


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САХАЛИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель основной профессиональной  
образовательной программы

 Максимов В.П.

\_\_\_\_ 19 сентября \_\_\_\_ 2024 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**  
**Б1.О.15.01 ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА**

Уровень высшего образования  
**БАКАЛАВРИАТ**

Направление подготовки  
**16.03.01 Техническая физика**

Профиль (направленность) подготовки  
**Физика температурных процессов**

Квалификация  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**Очная**

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Южно-Сахалинск  
2024 г.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика.

Программу составил (и):

Смирнова М.А., к.п.н., доцент кафедры электроэнергетики и физики



Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры электроэнергетики и физики, протокол № 1 от 19 сентября 2024 г.

Заведующий кафедрой:

д.п.н., профессор Максимов В.П.



## 1. Цель и задачи дисциплины (модуля)

### Цель дисциплины (модуля) –

Цель изучения дисциплины - вооружение студентов знаниями фундаментальных законов, являющихся основой функционирования тепловых машин и аппаратов, представлениями о рабочих процессах, протекающих в тепловых машинах и их эффективности, о свойствах рабочих тел и теплоносителей

### Задачи дисциплины (модуля):

Овладение студентами основными понятиями технической термодинамики, терминологией, законами;

Овладение студентами основными процессами, протекающими в тепловых машинах;

Овладение студентами методами расчета термодинамических процессов;

Овладение студентами методами расчета и экспериментального определения свойств рабочих тел и теплоносителей

Овладение студентами основными требованиями, характеризующими профессиональную деятельность бакалавров.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.О.15.01 «Техническая термодинамика» относится к базовой части блока 1 ООП «Дисциплины (модули)» учебного плана;

Дисциплина изучается на 3 курсе, в 5 семестре.

Изучению дисциплины «Техническая термодинамика» предшествует освоение дисциплин (практик):

Физика, Математика, Химия.

Освоение дисциплины «Техническая термодинамика» является необходимой основой для последующего изучения дисциплин (практик): Тепло-массообмен; Тепло-массообменное оборудование предприятий, Холодильные машины и установки, Тепловые машины и установки, а также подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.

В процессе изучения дисциплины студент готовится к видам профессиональной деятельности и решению профессиональных задач, предусмотренных ФГОС ВО и учебным планом.

## 3. Формируемые компетенции и индикаторы их достижения по дисциплине (модулю)

(Коды и формулировки компетенций в таблице должны соответствовать ФГОС ВО и ОПОП (при наличии))

Компетенция	Уровень освоения	ОПК – 4.1. Знания	ОПК – 4.2. Умения	ОПК - 4.3. Навыки
<b>ОПК-4</b> Способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и	Базовый	Должен знать: знать основные методы проведения экспериментальных исследований, обработки и представления полученных в ходе проведения экспериментов данных в избранной области технической	Должен уметь: применять полученные знания математики к решению задач технической термодинамик и	Должен владеть <b>навыками</b> работы с учебной литературой и электронными базами данных; навыками решения задач векторной алгебры, дифференциального и интегрального исчислений

представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности профессиональных задач		термодинамики		
	Повышенны й	<b>Должен знать:</b> методы решения задач технической термодинамики	<b>Должен уметь:</b> поставить и решить задачи технической термодинамик и	<b>Должен владеть навыками</b> Способен проводить теоретические и экспериментальные исследования, учитывая современные тенденции развития технической физики
	Высокий	<b>Должен знать:</b> методы решения задач технической термодинамики	<b>Должен уметь:</b> поставить и решить задачи технической термодинамик и	<b>Должен владеть навыками</b> составления и решения уравнений технической термодинамики

#### 4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

##### 4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единиц (108 академических часов).

(В таблице в разделах «Контактная работа» и «Самостоятельная работа» перечисляются только реализуемые виды работы. Если дисциплина (модуль) изучается в нескольких семестрах, то в таблице размещается нужное количество столбцов).

	5 семестр
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа:</b>	<b>34</b>
Лекции (Лек)	14
Практические занятия (ПР)	16
Лабораторные работы (Лаб)	нет
Контактная работа в период теоретического обучения (КонтТО)	4
Проведение текущих консультаций	
Промежуточная аттестация (зачет)	Дифференцированный
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>74</b>
- выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ);	10
- выполнение расчетно-графического задания (РГЗ);	10
- самостоятельное изучение разделов (перечислить);	10
- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий);	10
- подготовка к практическим занятиям;	10
- подготовка к коллоквиумам;	
- подготовка к промежуточной аттестации и т.п.)	14

##### 4.2. Распределение видов работы и их трудоемкости по разделам дисциплины (модуля)

(При реализации образовательной программы по очно-заочной и заочной формам обучения таблица составляется для каждой формы)

№ п/п	Раздел дисциплины/ темы		Виды учебной работы (в часах)				
			контактная				
		семестр	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельн ая работа	
	<b>Раздел 1Круговые процессы. Второй закон термодинамики.</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>нет</b>	<b>15</b>	Опрос, дискуссия, тест, практическая работа
<b>1</b>	Предмет технической термодинамики. Термодинамика и ее метод. Термодинамическая система. Термодинамический процесс		1	1			Опрос, дискуссия, тест, практическая работа
<b>2</b>	Параметры состояния. Уравнение состояния идеального газа. Смеси идеальных газов		1	1			Опрос, дискуссия, тест, практическая работа
<b>3</b>	Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и работа изменения объема. Внешняя работа. Теплота.		1	1			Опрос, дискуссия, тест, практическая работа
<b>4</b>	Энтальпия. Уравнение первого закона термодинамики через энтальпию. Теплоемкость газов		1	1			Опрос, дискуссия, тест, практическая работа
	<b>Раздел 2 Круговые процессы. Второй закон термодинамики.</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>нет</b>	<b>16</b>	Опрос, дискуссия, тест, практическая работа
<b>6</b>	Термодинамические циклы. Термический КПД. Формулировки второго закона термодинамики. Энтропия. Изменение энтропии в необратимых процессах.		1	1			Опрос, дискуссия, тест, практическая работа
<b>8</b>	Круговые процессы (циклы). Прямой и обратный циклы Карно. Теорема Карно. Эксергия теплоты. Эксергия потока рабочего тела.		1	1			Опрос, дискуссия, тест, практическая работа
	<b>Раздел 3 Дифференциальные уравнения термодинамики</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>нет</b>	<b>10</b>	Опрос, дискуссия, тест, практическая работа
<b>12</b>	Характеристические функции и термодинамические потенциалы.		1	1			Опрос, дискуссия, тест, практическая работа

13	Основные дифференциальные уравнения термодинамики. Соотношения Максвелла. Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Уравнения движения точки.		1	1			Опрос, дискуссия, тест, практическая работа
	<b>Раздел 4 Основные термодинамические процессы реальных газов</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>нет</b>	<b>8</b>	Опрос, дискуссия, тест, практическая работа
18	Фазовые переходы. Устойчивость фаз. Уравнение Клапейрона-Клаузиса		1	1			Опрос, дискуссия, тест, практическая работа
	Процесс парообразования. Основные параметры водяного пара. Термодинамические процессы водяного пара.		1	1			Опрос, дискуссия, тест, практическая работа
	<b>Раздел 5 Истечение газов и паров</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>		<b>15</b>	Опрос, дискуссия, тест, практическая работа
	Истечение из суживающихся сопел и сопла Лаваля. Дросселирование газов и паров. Эффект Джоуля-Томпсона.		1	1			Опрос, дискуссия, тест, практическая работа
	Циклы компрессоров		1	1			Опрос, дискуссия, тест, практическая работа
	Циклы двигателей внутреннего сгорания		1	1			Опрос, дискуссия, тест, практическая работа
	Циклы паротурбинных установок.		1	1			Опрос, дискуссия, тест, практическая работа
	Циклы холодильных машин и тепловых насосов		1	1			Опрос, дискуссия, тест, практическая работа
	<b>Раздел 6 Основы химической термодинамики</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		<b>8</b>	Опрос, дискуссия, тест, практическая работа
	Основные законы химической термодинамики Термодинамические потенциалы		1	1			Опрос, дискуссия, тест, практическая работа
	<b>Зачет с оценкой</b>						
	<b>ИТОГО</b>		<b>14</b>	<b>16</b>		<b>79</b>	

### 4.3. Содержание разделов дисциплины

Раздел	Содержание темы
Раздел 1 Техническая термодинамика и ее законы	Предмет технической термодинамики. Термодинамика и ее метод. Термодинамическая система. Термодинамический процесс. Параметры состояния. Уравнение состояния идеального газа. Смеси идеальных газов. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и работа изменения объема. Внешняя работа. Теплота. Энтальпия. Уравнение первого закона термодинамики через энтальпию. Теплоемкость газов.
Раздел 2	Термодинамические циклы. Термический КПД. Формулировки второго закона термодинамики. Энтропия. Изменение энтропии в необратимых процессах. Круговые процессы (циклы). Прямой и обратный циклы Карно. Теорема Карно. Эксергия теплоты. Эксергия потока рабочего тела.
Раздел 3	Характеристические функции и термодинамические потенциалы. Основные дифференциальные уравнения термодинамики. Соотношения Максвелла. Уравнения Гиббса-Гельмгольца.
Раздел 4	Фазовые переходы. Устойчивость фаз. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Термические и калорические свойства реальных газов. Уравнение состояния реальных газов. Процесс парообразования. Основные параметры водяного пара. Термодинамические процессы водяного пара.
Раздел 5	Первый закон термодинамики для потока. Связь изменения скорости и параметров состояния в потоке. Скорость звука. Соотношение между статическими параметрами и параметрами торможения. Истечение из суживающихся сопел и сопла Лаваля. Дросселирование газов и паров. Эффект Джоуля-Томпсона. Циклы компрессоров. Одноступенчатое сжатие. Многоступенчатое сжатие. Оценка эффективности работы компрессоров. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Методы термодинамического анализа циклов. Циклы ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме, при постоянном давлении, со смешанным подводом теплоты. Циклы газотурбинных установок со сгоранием топлива при постоянном давлении, при постоянном объеме. Циклы паротурбинных установок. Цикл Карно для водяного пара. Цикл Ренкина без перегрева пара. Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара. Регенеративный цикл паротурбинной установки. Комбинированные циклы. Теплофикационные паротурбинные установки. Эксергетический анализ ПТУ. Циклы холодильных машин и тепловых насосов.
Раздел 6	Основные законы химической термодинамики. Термодинамические потенциалы. Химическое равновесие термохимической системы.

### 4.4 Темы и планы практических занятий

Пример описания практического занятия:

**Практическое занятие (в форме семинара) 1 (2 ч.) Тема «Термодинамика потока»**

**Вопросы для обсуждения:** Определение основных параметров состояния газа, используя единицы измерений в системе СИ. Определение теплоемкостей идеальных газов; определение теплоемкости смеси идеальных газов. Скорость звука. Критическая скорость и критические параметры при истечении через сопло.

**Соотношение между единицами давления**

Наименование единицы	Ньютон на квадратный метр, Па	Бар	Килограмм-сила на квадратный метр, кгс/м <sup>2</sup>	Физическая атмосфера, атм	Миллиметр водяного столба, мм.вод.ст.	Миллиметр ртутного столба, мм.рт.ст.	Английский фунт на квадратный дюйм, ibf/in <sup>2</sup>
1 Па	1	$1 \cdot 10^{-5}$	1,101972	$0,98692 \cdot 10^{-5}$	0,101972	$750,06 \cdot 10^{-5}$	$14,5038 \cdot 10^{-5}$
1 бар	$10^5$	1	10197,2	0,98692	10197,2	750,06	14,5038
1 кгс/м <sup>2</sup>	9,80665	$9,80665 \cdot 10^{-5}$	1	$0,96784 \cdot 10^{-4}$	1	$735,55 \cdot 10^{-4}$	$14,2233 \cdot 10^{-4}$
1 атм	$1,01325 \cdot 10^5$	1,01325	$1,03323 \cdot 10^4$	1	$1,03323 \cdot 10^4$	760	14,6959
$10^4$ мм.вод.ст.	$0,980665 \cdot 10^5$	0,98066	$10^4$	0,96784	$10^4$	735,55	14,2233
$10^3$ мм.рт.ст.	$1,33322 \cdot 10^5$	1,33322	$1,35951 \cdot 10^4$	$1,31579 \cdot 10^4$	$1,35951 \cdot 10^4$	$10^3$	19,3368
10 ibf/in <sup>2</sup>	$0,68948 \cdot 10^5$	0,68948	$0,70307 \cdot 10^4$	0,68046	$0,70307 \cdot 10^4$	517,15	10

### Задача №1

Выразите через другие единицы измерения: 760 мм.рт.ст., 10МПа, 15 ibf/in<sup>2</sup>.

### Задача №2

Манометр, установленный в открытой кабине самолета, находящегося на земле, и измеряющий давление масла, показывает 6 Н/см<sup>2</sup> при показании барометра 752 мм.рт.ст.

Каково абсолютное давление масла, выраженное в ньютонах на квадратный метр, мегапаскалях, килограмм-силах на квадратный метр, килограмм-силах на квадратный сантиметр, миллиметрах ртутного столба, миллиметрах водяного столба, английских фунт - силах на квадратный дюйм?

Каковы будут показания манометра в этих единицах после подъема самолета на некоторую высоту, где атмосферное давление 442,5 мм.рт.ст., если абсолютное давление остается неизменным?

## Практическое занятие 2 Тема «Циклы паротурбинных установок. Энергетический баланс идеальной паротурбинной установки»

**Вопросы для обсуждения:** Исследование газовых термодинамических процессов. Энергетический баланс идеальной паротурбинной установки. Влияние начальных параметров и конечного давления на тепловую экономичность ПТУ. Промежуточный перегрев пара и его влияние на экономичность ПТУ.

### Задача №1

Определите плотность воздуха и водорода при нормальных условиях.

### Задача №2

Определите удельный объем кислорода при давлении 2,3МПа и температуре 2800С.

### Задача №3

Определите массу воздуха, находящегося в комнате площадью 25 м<sup>2</sup> и высотой 3,2м. Принять, что температура воздуха в комнате 220С, а давление 986,5гПа.

### Задача №4

Определите плотности азота при давлениях 1 и 6 МПа. Температура азота 4000С.



**Практическое занятие 3 Тема «Регенеративные циклы Особенности циклов атомных электростанций с паровым, газовым и другими рабочими телами»**

**Вопросы для обсуждения:** Удельные расходы пара и теплоты в ПТУ. Термодинамические основы теплофикации. Особенности циклов атомных электростанций с паровым, газовым и другими рабочими телами.

**Задача № 1**

Какое количество теплоты необходимо подвести к воздуху, заключенному в сосуде объемом 20 дм<sup>3</sup> при давлении 1 МПа и температуре 20°С, чтобы поднять его температуру до 600°С?

**Задача № 2**

В компрессоре газовой турбины сжимается воздух. Начальная температура воздуха 30°С, температура после сжатия 150°С. Определите изменение энтальпии и внутренней энергии воздуха в процессе сжатия по расчетам и используя таблицы.

**Практическое занятие (в форме семинара) 4 Тема «Циклы двигателей внутреннего сгорания.»**

**Вопросы для обсуждения:** Определение состояния пара по  $h - S$  диаграммам. Определение состояния пара по таблицам. Цикл с подводом теплоты при постоянном давлении. Цикл со смешанным подводом теплоты. Оценка термодинамического совершенства циклов ДВС.

**Практическое занятие (в форме семинара) 5 Тема «Циклы газотурбинных установок (ГТУ)»**

**Вопросы для обсуждения:** Определение скорости и массового расхода газов через сопло. Цикл с подводом теплоты при постоянном давлении. Цикл со смешанным подводом теплоты. Оценка термодинамического совершенства циклов ДВС.

**Практическое занятие (в форме семинара) 6 Тема «Термодинамические циклы пароэнергетических установок»**

**Вопросы для обсуждения:** Цикл Карно пароэнергетической установки Цикл Ренкина пароэнергетической установки. Перенос теплоты теплопроводностью, конвективным теплообменом и теплообмен излучением. Тепловой режим теплообменных аппаратов. Схема и цикл газовой (воздушной) холодильной установки. Схема и цикл парокомпрессионной холодильной установки. Циклы парожеторных и адсорбционных. холодильных машин. Цикл теплового насоса.

1. Паротурбинная установка работает по циклу Ренкина при следующих параметрах пара: перед турбиной  $p_1 = 90 \text{ кг/см}^2$  и  $t_1 = 535^\circ \text{C}$ ; давление в конденсаторе  $p_2 = 0,04 \text{ кг/см}^2$ . Определить внешнюю работу турбины и питательного насоса, а также термический к. п. д. цикла с учетом и без учета работы насоса и относительную разность этих к. п. д.

2. Паротурбинная установка работает по циклу Ренкина с начальными параметрами  $p_1 = 100 \text{ кг/см}^2$  и  $t = 530^\circ \text{C}$ . Давление в конденсаторе  $p_2 = 0,04 \text{ кг/см}^2$ . Определить термический к. п. д. установки и сравнить его с термическим к. п. д. цикла Карно в том же интервале температур.

3. При одинаковой начальной температуре  $t_1 = 500^\circ \text{C}$  построить кривую зависимости  $\eta_t$  цикла паротурбинной установки от величины начального давления  $p_1$  приняв его равным 50, 100, 150 и 200 кг/см<sup>2</sup>. Давление в конденсаторе одинаково и равно

**Практическое занятие (в форме семинара) 7 Тема «Циклы холодильных машин и тепловых насосов»**

**Вопросы для обсуждения:** Схема, цикл и холодильный коэффициент парокомпрессионной холодильной установки. Схема и принцип работы абсорбционной холодильной установки.

1. С помощью термохимического уравнения  $\text{H}_2\text{S}(\text{г}) + 3/2 \text{O}_2 = \text{SO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) + 562,8 \text{ кДж}$  определите объем сгоревшего сероводорода, если известно, что в результате реакции выделилось 281,4 кДж теплоты.
2. Рассчитайте тепловой эффект реакции горения сероводорода. Рассчитайте  $\Delta H_{298}$  химической реакции  $\text{Na}_2\text{O}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow 2\text{NaOH}(\text{т})$
3. Расчет тепловых эффектов химических реакций.
4. Определение высшей и низшей теплоты сгорания топлива.
5. Применение закона Гесса для расчета реакций образования продуктов реакции и реакций распада

#### **Практическое занятие (в форме семинара) 7 Тема «Тепловые насосы. Методы сжижения газов»**

**Вопросы для обсуждения:** Термодинамическое сравнение эффективности теплового насоса и теплофикации. Методы ожижения газов. Теплопередача. Теплообменные аппараты.

#### **4.5. Примерная тематика курсовых проектов (курсовых работ)**

Не предусмотрено

#### **5. Темы дисциплины (модуля) для самостоятельного изучения**

В соответствии с рабочей программой, на самостоятельное изучение выносятся темы, по результатам изучения которых, предлагается ответить на вопросы для самоконтроля, подготовиться к аудиторному и внеаудиторному контролю знаний. На основании изученного материала, необходимо подготовиться и пройти текущую и рубежную проверку знаний, согласно графику учебного процесса, а также оформить отчет в виде конспекта.

Общий алгоритм самостоятельного изучения тем

- 1) Ознакомиться с рекомендованной учебной литературой и электронными ресурсами по теме (ориентируясь на вопросы для самоконтроля).
- 2) На этой основе составить развёрнутый план изложения темы
- 3) Выбрать форму отчетности конспектов (план – конспект, текстуальный конспект, свободный конспект, конспект – схема)/презентация/эссе/доклад
- 4) Оформить отчётный материал в установленной форме в соответствии методическими рекомендациями
- 5) Провести самоконтроль освоения темы по вопросам, выданным преподавателем
- 6) Предоставить отчётный материал преподавателю по согласованию с ведущим преподавателем
- 7) Подготовиться к предусмотренному контрольно-оценочному мероприятию по результатам самостоятельного изучения темы
- 8) Принять участие в указанном мероприятии, пройти рубежное тестирование по разделу на аудиторном занятии и заключительное тестирование в установленное для внеаудиторной работы время

#### **Темы, выносимые на самостоятельное изучение**

1. Регенеративные циклы. Схема и цикл ПТУ в  $T_s$ -диаграмме с регенеративным подогревом питательной воды. Термический КПД регенеративного цикла.
2. Действительный цикл ПТУ.
3. Комбинированные циклы. Преимущества и недостатки водяного пара как рабочего тела. Бинарный цикл и его КПД.
4. Парогазовый цикл и его КПД. Обратный цикл Карно.
5. Холодильный коэффициент. Требования, предъявляемые к рабочим телам холодильных установок.
6. Схема и теоретический цикл газовой холодильной установки.
7. Цикл Лоренца.
8. Холодопроизводительность, работа и мощность воздушной холодильной машины. Способы увеличения холодопроизводительности.

9. Пароэжекторная холодильная установка.
10. Абсорбционная холодильная установка. Принципиальные схемы и изображение циклов в  $pV$  и  $Ts$ -диаграммах.
11. Первый закон термодинамики в термохимии. Тепловой эффект реакции.
12. Эндотермические и экзотермические реакции.
13. Закон Гесса и его следствия.
14. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Закон Кирхгофа.
15. Стандартный тепловой эффект. Закон действующих масс и константы равновесия химических процессов.
16. Степень диссоциации.
17. Термодинамические свойства диссоциирующих газов.
18. Константа равновесия и максимальная работа реакции.
19. Зависимость константы равновесия от давления и температуры.
20. Тепловая теорема Нернста.

### **Вопросы к зачету по дисциплине «Техническая термодинамика».**

1. Основные понятия технической термодинамики. Термодинамическая система. Термодинамическое состояние. Термодинамический процесс.
2. Параметры состояния. Уравнение состояния.
3. Работа расширения, техническая работа, внутренняя энергия и теплота термодинамического процесса.
4. Теплоемкость. Виды теплоемкости. Связь между массовой, мольной и объемной; изobarной и изохорной, истинной и средней теплоемкостями.
5. Смеси идеальных газов. Закон Дальтона. Кажущаяся молярная масса. Газовая постоянная смеси.
6. Первый закон термодинамики. Формулировка и математическое выражение. Физическая сущность величин, входящих в уравнение 1-го начала термодинамики.
7. Уравнение Майера. Физический смысл газовой постоянной.
8. Энтропия. Физический смысл. Принцип возрастания энтропии. Формулы для вычислений.
9. Второй закон термодинамики. Основные формулировки. Математическое выражение.
10. Прямой цикл Карно. КПД цикла. Его изображение в  $pV$  и  $TS$ - координатах.
11. Обратный цикл Карно. Его изображение в  $pV$  и  $TS$  - координатах. Коэффициент преобразования энергии и холодильный коэффициент.
12. Энтальпия. Физический смысл и математическое выражение для вычисления энтальпии. Формулировка 1-го закона термодинамики через энтальпию.
13. Эксергетический метод термодинамического анализа. Эксергия рабочего тела. Эксергия теплоты.
14. Характеристические функции и их свойства. Определение параметров состояния.
15. Термодинамический потенциалы. Энергия Гельмгольца. Энергия Гиббса. Уравнение Гиббса-Геймгольца.
16. Дифференциальные уравнения состояния термодинамических систем. Уравнения Максвелла.
17. Задачи и методика исследования термодинамических процессов идеального газа.
18. Частные случаи политропных процессов ( $p=\text{const}$ ,  $v=\text{const}$ ,  $T=\text{const}$ ,  $s=\text{const}$ ).
19. Анализ политропного процесса: уравнение процесса, соотношение параметров, определение теплоты, работы процесса, графики в  $pV$  и  $TS$ - координатах.
20. Политропная теплоемкость, показатель политропы связь между ними. Определение показателя политропы по параметрам в двух точках ТДП.

21. Анализ изотермического процесса: уравнение процесса, соотношение параметров, определение теплоты, работы процесса, графики в  $pV$  и  $TS$ - координатах.
22. Анализ изобарного процесса: уравнение процесса, соотношение параметров, определение теплоты, работы процесса, графики в  $pV$  и  $TS$ - координатах.
23. Анализ изохорного процесса: уравнение процесса, соотношение параметров, определение теплоты, работы процесса, графики в  $pV$  и  $TS$ - координатах.
24. Анализ адиабатного процесса: уравнение процесса, соотношение параметров, определение теплоты, работы процесса, графики в  $pV$  и  $TS$ - координатах.
25. Реальные газы. Условия фазового равновесия. Теплота фазовых переходов.
26. Термодинамические диаграммы реальных газов. Уравнение Клапейрона\_Клаузиса.
27. Особенности поведения реальных газов. Уравнения состояния реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
28. Процесс парообразования. Степень сухости пара. Параметры кипящей воды, влажного насыщенного, сухого насыщенного и перегретого пара.
29. Процесс парообразования в диаграммах  $p$ - $V$ ,  $T$ - $S$ ,  $i$ - $S$  для воды и водяного пара.
30. Теплота парообразования. Первый закон термодинамики для парообразования. Расчет термодинамических процессов для водяного пара.
31. Влажный воздух. Термодинамические характеристики. Диаграмма состояния влажного воздуха. Определение параметров влажного воздуха с помощью диаграммы.
32. Процессы изменения состояния влажного воздуха в  $i$ - $d$  диаграмме
33. Процессы изменения состояния влажного воздуха в  $i$ - $d$  диаграмме. Процесс смешения. Процессы кондиционирования.
34. Четвертый семестр (Экзамен, ОПК-2, ОПК-3)
35. Термодинамика потока. Основные определения. Уравнения неразрывности.
36. Термодинамика потока. Основные определения. Уравнение импульсов.
37. Уравнение первого закона термодинамики для потока.
38. Уравнение энергии потока. Работа проталкивания и располагаемая работа.
39. Скорость звука, максимальная и критическая скорости потока.
40. Условия перехода потока из дозвукового течения в сверхзвуковое. Сопло и диффузор.
41. Статические параметры и параметры торможения. Соотношение между статическими параметрами и параметрами торможения
42. Соотношение между статическими параметрами и параметрами торможения. Критическое отношение давлений.
43. Истечение из сопел. Истечение из суживающихся сопел.
44. Истечение из сопел. Истечение из сопла Лавалля.
45. Дросселирование газов и паров. Эффект Джоуля- Томпсона. Температура инверсии. Кривая инверсии.
46. Циклы компрессоров. Цикл одноступенчатого компрессора.
47. Циклы компрессоров. Цикл многоступенчатого компрессора.
48. Цикл Д.В.С. с подводом теплоты при  $V=\text{const}$ .
49. Цикл Д.В.С. с подводом теплоты при  $P=\text{const}$ .
50. Цикл Д.В.С. с комбинированным подводом теплоты.
51. Циклы газотурбинных установок. Цикл ГТУ с изобарным подводом теплоты
52. Циклы газотурбинных установок. Цикл ГТУ с изохорным подводом теплоты.
53. Регенеративные циклы ГТУ.
54. Циклы паросиловых установок. Цикл Карно.
55. Цикл Ренкина. КПД цикла. Схема паросиловой установки.
56. Цикл паросиловой установки со вторичным перегревом пара.
57. Циклы паротурбинных установок. Регенеративный цикл.

## 6. Образовательные технологии

№ п/п	Наименование раздела	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1.	Название раздела	Лекция 1. Семинар 1. Самостоятельная работа	Вводная лекция с использованием видеоматериалов Развернутая беседа с обсуждением доклада Консультирование и проверка домашних заданий посредством электронной почты

## 7 Оценочные средства (материалы) для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

### 1.1. Типовые вопросы, задания текущего контроля

#### Раздел 1 Круговые процессы. Второй закон термодинамики.

ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах

1. Баллон с гелием при давлении  $P_1 = 6,5 \cdot 10^6$  Па и температуре  $t_1 = -3^\circ \text{C}$  имеет массу  $m_1 = 21$  кг, а при давлении  $P_2 = 2 \cdot 10^6$  Па и той же температуре массу  $m_2 = 20$  кг. Какую массу гелия содержит баллон при давлении  $P = 1,5 \cdot 10^7$  Па и температуре  $t = 27^\circ \text{C}$ ?

2. В цилиндре под поршнем площади  $S = 100$  см<sup>2</sup> находится  $m = 28$  г азота при температуре  $T_1 = 273$  К. Цилиндр нагревается до температуры  $T_2 = 373$  К. На какую высоту  $\Delta h$  поднимется поршень массы  $M = 100$  кг? Атмосферное давление  $P_0 = 105$  Па.

3. Воздух (приблизительно считая, что он является смесью только азота и кислорода) имеет следующий объемный состав:  $\tau_{N_2} = 79,0\%$ ,  $\tau_{O_2} = 21,0\%$ . Определить весовые доли азота и кислорода в воздухе; вычислить газовую постоянную и кажущийся молекулярный вес воздуха.

#### Раздел 2 Круговые процессы. Второй закон термодинамики.

ОПК-4 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

1. Применение уравнения состояния идеального газа для расчета параметров состояния.

2. Параметры состояния термодинамической системы. Основное уравнение состояния идеального газа.

3. Определение кажущейся молекулярной массы смеси, газовой постоянной смеси.

4. Определение работы и теплоты через термодинамические параметры состояния.

5. Применение уравнения Майера для расчета теплоемкостей в различных процессах. Анализ термодинамических процессов и циклов в  $PV$ -диаграмме.

6. Анализ термодинамических процессов и циклов в  $PV$ -диаграмме.

#### Раздел 3 Дифференциальные уравнения термодинамики

ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах

1. Найти приращение энтропии 3 кг воздуха; а) при нагревании его по изобаре от 0 до  $4000^\circ \text{C}$ ; б) при нагревании его изохоре от 0 до  $8800^\circ \text{C}$ ; в) при изотермическом

расширении с увеличением объема в 16 раз. Теплоемкость считать постоянной.

2. В процессе политропного расширения воздуха температура его уменьшилась от  $t_1=250^\circ\text{C}$  до  $t_2=-370^\circ\text{C}$ . Начальное давление воздуха  $p_1=0,4$  МПа, количество его  $M=2$  кг. Определить изменение энтропии в этом процессе, если известно, что количество подведенной теплоты составляет 89,2 кДж.

3. 1 кг воздуха совершает цикл Карно между температурами  $t_1=3270^\circ\text{C}$  и  $t_2=270^\circ\text{C}$ ; наивысшее давление при этом составляет 2 МПа, а наинизшее – 0,12 МПа. Определить параметры состояния воздуха в характерных точках, работу, термический КПД цикла и количество подведенной и отведенной теплоты.

#### **Раздел 4 Основные термодинамические процессы реальных газов**

ОПК-4 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

1. Анализ термодинамических процессов и циклов в T-s-диаграмме.

2. Расчет термического коэффициента полезного действия.

3. Использование энтропийный метод расчета потерь энергии необратимых процессов.

4. Анализ идеального цикла тепловой установки, расчет максимального КПД.

5. Эксергический анализ тепловых установок. ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах

1. Определить работу, теплоту, изменение энтальпии, изменение внутренней энергии, изменение энтропии, изменение изохорно-изотермического потенциала, изменение изохорного потенциала при изотермическом расширении 1 моля идеального газа от  $p_1 = 0,1$  МПа до  $p_2=0,05$  МПа при температуре 1000 К.

2. Определить максимальную работу 1 м<sup>3</sup> воздуха при давлении  $p=10$  МПа и температуре  $T_1=300$  К, давление внешней среды  $p_0=0,1$  МПа и температура  $T=300$  К.

3. Доказать, что для идеального газа частная производная энергии Гельмгольца по температуре при постоянном давлении равна сумме энтропии и газовой постоянной с отрицательными знаками, а частная производная энергии Гельмгольца по давлению при постоянной температуре равно объему со знаком минус

#### **Раздел 5 Истечение газов и паров**

ПК-4 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

1. Использование термодинамических потенциалов для расчета параметров состояния.

2. Расчет теплоемкости с помощью соотношений Максвелла.

3. Связь между термическими и калорическими величинами в переменных  $v$ ,  $T$  и  $p$ ,  $T$ .

4. Решение основных дифференциальных уравнений термодинамики.

5. Применение фазовых  $pT$ - и  $p v$ - диаграмм.

ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах

1. Водяной пар с начальным давлением  $p_1=5$  МПа и начальной температурой  $t_1=350^\circ\text{C}$  расширяется адиабатно до давления  $p_2=0,01$  МПа. Определить параметры пара в начальном и конечном состоянии, количество отведенной теплоты от пара, изменение внутренней энергии и работу расширения. Изобразить тепловой процесс в  $i s$ -диаграмме.

2. Перегретый водяной пар с начальным давлением  $P_1= 0,1$  МПа и начальной температурой  $t_1= 230^\circ\text{C}$  сжимается изотермически до степени сухости  $x_2=0,85$ .

Определить параметры пара в начальном и конечном состояниях, количество отведенной теплоты от пара, изменение внутренней энергии и работу сжатия. Изобразить процесс в *is*-диаграмме.

3. Влажный пар с начальным давлением  $p_1 = 6$  МПа и степенью сухости  $x = 0,9$  расширяется изотермически до давления  $p_2 = 0,5$  МПа. Определить параметры пара в начальном и конечном состояниях, изменение внутренней энергии, количество переданной теплоты пару и работу расширения. Изобразить тепловой процесс в *is*-диаграмме.

ОПК-4 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.

1. Применение уравнения Ван-дер-Ваальса для расчета параметров состояния реальных

2. Определение параметров состояния и процессов с помощью термодинамических

таблиц и *HS*-диаграммы.

3. Расчет термодинамических свойств паров, определение теплоты парообразования.

Анализ термодинамических процессов водяного пара. Изображение ТДП в *PV*-, *TS*-, *HS*-диаграммах.

Раздел 5: Влажный воздух

ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах

1. Воздух, имеющий параметры:  $j = 40\%$ ,  $t = 220^\circ\text{C}$  и расход  $1000$  кг/час нагревается в поверхностном теплообменнике до  $t = 380^\circ\text{C}$ . Определить энтальпию и относительную влажность воздуха после нагрева и полный расход теплоты. Изобразить процесс в *id* – диаграмме влажного воздуха.

2. Воздух с параметрами:  $j = 40\%$ ,  $t = 220^\circ\text{C}$  охлаждается в поверхностном теплообменнике до  $t = 50^\circ\text{C}$ . Определить количество отведенной теплоты и отведенной влаги, если расход воздуха составляет  $1000$  кг/час. Изобразить процесс в *id* – диаграмме влажного воздуха.

3.  $1$  кг воздуха потока А с параметрами:  $j = 50\%$ ,  $d = 5$  г/кг смешивается с  $4$  кг воздуха потока В с параметрами:  $i = 48$  кДж/кг,  $t = 200^\circ\text{C}$ . Определить параметры смешанного воздуха. Изобразить процесс в *id*- диаграмме

ОПК-2 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

1. Определение параметров процессов с помощью *H-d*-диаграмма.

2. Расчет статики процесса сушки влажных материалов воздухом.

3. Расчет процессов смешивания потоков воздуха.

4. Анализ термодинамических процессов влажного воздуха. Изображение ТДП в *id*-диаграмме.

Раздел 6: Истечение газов и паров

ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах

1. Воздух из резервуара с постоянным давлением  $P_1 = 1$  МПа и температурой  $t_1 = 150^\circ\text{C}$  вытекает в атмосферу через трубку с внутренним диаметром  $10$  мм. Найти скорость истечения воздуха и его секундный массовый расход. Атмосферное давление принять равным  $0,1$  МПа. Процесс расширения считать адиабатным.

2. В резервуаре, заполненном кислородом, поддерживается давление  $P_1 = 5$  МПа. Газ

вытекает через суживающее сопло в среду с давлением 4 МПа. Начальная температура кислорода 1000С. Определить скорость истечения и расход газа, если площадь выходного сечения  $f=20 \text{ мм}^2$ . Процесс расширения считать адиабатным.

3. В резервуаре, заполненном азотом, поддерживается давление  $P_1=2 \text{ МПа}$ . Газ вытекает через суживающее сопло в атмосферу с давлением 0,1 МПа. Начальная температура азота 800С. Определить скорость истечения и расход газа, если площадь выходного сечения  $f=10 \text{ мм}^2$ . Процесс расширения считать адиабатным.

4. Расчет процессов истечения и дросселирования газов и паров.

5. Расчет максимальной и критической скорости потока, массового расхода газа при истечении.

6. Расчет комбинированного сопла Лавалю.

7. Использование соотношений между статическими параметрами и параметрами торможения для расчета процесса истечения из суживающих сопел.

8. Определение потерь эксергии потока при дросселировании. Раздел 7: Циклы компрессоров

### Раздел 6. Основы химической термодинамики

ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах

1. Определить экономию в работе, полученную за счет перехода от одноступенчатого к двухступенчатому адиабатическому сжатию воздуха в поршневом компрессоре без вредного объема. Начальное давление  $p_1 = 0,98 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$ , температура  $t_1 = 17^\circ \text{ С}$ . Конечное давление  $p_2 = 9,8 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$ .

2. В результате уменьшения расхода воды, охлаждающей цилиндр компрессора, температура сжатого воздуха на выходе из компрессора возрастает от 100 до 150° С. Начальная температура воздуха остается постоянной и равной 17° С. Давление сжатого воздуха  $p_2 = 4,5 \text{ кг/см}^2$ , начальное давление  $p_1 = 1 \text{ кг/см}^2$ . Как изменится затрачиваемая мощность?

3. Поршневой компрессор должен подавать в течение часа 100 м<sup>3</sup> воздуха при давлении 5 бар и температуре 20°С и 20 м<sup>3</sup> при давлении 75 бар и той же температуре. Определить число ступеней компрессора, его мощность, расход воды в холодильниках при ее нагреве на 13°; показатель политропы принять  $n = 1,28$ ; начальное состояние воздуха: давление 1 бар, температура  $t = 15^\circ \text{ С}$ .

Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

1. Термодинамический анализ процессов в компрессорах

2. Определение эффективной мощности, затрачиваемой на привод компрессора и отводимой при охлаждении теплоты.

3. Определение оптимального распределения давлений по ступеням.

4. Изображение в  $p$ - $v$ - и  $T$ - $s$ -диаграммах процессов в компрессорах для многоступенчатого сжатия.

5. Расчет потерь энергии и эксергетический КПД компрессора. Раздел 8: Циклы двигателей внутреннего сгорания

Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах

1. Для цикла с подводом тепла в процессе  $p=\text{const}$  определить полезную работу и термический к. п. д., если  $p_1=1 \text{ кг/см}^2$ ;  $t_1=60^\circ \text{ С}$ ;  $\epsilon=14$ ;  $k=1,4$ ;  $p=1,67$ . Рабочее тело обладает свойствами воздуха.

2. Рассчитать полезную работу, совершенную за цикл с подводом тепла в процессе  $v = \text{const}$ , если известно, что расход топлива составляет 44 г на 1 кг воздуха,  $\epsilon = 6$ , теплота сгорания топлива  $Q_{PH} = 29\,260 \cdot 10^3 \text{ дж/кг}$ ,  $k = 1,37$ .



3. Цикл ГТУ с подводом теплоты при  $p = \text{const}$  характеризуется температурами  $t_a = 37^\circ\text{C}$  и  $t_z = 950^\circ\text{C}$ ; степень сжатия  $\pi=5$ , а начальное давление равно 1 ат. Сжатие воздуха производится осевым компрессором по адиабате. Определить работу компрессора, полную и полезную работу (работу цикла) турбины и термический к. п. д.

Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

<b>Вводная часть (проверка остаточных знаний по смежным курсам)</b>				
Тема или задание текущей аттестации	Виды текущей аттестации	Аудиторная или внеаудиторная	Минимальное количество баллов	Максимальное количество баллов
Введение в разделы дисциплины		Аудиторная	1	2
<b>Итого:</b>			1	2
<b>Базовая часть (проверка знаний и умений по курсу)</b>				
Тема или задание текущей аттестации	Виды текущей аттестации	Аудиторная или внеаудиторная	Минимальное количество баллов	Максимальное количество баллов
Составление библиографического списка литературы по курсу		Внеаудиторная		
Промежуточное тестирование		Аудиторная	-	15
Работа на практических занятиях		Аудиторная	40	55
<b>Итого минимум</b>			41	70
<b>Дополнительная часть</b>				
Тема или задание текущей аттестации	Виды текущей аттестации	Аудиторная или внеаудиторная	Минимальное количество баллов	Максимальное количество баллов
Курсовая работа		внеаудиторная	-	30
<b>Итого</b>			41	100

## 8. Система оценивания планируемых результатов обучения

### Критерии оценивания ответа на экзамене

Баллы	Критерии выставления баллов
50	Студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности. Отвечает на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы.
45	Студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности. Отвечает на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы, но допускает отдельные неточности.

40	Студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности. Отвечает на все вопросы, но допускает ошибки и неточности общего характера
35	Студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновать некоторые выводы. Отвечает на все вопросы, но допускает ошибки и неточности общего характера.
30	Студент отвечает в основном правильно, но ответ не является полным. В ответах на дополнительные вопросы уточняющего характера имеются недостатки и неточности.
25	Студент отвечает в основном правильно, но ответ не является полным. На дополнительные вопросы уточняющего характера правильных ответов нет.
20	Ответ студента частично правильный. На дополнительные вопросы уточняющего характера ответы не являются полными, имеются неточности.
15-10	Студент имеет общее представление о теме. Полных и логически верных ответов на вопросы экзаменационного билета нет. На дополнительные вопросы студент дает частично правильные ответы.
5-9	Студент имеет частичное представление о теме. Правильных ответов на вопросы зачета, а дополнительные вопросы нет.
0	Ответа на вопросы билета нет.

Оценивание успешности деятельности студентов по дисциплине «Теоретическая механика» проводится с применением балльно-рейтинговой системы. Балльно-рейтинговая система основывается на интегральной оценке результатов всех видов учебной деятельности студента за весь период обучения и учитывает:

- Составление опорного конспекта по теме лекции
- Подготовку к занятию, выполнение домашнего задания
- Активную работу на занятии
- Выполнение контрольной работы
- Итоговую аттестацию (экзамен).

С этой целью разработана технологическая карта, в которой детально описывается структура оценивания.

Если студент не посетил занятие баллы ему не начисляются.

Итоговая оценка за экзамен по дисциплине выставляется с учетом текущего и промежуточного контроля в соответствии со следующей шкалой:

52-70 баллов – «удовлетворительно»;

71-85 баллов – «хорошо»;

86-100 баллов – «отлично».

Рабочей программой предусмотрено выполнение студентами контрольной работы.

Форма контроля	За одну работу		Всего
	Миним. баллов	Макс. баллов	
Текущий контроль:			
- опрос	_1_ баллов	_2_ баллов	20
- участие в дискуссии на семинаре	_1_ баллов	_2_ баллов	30
- контрольная работа (темы 1-3)	_5_ баллов	_10_ баллов	10

- контрольная работа (темы 4-5) ...	_5_ баллов	__10 баллов	10
Промежуточная аттестация тест			30 баллов
<b>Итого за семестр</b> (дисциплину) зачёт/зачёт с оценкой/экзамен			100 баллов

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 9.1 Основная литература

Белов, Г. В. Техническая термодинамика : учебное пособие для вузов / Г. В. Белов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 252 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05091-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/537428> (дата обращения: 18.10.2024).

Сандаков, С. А. Термодинамика : [ Электронный ресурс ] : методические указания к лабораторным работам / С. А. Сандаков, И. А. Пикулев ; Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург : [б. и.], 2008. - on-line. - Систем. требования: Наличие подключения к локальной сети академии и к Интернет. - URL: <https://lib.rucont.ru/efd/190539/info>

Техническая термодинамика - методические указания к выполнению расчетно-графической работы для студентов, обучающихся по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника», очной и заочной форм обучения : в 2 частях. Ч. 1. Расчет газового цикла [Электронный ресурс]: - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2020. - 36 с. - Режим доступа: <http://portal.izhgsha.ru/index.php?q=docs&download=1&id=42630>

Техническая термодинамика - методические указания к выполнению расчетно-графической работы для студентов, обучающихся по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника», очной и заочной форм обучения : в 2 частях. Ч. 2. Анализ эффективности циклов паросиловых установок [Электронный ресурс]: - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2020. - 30 с. - Режим доступа: <http://portal.izhgsha.ru/index.php?q=docs&download=1&id=42629>

### 9.2. Периодическая литература

Не предусмотрено

### 9.3. Дополнительная литература

Белов, Г. В. Термодинамика : учебник и практикум для вузов / Г. В. Белов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 572 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16510-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/544923> (дата обращения: 18.10.2024).

### 9.4 Программное обеспечение

1. Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License (бессрочная), (лицензия 49512935);
2. Microsoft Sys Ctr Standard Sngl License/Software Assurance Pack Academic License 2 PROC (бессрочная), (лицензия 60465661)
3. Microsoft Win Home Basic 7 Russian Academic OPEN (бессрочная), (лицензия 61031351),
4. Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN, (бессрочная) (лицензия 61031351),
5. Microsoft Windows Professional 8 Russian Upgrade Academic OPEN (бессрочная), (лицензия 61031351),
6. Microsoft Internet Security&Accel Server Standart Ed 2006 English Academic OPEN, (бессрочная), (лицензия 41684549),
7. Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN, (бессрочная), (лицензия

60939880),

8. Microsoft Windows Server CAL 2008 Russian Academic OPEN, (бессрочная), (лицензия 60939880),
9. Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Расширенный Russian Edition. 1000-1499 Node 2 year Educational Renewal License (лицензия 2022-190513- 020932-503-526), срок пользования с 2019-05-13 по 2021-04-13
10. ABBYY FineReader 11 Professional Edition, (бессрочная), (лицензия AF11- 2S1P01-102/AD),
11. Microsoft Windows Pro 64bit DOEM, (бессрочная), контракт № 6- ОАЭФ2014 от 05.08.2014
12. Delphi XE8
13. Visual Studio Professional
14. «Антиплагиат. ВУЗ». Лицензионный договор №194 от 22.03. 2018 года

### **9.5 Профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий**

1. Информационно-справочная система (справочно-правовая система) «Консультант плюс». Соглашение № ИКП2016/ЛСВ 003 от 11.01.2016 для использования в учебных целях бессрочное. Обновляется регулярно. Лицензия на все компьютеры, используемые в учебном процессе.
2. Профессиональные базы данных на платформе 1С: Предприятие с доступными конфигурациями (1С: ERP Агропромышленный комплекс 2, 1С: ERP Энергетика, 1С: Бухгалтерия молокозавода, 1С: Бухгалтерия птицефабрики, 1С: Бухгалтерия элеватора и комбикормового завода, 1С: Общепит, 1С: Ресторан. Фронт-офис). Лицензионный договор № Н8775 от 17.11.2020 г.
3. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru/>) и т.д.
4. <http://library.miit.ru/> - электронно-библиотечная система Научно-технической библиотеки МИИТ.

## **10. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Учебные и учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

Для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, либо предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;

- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;

- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены университетом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;

- в форме электронного документа;

- в форме аудиофайла.

Для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;

- в форме электронного документа.

Для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;

- в форме электронного документа;

- в форме аудиофайла.

Учебные аудитории для всех видов контактной и самостоятельной работы, научная библиотека и иные помещения для обучения оснащены специальным оборудованием и учебными местами с техническими средствами обучения:

Для слепых и слабовидящих:

для глухих и слабослышащих:

- автоматизированным рабочим местом для людей с нарушением слуха и слабослышащих;

- акустический усилитель и колонки;

Для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- передвижными, регулируемые эргономическими партами СИ-1;

- компьютерной техникой со специальным программным обеспечением.

## 11. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Аудитория	Назначение	Оборудование
Учебная аудитория	для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа (лабораторных и(или) практических), групповых и	Стандартное оборудование (учебная мебель для

Аудитория	Назначение	Оборудование
	индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), проведения практик	обучающихся, рабочее место преподавателя, доска)
Помещение для самостоятельной работы	помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютеры, ноутбуки с подключением к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», доступом в электронную информационно-образовательную среду АлтГУ

**К рабочей программе прилагаются:**

**Приложение 1** - Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине (модулю)

**Приложение 2** - Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).

1. Для успешного освоения содержания дисциплины необходимо посещать лекции, принимать активное участие в работе на практическом занятии, а также выполнять задания, предлагаемые преподавателем для самостоятельного изучения.

2. Лекция.

- На лекцию приходите не опаздывая, так как это неэтично.

- На лекционных занятиях необходимо конспектировать изучаемый материал.

- Для систематизации лекционного материала, который будет полезен при подготовке к итоговому контролю знаний, записывайте на каждой лекции тему, вопросы для изучения, рекомендуемую литературу.

- В каждом вопросе выделяйте главное, обязательно запишите ключевые моменты (определение, факты, законы, правила и т.д.), подчеркните их.

- Если по содержанию материала возникают вопросы, не нужно выкрикивать, запишите их и задайте по окончании лекции или на семинарском занятии.

- Перед следующей лекцией обязательно прочитайте предыдущую, чтобы актуализировать знания и осознанно приступить к освоению нового содержания.

3. Практическое занятие – это форма работы, где студенты максимально активно участвуют в обсуждении темы.

- Для подготовки к практическому занятию необходимо взять план занятия (у преподавателя).

- Самостоятельную подготовку к занятию необходимо начинать с изучения понятийного аппарата темы. Рекомендуем использовать справочную литературу, учебники.

- Важно запомнить, что любой источник должен нести достоверную информацию, особенно это относится к Internet-ресурсам. При использовании Internet - ресурсов в процессе подготовки не нужно их автоматически «скачивать», они должны быть проанализированы. Не нужно «скачивать» готовые рефераты, так как их однообразие преподаватель сразу выявляет, кроме того, они могут быть сомнительного качества.

- В процессе изучения темы анализируйте несколько источников. Используйте научные специальные журналы.

- Полезным будет работа с электронными учебниками и учебными пособиями в Internet-библиотеках. Зарегистрируйтесь в них: университетская библиотека Онлайн (<http://www.biblioclub.ru/>) и электронно-библиотечная система «Лань» (<http://e.lanbook.com/>).
- При возникновении трудностей в процессе подготовки взаимодействуйте с преподавателем, консультируйтесь по самостоятельному изучению темы.

#### 4. Самостоятельная работа.

- При изучении дисциплины не все вопросы рассматриваются на лекциях и практических занятиях, часть вопросов рекомендуется преподавателем для самостоятельного изучения.
- Поиск ответов на вопросы и выполнение заданий для самостоятельной работы позволит вам расширить и углубить свои знания по курсу, применить теоретические знания в решении задач практического содержания, закрепить изученное ранее.
- Эти задания следует выполнять не «наскоком», а постепенно, планомерно, следуя порядку изучения тем курса.
- При возникновении вопросов обратитесь к преподавателю в день консультаций на кафедру.
- Выполнив их, проанализируйте качество их выполнения. Это поможет вам развивать умения самоконтроля и оценочные компетенции.

#### 5. Итоговый контроль.

- Для подготовки к зачету/экзамену возьмите перечень примерных вопросов у преподавателя.
- В списке вопросов выделите те, которые были рассмотрены на лекции, практических занятиях. Обратитесь к своим записям, выделите существенное. Для более детального изучения изучите рекомендуемую литературу.

#### **Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Для изучения курса необходимо иметь соответствующую математическую подготовку. Во всех разделах курса, начиная со статики, широко используется векторная алгебра. Необходимо уметь вычислять проекции векторов на координатные оси, находить геометрически (построением векторного треугольника или многоугольника) и аналитически (по проекциям на координатные оси) сумму векторов, вычислять скалярное и векторное произведения двух векторов и знать свойства этих произведений. Надо также уметь свободно пользоваться системой прямоугольных декартовых координат на плоскости и в пространстве, знать, что такое единичные векторы (орты) этих осей и как выражаются составляющие вектора по координатным осям с помощью ортов. При изучении раздела кинематика надо совершенно свободно уметь дифференцировать функции одного переменного, строить графики этих функций, быть знакомыми с понятиями о естественном трехграннике, кривизне кривой и радиусе кривизны, знать основы теории кривых второго порядка, изучаемой в аналитической геометрии. - Если в списке вопросов есть те, которые не рассматривались на лекции, на практическом занятии, изучите их самостоятельно. Если есть сомнения, задайте вопросы на консультации перед экзаменом.

- Продумайте свой ответ на экзамене, его логику. Помните, что ваш ответ украсит ссылка на источник литературы, иллюстрация практики применения теоретического знания, а также уверенность и наличие авторской аргументированной позиции как будущего субъекта профессиональной деятельности.

#### **Рекомендации по подготовке к практическим занятиям**

Практические занятия также имеют значение в учебном процессе. На таких занятиях обучающиеся учатся самостоятельно решать практические задачи, углубляют свои теоретические знания. Практическое занятие проводится по специальному плану-заданию, которое содержится в учебных книгах, учебно-методических материалах. Там же указываются материалы, на основе которых решается учебная задача, даются краткие методические рекомендации по выполнению домашнего задания. Рекомендуется составить план подготовки к занятию. Это не значит, что нужно обязательно составлять письменный документ. Достаточно, чтобы этот план, как говорится, «твердо сидел в голове». Иными словами, необходимо хорошо знать теорию вопроса, который является предметом

рассмотрения на практическом занятии. Подготовка к практическому занятию должна найти отражение в записях, желательно в той же тетради, посвященной данному предмету.

На практическом занятии обучающиеся сообщают варианты решения задач/ кейсов с соответствующей аргументацией и обоснованием, которые затем коллективно обсуждаются в порядке свободной дискуссии. Важно, чтобы каждый обучающийся стремился к активному участию в обсуждении решаемых проблем, чтобы в ходе практического занятия не оставалось непонятных вопросов. На занятии преподаватель может дать новые дополнительные задания, которые нужно решить здесь же и тем самым проверить, насколько глубоко освоены теоретические вопросы по теме. В случае пропуска практического занятия обучающийся обязан выполнить план-задание и отчитаться перед руководителем занятия в согласованное с ним время.

#### **4.2. Рекомендации по написанию конспекта**

Приступая к выполнению контрольных заданий, следует проработать теоретический материал. Для улучшения его усвоения необходимо вести конспектирование и после изучения темы ответить на вопросы самоконтроля. Конспект - это такое изложение констатирующих положений текста, которому присущи краткость, связность и последовательность. Конспект (от латинского conspectus) - обзор. Классификация конспектов. Существует следующая классификация конспектов: План-конспект. Сначала нужно написать план текста, а затем на пункты плана делаются комментарии: свободно изложенный текст либо цитаты. Тематический конспект - краткое изложение данной темы с использованием нескольких источников. Текстуальный конспект состоит из цитат одного текста. Свободный конспект - цитаты и собственные формулировки. Составление конспекта. А теперь о том, как составить конспект. Для начала определите цель написания конспекта. Когда будете читать изучаемый материал впервые, выделите его основные смысловые части, определите главное, сделайте выводы. Если вы составляете план-конспект, подумайте, какие пункты нужно в него включить, чтобы раскрыть каждое положение. Наиболее значимую информацию (тезисы) кратко и последовательно изложите своими словами либо запишите в виде цитат. Таким образом, конспект включает в себя основные положения, факты, примеры и выводы. Используйте условные обозначения, сокращайте отдельные слова. Выделяйте пункты и подпункты, подчеркивайте, выделяйте цветом ключевые слова.

Ценность конспекта заключается в том, что автор может писать его не по заданному образцу, а удобным для себя способом.

##### **Правила конспектирования**

- запишите название текста или его части
- отметьте выходные данные (место и год выпуска издания, имя издателя).
- осмыслите содержание текста.
- прочитайте материал дважды.
- составьте план, который станет основой конспекта.

В процессе конспектирования оставьте место (широкие поля) для заметок, дополнений, записи имен и незнакомых терминов. Вами должно быть отмечено то, что требует разъяснений. Запись ведите своими словами, что поможет лучшему осмыслению текста. Соблюдайте правила цитирования: цитата должна быть заключена в кавычки, дайте ссылку на ее источник, указав страницу. Классифицируйте знания, т.е. распределяйте их по группам, главам и т.д. Вы можете пользоваться буквенными обозначениями русского или латинского языков, а также цифрами. Диаграммы, схемы и таблицы придают конспекту наглядность. Следовательно, изучаемый материал легче усваивается.

Конспект может быть записан в тетради или на отдельных листках. Тетради удобно носить на лекции и семинары.

Рекомендуется оставлять поля для дальнейшей работы над конспектом. Вы можете вносить дополнительные записи, замечания и пункты плана. 10 Таким образом, конспектирование помогает пониманию и усвоению нового материала; способствует выработке умений и навыков грамотного изложения теории и практических вопросов в



письменной форме; формирует умение излагать своими словами мысли других людей. Вот почему хорошо написанный конспект является залогом успеха на экзамене и в профессиональной деятельности.

Изучите все аспекты правильного конспектирования, тогда вы научитесь трудиться на лекциях результативно и с удовольствием. Конспект-схема - это схематическая запись прочитанного.

Наиболее распространенными являются схемы «генеалогическое древо» и «паучок». В схеме «генеалогическое древо» выделяются основные составляющие наиболее сложного понятия, ключевые слова и т.п. и располагаются в последовательности «сверху вниз» — от общего понятия к его частным составляющим.

В схеме «паучок» название темы или вопроса записывается и заключается в овал» который составляет «тело паучка». Затем продумывается, какие понятия являются основными, их записывают на схеме так, что они образуют «ножки паучка». Для того чтобы усилить устойчивость «ножки», к ним присоединяют ключевые слова или фразы, которые служат опорой для памяти.

Составление конспектов-схем способствует не только запоминанию материала. Такая работа развивает способность выделять самое главное, существенное в учебном материале, классифицировать информацию.

Рекомендации по выполнению:

1. Подберите факты для составления схемы и выделите среди них основные, общие понятия.
2. Определите ключевые слова, фразы, помогающие раскрыть суть основного понятия.
3. Сгруппируйте факты в логической последовательности, дайте название выделенным группам.
4. Заполните схему данными.

## УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания кафедры

№ \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

### ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ

(Изменения и дополнения в РПД вносятся ежегодно и оформляются в данной форме. Изменения вносятся заменой отдельных листов (старый лист при этом цветным маркером перечеркивается, а новый лист с изменением степлером прикалывается к рабочей программе (хранится на кафедре), в электронной форме РПД должна быть актуализированной всегда, т.е. с внесенными изменениями).

При наличии большого количества изменений и поправок, затрудняющих понимание, возникших в связи с изменением нормативной базы ВО и другим причинам, проводится полный пересмотр РПД (т.е. выпускается новая РПД), которая проходит все стадии проверки и утверждения).

в рабочей программе (модуле) дисциплины \_\_\_\_\_

(название дисциплины)

по направлению подготовки (специальности) \_\_\_\_\_

на 20\_\_ / 20\_\_ учебный год

1. В \_\_\_\_\_ вносятся следующие изменения:  
(элемент рабочей программы)

- 1.1. ....;
- 1.2. ....;
- ...
- 1.9. ....

2. В \_\_\_\_\_ вносятся следующие изменения:  
(элемент рабочей программы)

- 2.1. ....;
- 2.2. ....;
- ...
- 2.9. ....

3. В \_\_\_\_\_ вносятся следующие изменения:  
(элемент рабочей программы)

- 3.1. ....;
- 3.2. ....;
- ...
- 3.9. ....

Составитель  
дата

подпись

расшифровка подписи

Зав. кафедрой

подпись

расшифровка подписи