установки и промышленная энергетика.	Виды сжигаемого топлива и его характеристики. Твердое жидкое и газообразное топливо. Элементарный состав топлива. Теплота сгорания. Условное топливо. Приведенные характеристики. Классификация топлив. Проблемы экономики.
18	Котельные установки. Паровые и газовые турбины. Применение теплоты в строительной отрасли. Основы энерготехнологии.	Паровой котел и его основные элементы. Поверхность нагрева парового котла. Тепловой баланс котла. КПД котла. Технологическая схема котельной установки. Применение теплоты в отрасли. Возобновляемые и невозобновляемые источники энергии. Основы энергосбережения. Вторичные энергетические ресурсы. Основы энерготехнологий.

**Лекционные занятия** проводятся в форме лекций с использованием демонстрационных слайдов, презентаций и видеороликов, применяются информационные технологии. Проводится демонстрация конструкций элементов систем, схем. Перечень демонстрируемого материала и сами материалы представлены в ФОСах. Предусматривается самостоятельное выполнение отдельных иллюстраций в раздаточном материале.

### 5.3 Лабораторные занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	Первый закон термодинамики. Энтальпия. Энтропия.	Первый закон термодинамики в применении к решению одной из технических задач
2	Термодинамические	Определение параметров влажного воздуха



3	процессы в реальных газах и парах. Свойства реальных газов.	Исследование процесса истечения из суживающегося сопла
4	Теплопроводность.	Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала (метод цилиндрического слоя)
5	Конвективный теплообмен	Определение коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции (метод струны)
6	Теплоотдача.	Исследование процессов теплообмена на горизонтальном трубопроводе

## 5.4 Практические (семинарские) занятия не предусмотрены.

### 6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине

Одним из самых доступных и проверенных практикой путей повышения эффективности учебного занятия, активизация студентов является соответствующая организация и управление самостоятельной учебной работой. Она занимает исключительное место, потому что студенты приобретают знания только в процессе личной самостоятельной учебной деятельности.

Для текущего контроля в течение семестра предусматривается:

- оценка результатов выполнения и защиты индивидуальных расчетных заданий и лабораторных работ;
- контрольные работы по материалам лекций и практических занятий с целью проведения рейтинговой аттестации в конце каждого месяца.

В конце семестра студент должен набрать минимум баллов, необходимый для допуска к сдаче экзамена (зачета). Итоговая оценка в каждом семестре выводится с учетом количества баллов, набранных в ходе текущей работы.

**Самостоятельная работа** включает подготовку к практическим занятиям, контрольным работам, выполнение расчетного задания ИТР, РГР в письменной форме, подготовку к зачету или экзамену. Самостоятельная работа выполняется также в виде реферата, доклада или презентации студентом по ниже представленным темам. Впоследствии студенты представляют для защиты свои работы, в процессе оценивания происходит обсуждение работы, а также блиц опрос студента. При этом исполнитель может выбрать тему из предложенной тематики. В отдельных случаях тема может быть избрана студентом вне тематического списка рефератов.

При подготовке реферата студенту предварительно следует подобрать различные литературные, периодические, нормативные и другие источники и материалы, систематизируя и обобщая при этом нужную информацию по теме.

#### 6.1 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.

22. Химическое равновесие и закон действующих масс. Выражение зависимости константы равновесия от температуры. Вывод уравнения Вант-Гоффа.

23. Определение теплового эффекта химической реакции при условиях, отличающихся от стандартных.

24. Характеристические функции для закрытой термодинамической системы и вывод соотношений Максвелла.

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

26. Регенеративные циклы ПТУ при постоянном количестве работающего тела и при отборах пара на регенерацию.

27. Удельные расходы пара и теплоты в ПТУ.

28. Термодинамические основы теплофикации.

29. Особенности циклов атомных электростанций с паровым, газовым и другими рабочими телами.

30. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС).

31. Оценка термодинамического совершенства циклов ДВС.

32. Методы повышения тепловой экономичности ГТУ.

33. Циклы ГТУ с регенерацией.

34. Комбинированные парогазовые циклы (ПГУ). ПГУ с КУ, с ВПГ, с НПГ, полузависимые.
35. Обратный цикл Карно. Холодильный коэффициент.
36. Коэффициент трансформации теплоты. Схема и цикл воздушной холодильной установки.
37. Температурное поле. Изотермическая поверхность.
38. Теплопроводность при стационарных условиях.
39. Тепловая проводимость стенки. Тепловое термическое сопротивление.
40. Передача теплоты через шаровую стенку.

## **6.2 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»
1. 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»
2. 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».
3. Турлуев Р.А-В. Методические указания к выполнению самостоятельной работы. Техническая термодинамика и теплотехника. ГГНТУ- 2014.

## **7. Оценочные средства**

### **7.1 Вопросы к первой рубежной аттестации**

1. Цели и задачи термодинамики. Понятие термодинамической системы.
2. Изолированная и неизолированная термодинамические системы. Равновесные и неравновесные системы.
3. Термодинамические параметры состояния. Удельный объем, плотность, давление, температура (абсолютная термодинамическая шкала температур (Кельвина, Цельсия).
4. Уравнение состояния. Уравнение состояния идеальных газов.
5. Законы идеальных газов (Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля). Объединенное уравнение Менделеева-Клапейрона.
6. Уравнение состояния реальных газов.
7. Смеси идеальных газов. Давление смеси газов.
8. Состав смеси газов. Выражение массовых долей компонента.
9. Выражение объемных долей компонентов смеси. Парциальный объем смеси. Закон Амага. Определение удельного объема смеси.
10. Определение газовой постоянной смеси по известным массовым долям. Кажущаяся молекулярная масса смеси газов.
11. Газовая постоянная. Формулы определения.
12. Теплоемкость газов. Зависимость теплоемкости от температуры.
13. Массовая, мольная и объемная теплоемкости. Уравнение Майера.
14. Термодинамический процесс. Понятие релаксации.
15. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия системы.
16. Обратимые и необратимые процессы. Работа.
17. Аналитическое выражение первого закона термодинамики.

18. Второй закон термодинамики.
19. Цикл Карно. Термический КПД.
20. Термодинамические процессы идеальных газов (изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный) метод исследования процессов.

### **Примерный билет к первой рубежной аттестации**

ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА М.Д. МИЛЛИОНЩИКОВА КАФЕДРА "ТЕПЛОТЕХНИКА И ГИДРАВЛИКА"	
Дисциплина	<b><u>Техническая термодинамика и теплотехника</u></b>
Группа	<b>НТ -15, НТС-15</b>
<b>Карточка № 1</b>	
Газовая постоянная. Формулы определения.	
Теплоемкость газов. Зависимость теплоемкости от температуры.	
Массовая, мольная и объемная теплоемкости. Уравнение Майера.	
Зав. кафедрой «Т и Г», доцент	Р.А-В. Турлуев
20.06.19	

### **7.2. Вопросы ко второй рубежной аттестации**

20. Термодинамические процессы реальных газов. Пар и его свойства.
21. Основные понятия процесса парообразования. Насыщенный водяной пар, перегретый пар (степень сухости и степень влажности пара).
22. Определение параметров воды и пара. PV-диаграмма водяного пара.
23. Термические процессы идеальных газов в закрытых системах. Изобарный, изохорный, адиабатный, изотермический процессы (работа расширения процесса, изменение энтропии).
24. Энтропия. PV- и TS- диаграммы.
25. Влажный воздух. Влагосодержание, абсолютная и относительная влажность. Свойства влажного воздуха.
26. Способы передачи теплоты (теплопроводность, конвекция, излучение).
27. Температурное поле, изотермическая поверхность, средний и истинный градиент температур.
28. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности, плотность теплового потока, количество теплоты.
29. Коэффициент теплопроводности, его характеристика.
30. Перенос теплоты теплопроводностью при стационарном режиме. Однородная плоская стенка.
31. Перенос теплоты теплопроводностью при стационарном режиме. Многослойная стенка.
32. Действительный процесс истечения газов и паров. Основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах. Дросселирование газов и паров.
33. Трансформаторы теплоты. Циклы холодильных установок и термотрансформаторов.
34. Основы теории подобия. Основы теории подобия. Понятие о методе анализа размерностей теории подобия. Критериальные уравнения. Физический смысл основных критериев подобия.
35. Теплообмен излучением. Тепловой баланс лучистого теплообмена. Закон Стефана-Больцмана. Абсолютно черное тело.
36. Теплообмен излучением системы тел в абсолютно прозрачной среде.

37. Коэффициент теплопередачи. Тепловая изоляция. Типы теплообменных аппаратов, кипятильников и подогревателей.
38. Механизм процессов горения. Общие принципы расчета процессов горения. Теплота сгорания. Условное топливо. Приведенные характеристики. Классификация топлив.
39. Возобновляемые и невозобновляемые источники энергии. Основы энергосбережения. Вторичные энергетические ресурсы.
40. Котельные установки. Паровые и газовые турбины.
41. Теплообменные аппараты. Регенеративные и смешительные теплообменники. Показатели эффективности: КПД, интенсивность теплообмена, отношение расходных теплоемкостей, коэффициент трансформации теплоты.
42. Холодильные и теплонасосные установки.

**Примерный билет ко второй рубежной аттестации**

ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА М.Д. МИЛЛИОНЩИКОВА КАФЕДРА "ТЕПЛОТЕХНИКА И ГИДРАВЛИКА"	
Дисциплина	<b><u>Техническая термодинамика и теплотехника</u></b>
Группа	<b>НТ -15, НТС-15</b>
<b>Карточка № 1</b>	
Циклы холодильных установок и термотрансформаторов.	
Определение основных размеров охлаждаемых помещений холодильника.	
Промерзание грунта под холодильником. Влияние характеристики грунта на выбор строительной изоляционной конструкции пола холодильника. Способы обогрева пола.	
Зав. кафедрой «Т и Г», доцент	Р.А-В. Турлуев
20.06.19	

**7.3. Вопросы к экзамену по дисциплине «Техническая термодинамика и теплотехника»**

1.	Цели и задачи термодинамики. Понятие термодинамической системы.	ПК-7
2.	Изолированная и неизолированная термодинамические системы. Равновесные и неравновесные системы.	
3.	Термодинамические параметры состояния. Удельный объем, плотность, давление, температура (абсолютная термодинамическая шкала температур (Кельвина, Цельсия).	
4.	Уравнение состояния. Уравнение состояния идеальных газов.	
5.	Законы идеальных газов (Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля). Объединенное уравнение Менделеева-Клапейрона.	ПК-9

6.	Уравнение состояния реальных газов.	
7.	Смеси идеальных газов. Давление смеси газов.	
8.	Состав смеси газов. Выражение массовых долей компонента.	
9.	Выражение объемных долей компонентов смеси. Парциальный объем смеси. Закон Амага. Определение удельного объема смеси.	
10.	Определение газовой постоянной смеси по известным массовым долям. Кажущаяся молекулярная масса смеси газов.	
11.	Газовая постоянная. Формулы определения.	ПК-9
12.	Теплоемкость газов. Зависимость теплоемкости от температуры.	
13.	Массовая, мольная и объемная теплоемкости. Уравнение Майера.	
14.	Термодинамический процесс. Понятие релаксации.	
15.	Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия системы.	
16.	Обратимые и необратимые процессы. Работа.	
17.	Аналитическое выражение первого закона термодинамики.	
18.	Второй закон термодинамики.	
19.	Цикл Карно. Термический КПД.	
20.	Термодинамические процессы идеальных газов (изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный) метод исследования процессов.	
21.	Термодинамические процессы реальных газов. Пар и его свойства. Основные понятия процесса парообразования. Насыщенный водяной пар, перегретый пар (степень сухости и степень влажности пара).	
22.	Определение параметров воды и пара. PV-диаграмма водяного пара.	
23.	Термические процессы идеальных газов в закрытых системах. Изобарный, изохорный, адиабатный, изотермический процессы (работа расширения процесса, изменение энтропии).	ПК-19
24.	Энтропия. PV- и TS- диаграммы.	
25.	Влажный воздух. Влагосодержание, абсолютная и относительная влажность. Свойства влажного воздуха.	
26.	Способы передачи теплоты (теплопроводность, конвекция, излучение).	
27.	Температурное поле, изотермическая поверхность, средний и истинный градиент температур.	ПК-7
28.	Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности, плотность теплового потока, количество теплоты.	
29.	Коэффициент теплопроводности, его характеристика.	
30.	Перенос теплоты теплопроводностью при стационарном режиме. Однородная плоская стенка.	
31.	Перенос теплоты теплопроводностью при стационарном режиме. Многослойная стенка.	
32.	Действительный процесс истечения газов и паров. Основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах. Дросселирование газов и паров.	
33.	Трансформаторы теплоты. Циклы холодильных установок и термотрансформаторов.	ПК=7
34.	Основы теории подобия. Основы теории подобия. Понятие о методе анализа размерностей теории подобия. Критериальные уравнения. Физический смысл основных критериев подобия.	
35.	Теплообмен излучением. Тепловой баланс лучистого теплообмена. Закон Стефана-Больцмана. Абсолютно черное тело.	

36.	Теплообмен излучением системы тел в абсолютно прозрачной среде.	
37.	Коэффициент теплопередачи. Тепловая изоляция. Типы теплообменных аппаратов, кипятильников и подогревателей.	
38.	Механизм процессов горения. Общие принципы расчета процессов горения. Теплота сгорания. Условное топливо. Приведенные характеристики. Классификация топлив.	ПК-19
39.	Возобновляемые и невозобновляемые источники энергии. Основы энергосбережения. Вторичные энергетические ресурсы.	
40.	Котельные установки. Паровые и газовые турбины.	ПК-7
41.	Теплообменные аппараты. Регенеративные и смесительные теплообменники. Показатели эффективности: КПД, интенсивность теплообмена, отношение расходных теплоемкостей, коэффициент трансформации теплоты.	
42.	Холодильные и теплонасосные установки.	

### Образец билета к экзамену по дисциплине

ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ КАФЕДРА "ТЕПЛОТЕХНИКА И ГИДРАВЛИКА"	
Дисциплина	<b>Техническая термодинамика и теплотехника</b>
	Семестр - 5
Группа	<b>НТ-15, НТС-15</b>
<b>Билет № 1</b>	
<b>1.</b>	Термодинамические параметры состояния. Удельный объем, плотность, давление, температура (абсолютная термодинамическая шкала температур (Кельвина, Цельсия).
<b>2.</b>	Определение параметров воды и пара. PV-диаграмма водяного пара.
<b>3.</b>	Основы теории подобия. Основы теории подобия. Понятие о методе анализа размерностей теории подобия. Критериальные уравнения. Физический смысл основных критериев подобия.
<b>4.</b>	Теплообмен излучением. Тепловой баланс лучистого теплообмена. Закон Стефана-Больцмана. Абсолютно черное тело.
Зав. кафедрой «Теплотехника и гидравлика»	
Р.А-В. Турлуев	
21.12.15	

### 7.6 Текущий контроль

#### 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  $\beta$  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 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 замеряется 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.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература

1.	Техническая термодинамика и теплотехника [Электронный ресурс]/ — Электрон. текстовые данные. Хашченко А.А., Калиниченко М.Ю., Вислогузов А.Н.— Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2017.— 107 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/75606.html">http://www.iprbookshop.ru/75606.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
2.	Лабораторный практикум по термодинамике [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Богданов С.Н., Клещкий А.В., Митропов В.В., Пятаков Г.Л., Федоров 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: <a href="http://www.iprbookshop.ru/67246.html">http://www.iprbookshop.ru/67246.html</a> .— 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: <a href="http://www.iprbookshop.ru/63139.html">http://www.iprbookshop.ru/63139.html</a> .— 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, ЭБС АСВ, 2014.— 90 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/80120.html">http://www.iprbookshop.ru/80120.html</a> .— 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: <a href="http://www.iprbookshop.ru/71706.html">http://www.iprbookshop.ru/71706.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
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, 2016.— 159 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/55891.html">http://www.iprbookshop.ru/55891.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
7.	Никитин В.А. Лекции по теплотехнике [Электронный ресурс]: конспект лекций/ — Электрон. текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2011.— 532 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/21604.html">http://www.iprbookshop.ru/21604.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
8.	Дерюгин В.В. Тепломассообмен [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Дерюгин В.В., Васильев В.Ф., Уляшева В.М.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016.— 244 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/74378.html">http://www.iprbookshop.ru/74378.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»

### б) дополнительная литература

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: <a href="http://www.iprbookshop.ru/22626.html">http://www.iprbookshop.ru/22626.html</a> .— 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: <a href="http://www.iprbookshop.ru/68191.html">http://www.iprbookshop.ru/68191.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
3.	Лабораторный практикум по термодинамике [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Богданов С.Н., Клещкий А.В., Митропов В.В., Пятаков Г.Л., Федоров 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: <a href="http://www.iprbookshop.ru/67246.html">http://www.iprbookshop.ru/67246.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
4.	Стоянов Н.И. Теоретические основы теплотехники (техническая термодинамика и теплообмен) [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: <a href="http://www.iprbookshop.ru/63139.html">http://www.iprbookshop.ru/63139.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
5.	Александров А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Александров А.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2016.— 159 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/55891.html">http://www.iprbookshop.ru/55891.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
6.	Трубаев П.А. Термодинамический и эксергетический анализ в теплотехнологии [Электронный ресурс]: монография/ Трубаев П.А.— Электрон. текстовые данные.— Москва: Инфра-Инженерия, 2019.— 228 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/86652.html">http://www.iprbookshop.ru/86652.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
7.	Глухов В.С. Основы гидравлики и теплотехники: Раздел 1. Основы гидравлики [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Глухов В.С., Дикой А.А., Дикая И.В.— Электрон. текстовые данные.— Армавир: Армавирский государственный педагогический университет, 2019.— 252 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/82446.html">http://www.iprbookshop.ru/82446.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
8.	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.
9.	Турлуев Р.А-В., Мадаева М.З. Методические указания// Второй закон термодинамики. Реальные газы (пары) и их свойства. ГГНИ.-2005, 18 с.
10.	Турлуев Р.А-В., Мадаева М.З. Методические указания// Основные законы теплообмена. ГГНИ.- 2005, 25 с.
11.	Исаев Х.А., Ельмурзаев А.А. Методические указания //Тепловой расчет парогенератора.- ГГНИ, - 2010, 21 с.

#### в) программное и коммуникационное обеспечение

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](http://www.gstou.ru), электронные библиотечные системы (ЭБС): «IPRbooks», «Консультант студента», «Ibooks», «Лань».

### 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

**Техническая термодинамика и теплотехника** (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	<b>Комплект плакатов</b> 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.)

**Составитель:**

Старший преподаватель кафедры  
«Теплотехника и гидравлика»

  
\_\_\_\_\_ / А.Д.Мадаева /

**СОГЛАСОВАНО:**


Зав. кафедрой  
«Теплотехника и гидравлика»

  
\_\_\_\_\_ / Р.А.-В. Турлуев /

Зав. выпускающей кафедрой «ХТНГ» проф.

  
\_\_\_\_\_ / Л.ИИ. Махмудова /

Директор ДУМР

  
\_\_\_\_\_ / М.А. Магомаева /