



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
В.Р. Храмшин

10.02.2023 г

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**ТЕПЛОТЕХНИКА**

Направление подготовки (специальность)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

Направленность (профиль/специализация) программы

23.05.01 Автомобильная техника в транспортных технологиях

Уровень высшего образования - специалитет

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	3
Семестр	5

Магнитогорск  
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - специалитет по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства (приказ Минобрнауки России от 11.08.2020 г. № 935)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Теплотехнических и энергетических систем

17.01.2023 г. протокол № 5

Зав. кафедрой

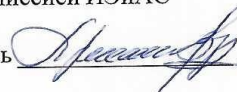


Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС

10.02.2023 г. протокол № 7

Председатель



В.П. Храмшин

Согласовано:

Зав. кафедрой Технологии, сертификации и сервиса автомобилей



И.Ю. Мезин

Рабочая программа составлена:  
ст. преподаватель кафедры ТиЭС



С.В. Матвеев

Рецензент:

Зам. начальника ЦЭСТ ПАО "ММК",  
канд. техн. наук



В.Н. Михайловский

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины «Теплотехника» является изучение основных понятий и законов термодинамики, теплопередачи, термодинамических процессов и циклов энергетических установок, способов передачи теплоты, горения газообразного, жидкого и твердого топлива.

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

Дисциплина Теплотехника входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Гидравлика

Математика

Физика

Химия

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Конструкция и эксплуатационные свойства автомобильной техники

Основы технологии производства автомобильной техники

Проектная деятельность

Технологические процессы технического обслуживания и ремонта НТТС

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теплотехника» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1	Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в сфере своей профессиональной деятельности и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных, математических и технологических моделей;
ОПК-1.1	Использует законы и методы математики, естественных наук при решении профессиональных задач
ОПК-1.2	Применяет и использует современные материалы и элементную базу узлов, деталей и приводов машин
ОПК-1.3	Применяет методы проектирования и расчета деталей и узлов машин
ОПК-1.4	Понимает конструкцию технического объекта по чертежу, демонстрирует первичные навыки выполнения конструкторской документации на основе стандартов ЕСКД

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 73,9 акад. часов;
- аудиторная – 72 акад. часов;
- внеаудиторная – 1,9 акад. часов;
- самостоятельная работа – 34,1 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Основы технической термодинамики								
1.1 Введение в теплотехнику. Основные понятия технической термодинамики. Параметры состояния. Термодинамические процессы.	5	2		2	1,7	Самостоятельное изучение учебной литературы. Приложение 1. Раздел 6, п. 6.1.	Конспект лекций	ОПК-1.1
1.2 Понятие о теплоте и работе. Опыт Джоуля. Понятие и аналитическое выражение первого закона термодинамики.		2		2	2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Приложение 1. Раздел 6, п. 6.2.	Конспект лекций. Сдача домашних задач.	ОПК-1.1
1.3 Понятие о циклах. Формулировка второго закона термодинамики. Обратимые и необратимые термодинамические процессы. Понятие об энтропии.		2		2	1,7	Самостоятельное изучение учебной литературы. Приложение 1. Раздел 6, п. 6.3.	Конспект лекций. Сдача домашних задач.	ОПК-1.1
1.4 Расчет основных термодинамических процессов. Понятие о смесях.		2		2	1,7	Самостоятельное изучение учебной литературы. Приложение 1. Раздел 6, п. 6.4.	Конспект лекций. Сдача домашних задач.	ОПК-1.1
1.5 Понятие о компрессорах. Принципы работы. Повышение эффективности работы.		2		2	1,8	Самостоятельное изучение учебной литературы. Приложение 1. Раздел 6, п. 6.5.	Конспект лекций. Сдача домашних задач.	ОПК-1.1

1.6	Характеристики топлив. Термодинамические основы теории горения. Коэффициент избытка воздуха.		2	2	2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Приложение 1. Раздел 6, п. 6.6.	Конспект лекций. Сдача домашних задач.	ОПК-1.1
1.7	Понятие о двигателях внутреннего сгорания. Циклы поршневых двигателей.		2	2	2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Приложение 1. Раздел 6, п. 6.7.	Конспект лекций. Сдача домашних задач.	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
1.8	Понятие о газотурбинных установках. Повышение эффективности работы.		2	2	2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Приложение 1. Раздел 6, п. 6.8.	Конспект лекций. Сдача домашних задач.	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4
1.9	Понятие о двигателях внешнего сгорания. Циклы Стирлинга. Работа паровой машины.		1	2	1,7	Самостоятельное изучение учебной литературы. Приложение 1. Раздел 6, п. 6.9.	Конспект лекций. Сдача домашних задач.	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4
1.10	Водяной пар. Основные виды и получение. Понятие о циклах паротурбинных установок.		2	2	2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Приложение 1. Раздел 6, п. 6.10.	Конспект лекций. Сдача домашних задач.	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4
1.11	Повышение эффективности работы паротурбинных установок. Понятие о ПГУ и бинарных циклах.		1	1	2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Приложение 1. Раздел 6, п. 6.11.	Конспект лекций. Сдача домашних задач.	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4
1.12	Понятие о влажном воздухе. Процессы влажного воздуха. h-d диаграмма.		1	2	1	Самостоятельное изучение учебной литературы. Приложение 1. Раздел 6, п. 6.12.	Конспект лекций. Сдача домашних задач.	ОПК-1.1
1.13	Понятие обратных термодинамических циклов. Циклы холодильных установок		3	2	2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Приложение 1. Раздел 6, п. 6.13.	Конспект лекций. Сдача домашних задач.	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.3
Итого по разделу		24		25	23,6			
2. Основы теплопередачи								
2.1	Основные виды теплопередачи. Закономерности, физика явлений.	5	2	1	2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Приложение 1. Раздел 6, п. 6.14.	Конспект лекций. Сдача домашних задач.	ОПК-1.1
2.2	Понятие о теплопроводности. Виды теплопроводности. Дифференциальное уравнение. Условия однозначности		2	1	2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Приложение 1. Раздел 6, п. 6.15.	Конспект лекций. Сдача домашних задач.	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4

2.3 Передача теплоты через стенки при граничных условиях 1 и 3-го родов и стационарном тепловом режиме.	2				Самостоятельное изучение учебной литературы. Приложение 1. Раздел 6, п. 6.16.	Конспект лекций. Сдача домашних задач.	ОПК-1.1, ОПК-1.3
2.4 Нестационарная теплопроводность. Понятие. Основы расчета.	1		2	2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Приложение 1. Раздел 6, п. 6.17.	Конспект лекций. Сдача домашних задач.	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4
2.5 Понятие о конвективном теплообмене. Виды конвекции. Основы расчета при вынужденном движении жидкости.	3		3	2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Приложение 1. Раздел 6, п. 6.18.	Конспект лекций. Сдача домашних задач.	ОПК-1.1, ОПК-1.3, ОПК-1.2, ОПК-1.4
2.6 Свободная конвекция у поверхностей. Основы расчета.	1		2	1,5	Самостоятельное изучение учебной литературы. Приложение 1. Раздел 6, п. 6.19.	Конспект лекций. Сдача домашних задач.	ОПК-1.1, ОПК-1.3, ОПК-1.2, ОПК-1.4
2.7 Понятие об излучении. Основные закономерности.	1		2	1	Самостоятельное изучение учебной литературы. Приложение 1. Раздел 6, п. 6.20.	Конспект лекций. Сдача домашних задач.	ОПК-1.1, ОПК-1.3, ОПК-1.2, ОПК-1.4
Итого по разделу	12		11	10,5			
Итого за семестр	36		36	34,1		зачёт	
Итого по дисциплине	36		36	34,1		зачет	

## **5 Образовательные технологии**

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Теплотехника» в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно-компетентностные технологии. Лекционный материал закрепляется на практических занятиях, где применяется совместная деятельность студентов в группе, направленная на решение общей задачи путем сложения результатов индивидуальной работы членов группы. Для развития и совершенствования коммуникативных способностей студентов организуются практические занятия в виде дискуссий, анализа реальных проблемных ситуаций и междисциплинарных связей из различных областей в контексте решаемой задачи. Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе подготовки конспектов лекций и решения домашних задач.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Семенов, Ю. П. Теплотехника : учебник / Ю. П. Семенов, А. Б. Левин. — 2-е изд. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 400 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/7972. - ISBN 978-5-16-010104-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1939094>.

2. Королев, В. Н. Теоретические основы теплотехники. Теплоперенос : учебное пособие / В. Н. Королев, А. В. Островская ; М-во науки и высш. обр. РФ. - Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2021. - 206 с. - ISBN 978-5-7996-3333-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1923171>

### **б) Дополнительная литература:**

1. Потапов, В. Я. Термодинамика и газодинамика : учебник / В. Я. Потапов, В. Н. Макаров, Н. В. Макаров ; под ред. д. т. н. В. Я. Потапова, д. т. н. В. Н. Макарова. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 272 с. - ISBN 978-5-9729-0827-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1902098>

2. Техническая термодинамика : учебник / В. В. Карнаух, А. Б. Бирюков, К. А. Ржесик, А. Н. Лебедев. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 500 с. - ISBN 978-5-9729-0862-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1902596>

3. Нарышкин, Д. Г. Химическая термодинамика с Mathcad. Расчетные задачи : учебное пособие / Д. Г. Нарышкин. — Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2023. — 199 с. — (Высшее образование). — <https://doi.org/10.12737/6556>. - ISBN 978-5-369-01479-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1905602>

### **в) Методические указания:**

1. Матвеев, С. В. Тепломассообмен : учебное пособие [для вузов] / С. В. Матвеев, 070 ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - ISBN 978-5-9967-1511-4. - Загл. с титул. экрана. - URL : <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3934.pdf&show=dcatalogues/1/1530507/3934.pdf&view=true>

### **г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**



### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно	бессрочно
MathCAD v.15 Education University	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
Браузер Mozilla Firefox	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MS Windows 10 Pro	К-79-21 от 22.11.2021	бессрочно
AdobeReader	свободно	бессрочно

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru">https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

В соответствии с учебным планом по дисциплине «Теплотехника» предусмотрены следующие виды занятий: лекционные занятия, самостоятельная работа, консультации (столбец ВНКР), практические занятия, зачет.

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Доска, мультимедийный проектор, экран

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования

Помещения для самостоятельной работы обучающихся: Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

**Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**  
Самостоятельная работа стимулирует студентов к проработке тем в процессе домашней или аудиторной самостоятельной работы.

### Оценочные средства для проведения текущего контроля

#### Перечень вопросов для текущего контроля

##### П. 6.1

1. Дайте определение идеального газа.
2. Что такое термодинамическая система? Какая система называется закрытой, открытой, замкнутой, адиабатной?
3. Что такое уравнение состояния? Написать уравнение состояния идеального газа.
4. Что такое термодинамический процесс? Объяснить понятия равновесный и неравновесный процессы.
5. Что такое теплота? Единицы измерения.
6. Что такое работа? Единицы измерения.

##### П. 6.2

1. Объяснить сходство и различие между теплотой и работой. Можно ли их назвать энергиями?
2. Что такое внутренняя энергия? Функцией чего она является и как может быть вычислена? Свойства внутренней энергии.
3. Что такое энтальпия газа? Как она связана с внутренней энергией? Физический смысл энтальпии. Функцией чего она является? Объяснить ее свойства.
4. Как изображаются работа расширения и располагаемая работа на диаграмме состояния в  $P$ - $v$  координатах?
5. Что такое массовая, объемная, мольная теплоемкость? Изобарная и изохорная теплоемкость?
6. Почему изобарная теплоемкость больше изохорной? Какая связь между ними?
7. От каких параметров зависит теплоемкость идеального газа? Как определяется изменение энтальпии и внутренней энергии идеального газа, если известны истинные и средние теплоемкости при постоянном давлении и при постоянном объеме?
8. Почему теплоемкость зависит от процесса? Дайте значения теплоемкостей для основных процессов изменения состояния.
9. Выведите уравнение Майера. Для какого газа оно справедливо? Физический смысл индивидуальной и универсальной газовой постоянной?

##### П. 6.3

1. Напишите аналитические выражения I закона термодинамики через энтальпию и внутреннюю энергию, объясните их. Объясните содержание закона.
2. Напишите аналитическое выражение II закона термодинамики. Содержание и основные формулировки II закона термодинамики.

3. В чем сущность статистического толкования второго закона термодинамики? Физический смысл энтропии. Связь между энтропией и термодинамической вероятностью.
4. Что такое обратимые и необратимые процессы? Изменение энтропии системы в необратимых процессах. Изменение энтропии в адиабатных процессах.
5. Как может изменяться энтропия в изолированной системе при протекании в ней различных термодинамических процессов? Дайте примеры.
6. Покажите, что термодинамический КПД идеального обратимого цикла Карно  $\eta_t = 1 - \frac{T_2}{T_1}$  не зависит от свойств рабочего тела, при помощи которого совершается цикл.

#### П. 6.4

1. Как определяется давление при изохорном процессе.
2. Как вычислить работу при изотермическом сжатии (расширении)
3. Определение разности энтальпий в изохорном процессе.
4. Что такое смесь.
5. Как определить газовую постоянную смеси
6. Как определить молекулярную массу смеси
7. Определение массовой и объемной долей компонентов смеси
8. Что такое парциальное давление.

#### П. 6.5

1. Изобразите в P-v и T-s - диаграммах изотермический, адиабатный и политропный процессы сжатия рабочего тела в компрессоре и покажите техническую работу, затрачиваемую на эти процессы. Какой из них наиболее выгоден?
2. Изобразите индикаторную диаграмму идеального одноступенчатого компрессора. В чем заключается принципиальное различие между ней и P-v - диаграммой процесса в том же компрессоре?
3. Что такое объемный КПД компрессора? Каково влияние вредного пространства на работу компрессора?
4. С какой целью применяется многоступенчатое сжатие? Покажите схему многоступенчатого компрессора, P-v и T-s - диаграмму с изображением процессов в многоступенчатом компрессоре (процесс сжатия – адиабатный).
5. Изобразите в T-s – диаграмме процесс политропного сжатия газа в многоступенчатом компрессоре при показателе политропы  $1 < n < K$ . Покажите на графике теплоту, отводимую от газа в цилиндрах компрессора и в промежуточных холодильниках.
6. Как вычисляется необходимое число ступеней сжатия в многоступенчатом компрессоре при заданных начальном и конечном давлениях рабочего тела.
7. Что такое внутренний относительный КПД компрессора и в каких случаях он используется для оценки эффективности его работы?

#### П. 6.6

1. Химическое равновесие и второй закон термодинамики
2. Константа равновесия и степень диссоциации.
3. Тепловой закон Нернста.
4. Что такое температура горения и как ее определить.

5. Что такое горение.

#### П. 6.7

1. От чего зависит коэффициент сжатия
2. Что такое детонация. Указать причины ее возникновения.
3. Что характеризует степень повышения давления в двигателях Дизеля.
4. Как сравнить различные циклы ДВС
5. Что такое степень предварительного расширения.
6. Где применяются двигатели Тринклера.
7. Какие предпосылки положены в основу идеализации циклов двигателей внутреннего сгорания? Изобразите в  $P-v$  и  $T-s$  –диаграммах идеальный цикл поршневых ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме, при постоянном давлении и со смешанным подводом теплоты и сопоставьте их с рабочими процессами в реальных двигателях.
8. 2. Как влияет степень сжатия на термический КПД идеального цикла поршневых ДВС и какие факторы ограничивают ее величину?
9. 3. Как влияет степень предварительного расширения на термический КПД идеального цикла ДВС с подводом теплоты при постоянном давлении?

#### П. 6.8

1. Изобразите принципиальную схему газотурбинной установки без регенерации. Опишите процессы в ее основных элементах и постройте идеальный цикл установки в  $P-v$  и  $T-s$  –диаграммах.
2. Изобразите принципиальную схему ГТУ с регенерацией. Опишите процессы в отдельных ее элементах и покажите на графике  $P-v$  и  $T-s$  –диаграммах, как осуществляется в такой установке регенерация теплоты.
3. Изобразите на  $T-s$  – диаграмме реальный цикл ГТУ с регенерацией теплоты. Объясните, что такое внутренний относительный КПД компрессора и турбины, внутренний абсолютный КПД установки, а также, что такое степень регенерации.

#### П. 6.9

1. В чем особенность работы цикла Стирлинга
2. Каков кпд цикла Стирлинга
3. Основной принцип работы паровой машины
4. Кто был первооткрывателем паровой машины. Рассказать о них.
5. Применение циклов Стирлинга в настоящее время
6. Применение паровых машин в настоящее время.

#### П. 6.10

1. Покажите, что применение пара в теплосиловых установках повышает коэффициент заполнения цикла. Каким требованиям должно удовлетворять рабочее тело, при помощи которого осуществляется паросиловой цикл?
2. Почему основным рабочим телом паросиловых установок служит водяной пар? Каковы его преимущества и недостатки по сравнению с парами других жидкостей?
3. Почему применение цикла Карно в паросиловых установках технически неосуществимо? Какие преимущества по сравнению с ним имеет цикл Ренкина?

4. Изобразите в P-v и T-s - диаграммах цикл Ренкина, опишите отдельные процессы из которых он состоит. В каких элементах схемы эти процессы осуществляются?
5. Как определяется работа, затрачиваемая на привод насоса? Почему при низких и средних давлениях пара этой работой можно пренебречь? Как в этом случае определяется термический КПД цикла Ренкина.

#### П. 6.11

1. Как влияют начальные параметры пара на термический КПД цикла Ренкина? Покажите их влияние с помощью T-s -диаграммы (для цикла Ренкина с перегретым паром).
2. Изобразите реальный цикл Ренкина с перегретым паром на T-s – диаграмме. Как определяется внутренний относительный КПД турбины, насоса, внутренний абсолютный КПД установки?
3. Изобразите на T-s – диаграмме идеальный цикл паросиловой установки с промежуточным перегревом пара. Объясните, какие процессы составляют цикл и в каких элементах они осуществляются. Как определяется термический КПД этого цикла?
4. Как сказывается промежуточный перегрев пара на конечной влажности пара?
5. Как практически осуществляется регенерация теплоты в паросиловых установках? Изобразите принципиальную схему такой установки с одним регенеративным отбором и объясните, почему термический КПД цикла в этом случае выше, чем у цикла Ренкина при тех же параметрах пара?
6. Покажите, что термический КПД цикла ПТУ с регенерацией повышается с повышением числа регенеративных отборов.
7. Составьте уравнение теплового баланса смешивающего регенеративного подогревателя паросиловой установки с одним регенеративным отбором и напишите выражение для определения ее термического КПД.
8. В чем заключается сущность комбинированной выработки электроэнергии и теплоты на ТЭЦ и каковы ее преимущества по сравнению с отдельной выработкой их? Для сопоставления используйте T-s – диаграмму.
9. Какие типы паровых турбин используются при комбинированной выработке электроэнергии и теплоты на ТЭЦ? Каковы преимущества, недостатки и область применения этих турбин?
10. Что такое коэффициент использования теплоты теплофикационной установки? Чему равно предельно высокое значение этого коэффициента для идеальной ТЭЦ и какие значения он может достигать в действительности?
11. Изобразите схему парогазовой установки с одной парогазовой турбиной, опишите ее работу и представьте идеальный цикл в T-s - диаграмме. Какие преимущества дает применение такого цикла по сравнению с циклом Ренкина. Как определяется термический КПД ПГУ?
12. Изобразите схему парогазовой установки с двумя турбинами (паровой и газовой), опишите работу ПГУ и представьте идеальный цикл в T-s - диаграмме. Как определяется термический КПД цикла, каковы преимущества использования двух рабочих тел.
13. Изобразите схему и цикл в T-s – диаграмме бинарной ртутно-водяной установки. Опишите достоинства и недостатки использования такой установки. Как определяется термический КПД цикла?

#### П. 6.12

1. Как выглядит и что изображено на H-d диаграмме влажного воздуха.

2. Что такое влагосодержание
3. Что такое относительная влажность воздуха и как она определяется
4. Понятие абсолютной влажности воздуха
5. Изобразите изохорное нагревание воздуха на диаграмме.

#### П. 6.13

1. Изобразите схему воздушной компрессионной холодильной установки, опишите ее работу и представьте ее идеальный цикл в  $P-v$  и  $T-s$  -диаграммах
2. Каково основное назначение детандера в воздушной компрессионной холодильной установке и почему его нельзя заменить дроссельным вентилем?
3. Что такое холодильный коэффициент и каково примерно его значение для воздушной холодильной установки? Какое значение имеет холодильный коэффициент эквивалентного по действию обратного цикла Карно?
4. Изобразите схему и идеальный цикл пароконденсационной холодильной установки с дроссельным вентилем и опишите процессы, из которых он состоит. Какова потеря холодопроизводительности, обусловленная заменой детандера дроссельным вентилем?
5. Какими свойствами должно обладать вещество, применяемое в качестве холодильного агента в пароконденсационных холодильных установках?
6. Какие преимущества имеет пароконденсационная холодильная установка по сравнению с воздушной холодильной установкой. Сопоставьте между собой идеальные циклы этих установок в  $T-s$  –диаграмме.
7. Изобразите схему парожеткционной холодильной установки и опишите ее работу, как происходит сжатие холодильного агента в этой установке и каким коэффициентом характеризуется ее эффективность? Покажите идеальный цикл установки на  $T-s$  –диаграмме.
8. Изобразите схему абсорбционной холодильной установки и опишите ее работу. Как повышается давление холодильного агента в этой установке?
9. В чем принципиальное отличие цикла теплового насоса от цикла холодильной установки? Изобразите в  $T-s$  – диаграмме идеальные циклы обеих установок и дайте пояснения по графику. Каким коэффициентом характеризуется эффективность цикла теплового насоса?

#### П. 6.14

1. Какова роль теплоэнергетики в развитии экономики страны?
2. Какие основные задачи развития российской теплоэнергетики вам известны?
3. Физическая сущность процессов переноса теплоты теплопроводностью, конвекцией и излучением.
4. Способы переноса теплоты, их основные закономерности. Каков механизм процесса теплопроводности в газах, жидкостях и твердых веществах?
5. Понятие температурного поля.
6. Физическая сущность процесса переноса теплоты теплопроводностью.

#### П. 6.15

1. Сформулируйте основной закон теплопроводности.
2. Понятие градиента температуры.
3. Что называется коэффициентом теплопроводности, его размерность, обозначение.
4. Как зависит коэффициент теплопроводности от температуры?

5. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
6. Условия однозначности для процессов теплопроводности.

#### П. 6.16

1. В каких случаях требуется задание начальных условий?
2. Как задаются граничные условия 1 рода?
3. Как задаются граничные условия 2 рода?
4. Как задаются граничные условия 3 рода.
5. Как задаются граничные условия 4 рода?
6. Какой тепловой режим называется стационарным?
7. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для стационарного режима.
8. Закон Ньютона – Рихмана.
9. Написать формулу для определения теплового потока через плоскую однослойную стенку.
10. Написать формулу для определения теплового потока плоской многослойной стенки.
11. Каков закон распределения температуры по толщине однослойной плоской стенки при  $\lambda = \text{const}$ ?
12. Как определяется тепловой поток при стационарном тепловом режиме и граничных условиях 3 рода для плоской стенки?
13. Каков закон распределения температуры по толщине однослойной цилиндрической стенки?
14. Решение д.у. для цилиндрической стенки и граничных условий 1 и 3 го родов.
15. Передача теплоты через многослойную цилиндрическую стенку.
16. Что понимается под процессом теплопередачи?
17. Уравнение теплопередачи.
18. Чем отличается теплопередача от теплоотдачи?
19. Чем отличается  $\alpha$  от  $K$ ?
20. Коэффициент теплопередачи для плоской стенки.
21. Коэффициент теплопередачи для цилиндрической стенки.

#### П. 6.17

1. Понятие нестационарного теплового режима.
2. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для нестационарного режима.
3. Что называется коэффициентом температуропроводности, его размерность, обозначение, физический смысл.
4. Понятие безразмерной температуры.
5. Число Био, его физический смысл.
6. Формула и физический смысл числа Фурье.
7. Суть графоаналитического метода расчета процесса нагрева термически массивных тел (с помощью номограмм).
8. Какие тела называются термически массивными?
9. Характер распределения температуры внутри термически массивного тела.
10. Какие тела называются термически тонкими?
11. Показать распределение температуры внутри термически тонкого тела.
12. Принцип расчета нагревания или охлаждения тел конечных размеров.

#### П. 6.18

1. В каких средах возможна конвекция?
2. Какие виды конвективного теплообмена вам известны?
3. Какие теплофизические свойства жидкостей вам известны?
4. Что понимается под вязкостью жидкости, какие виды вязкости вам известны?
5. Факторы, влияющие на конвективный теплообмен.
6. Режимы движения жидкости.
7. Как происходит перенос теплоты в ламинарном и турбулентном потоках?
8. Сформулируйте основной закон конвективного теплообмена (теплоотдачи конвекцией).
9. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл, обозначение и размерность. От каких факторов он зависит?
10. Перечислить дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.
11. Чем обусловлена вынужденная конвекция?
12. Числа подобия процессов конвективного теплообмена, их физический смысл.
13. Определяющие и определяемые числа подобия.
14. Число Рейнольдса, его физический смысл.
15. Что характеризует число Нуссельта, его физический смысл.
16. Понятие динамического пограничного слоя.
17. Понятие теплового пограничного слоя.
18. От чего зависит соотношение толщин динамического и теплового пограничных слоев?
19. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при вынужденной конвекции
20. Какое число подобия характеризует вынужденную конвекцию?
21. Структура пограничного слоя при вынужденном продольном обтекании плоской поверхности.
22. Показать характер изменения теплоотдачи по длине продольно обтекаемой поверхности.
23. В каких случаях в уравнение подобия вводится поправка  $(Pr_{ж}/ Pr_{г})^{0,25}$  и что она учитывает?
24. Особенности теплоотдачи капельных жидкостей по сравнению с теплоотдачей газов.
25. Критическое значение числа Рейнольдса при течении жидкостей в трубах.

#### П. 6.19

1. Физическая природа процесса теплоотдачи при свободной конвекции.
2. Факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи при свободной конвекции.
3. Какое число подобия характеризует свободную конвекцию?
4. Как определяется режим движения при свободной конвекции?
5. Число Грасгофа, его физический смысл.
6. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при свободной конвекции.
7. Влияние на интенсивность теплообмена расположения поверхности в пространстве.
8. Принцип расчета переноса теплоты через узкие щели с учетом свободной конвекции.

#### П. 6.20

1. Физическая сущность процесса теплового излучения.
2. Дайте определение поглощательной способности и степени черноты.



3. Дайте определение спектральной интенсивности излучения.
4. Понятие собственного излучения.
5. Понятие отражательной способности тела.
6. Связь между поглотительной, отражательной и пропускательной способностью тела.
7. Понятие эффективного теплового излучения. Чем оно отличается от собственного излучения?
8. Понятие результирующего излучения.
9. Чему равен коэффициент излучения абсолютно черного тела? Что он выражает?
10. Какие поверхности являются абсолютно белыми? Какие - зеркальными?
11. Какие тела можно считать серыми?
12. Что такое коэффициент излучения?
13. Закон Планка.
14. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана (основной закон теплового излучения).
15. Сформулируйте закон смещения Вина.
16. Уравнение переноса лучистой энергии в поглощающей среде.
17. Уравнение переноса лучистой энергии в поглощающе - излучающей среде.
18. Оптическая толщина среды.
19. Поглотительная способность газа.
20. Закон Бугера.
21. Число Бугера.
22. Коэффициент ослабления среды.
23. Особенности излучения газов и паров.
24. Какие газы способны излучать и поглощать лучистую энергию?
25. Какие газы можно считать прозрачными для тепловых лучей?
26. Степень черноты газа, ее определение.
27. Использование номограмм для определения степени черноты газов.
28. От чего зависит степень черноты газа.
29. Лучистый теплообмен между газовой средой и поверхностью твердого тела.

Самостоятельная работа выполняется обучающимся самостоятельно с использованием всех доступных образовательных инструментов. При выполнении самостоятельной работы обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В начале изучения дисциплины преподаватель предлагает обучающимся на выбор перечень вопросов для самостоятельной работы..

Исключительно важным является использование информационных источников, а именно системы «Интернет», что даст возможность обучающимся более полно изложить материал по самостоятельной работе.

В процессе работы обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать суть изучаемого материала.

Преподаватель, проверив работу, может вернуть ее для доработки вместе с письменными замечаниями. Обучающийся должен устранить полученные замечания в установленный срок, после чего работа окончательно оценивается.

### Оценочные средства проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
<b>ОПК-1: Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в сфере своей профессиональной деятельности и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных, математических и технологических моделей</b>		
ОПК-1.1	Использует законы и методы математики, естественных наук при решении профессиональных задач	<p>1. Написать уравнение I закона термодинамики через энтальпию.</p> <p>2. При исследовании какого термодинамического процесса используются функции?</p> <p>3. Как определяется работа расширения во всех термодинамических процессах идеального газа?</p> <p>4. Сущность II закона термодинамики.</p> <p>5. Для какого количества вещества справедливо выражение <math>Pv=RT</math>?</p> <p>а). для 1 кг;    г). для произвольного количества</p> <p>б). для 1 м<sup>3</sup>;    вещества;</p> <p>в). Для 1 моля;    д). для любого постоянного количества.</p> <p><b>Задача</b></p> <p>В процессе политропного расширения азота температура его уменьшилась от <math>t_1=20^\circ\text{C}</math> до <math>t_2=-40^\circ\text{C}</math>. Начальное давление азота <math>P_1=0,5\text{МПа}</math>, количество его <math>m=2\text{кг}</math>. Определить изменение энтропии в этом процессе, если известно, что количество подведенной теплоты составляет 90кДж.</p> <p>В регенеративном подогревателе газовой турбины воздух нагревается при постоянном давлении от <math>t_1=120^\circ\text{C}</math> до <math>t_2=450^\circ\text{C}</math>. Определить количество теплоты, сообщенной воздуху в единицу времени, если его расход составляет 200кг/час.</p> <p>Определить изменение энтропии 1 кг двуокиси углерода в изохорном процессе. Начальные параметры углекислоты: <math>t_1=40^\circ\text{C}</math>, <math>P_1=0,2\text{МПа}</math>, конечные: <math>t_2=253^\circ\text{C}</math>, <math>P_2=4,5\text{МПа}</math>.</p>
ОПК-1.2	Применяет и использует современные материалы и	<p style="text-align: center;"><b>Исследование конструкции паровой турбины на натурном образце</b></p> <p><b>Цель работы:</b> определение основных эксплуатационных и геометрических характеристик натурального образца паровой турбины; расчет параметров процесса расширения пара в турбине.</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																																				
	элементную базу узлов, деталей и приводов машин	<p><b>Используемое оборудование:</b></p> <p>Стационарное оборудование – натуральный образец паровой турбины типа ППТ-20. Приборы и исходные материалы, получаемые студентами при выполнении работы – микрометр, атласы и каталоги.</p> <p><b>План выполнения работы</b></p> <p>Исследованию подвергаются следующие элементы и узлы турбины ППТ-20 с определением:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Диаметров патрубков острого или свежего пара <math>D_{вх}</math> и мятого выхлопного пара противодавления <math>D_{вых}</math>;</li> <li>2) В каждом венце двухскоростной ступени шага – <math>t_1</math> и <math>t_2</math> (по боковой кромке лопаток), высоты <math>l_1</math> и <math>l_2</math> (с учетом толщины бандажа и замка лопатки), ширины <math>h_1</math> и <math>h_2</math> лопаток и расстояния между первым и вторым венцом <math>b</math> (с учетом выступающих краев бандажа);</li> <li>3) Диаметра колеса по бандажу для первого и второго венцов <math>d_1</math> и <math>d_2</math> и среднего диаметра первого венца <math>d_{ср} = d_1 - l_1 - 2h_б</math>, где <math>h_б</math> – толщина бандажа;</li> <li>4) Характера подвода пара (полный или парциальный) и степени парциальности <math>\varepsilon</math> (по длине дуги окружности <math>m</math>, занятой сопловой коробкой и среднему диаметру первого венца ступени <math>d_{ср}</math>);</li> <li>5) Условий уплотнения и конструкции переднего и заднего концевых лабиринтных уплотнений, с измерением их длины, соответственно <math>b_1</math> и <math>b_2</math> (вместе с карманом для подвода пара), и количества уплотнительных гребней в них <math>z_1</math> и <math>z_2</math>;</li> <li>6) Конструкции и условий охлаждения подшипников;</li> <li>7) Способа регулирования и конструкции регулятора;</li> <li>8) Замерить габаритные размеры турбины (по оси и высоте).</li> </ol> <p><b>Результаты исследования конструкции натурной паровой турбины</b></p> <table border="1" data-bbox="743 1193 2024 1410"> <thead> <tr> <th>лина турбины, см</th> <th>вх, мм</th> <th>вых, мм</th> <th>1, мм</th> <th>2, мм</th> <th><math>l_1</math>, мм</th> <th><math>l_2</math>, мм</th> <th>1</th> <th>2</th> <th></th> <th>1, см</th> <th>2, см</th> <th>б, мм</th> <th>ср, мм</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>,см</th> <th>,см</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30</td> <td>0</td> <td>60</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>7</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>0</td> <td>7</td> <td>9,5</td> <td>,5</td> <td>47</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	лина турбины, см	вх, мм	вых, мм	1, мм	2, мм	$l_1$ , мм	$l_2$ , мм	1	2		1, см	2, см	б, мм	ср, мм	1	2	,см	,см	30	0	60	1	0	0	7	6	7	0	7	9,5	,5	47	0	0	0	10
лина турбины, см	вх, мм	вых, мм	1, мм	2, мм	$l_1$ , мм	$l_2$ , мм	1	2		1, см	2, см	б, мм	ср, мм	1	2	,см	,см																					
30	0	60	1	0	0	7	6	7	0	7	9,5	,5	47	0	0	0	10																					

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ОПК-1.3	Применяет методы проектирования и расчета деталей и узлов машин	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определить термический к.п.д. и параметры (<math>p</math>, <math>v</math>, <math>T</math>) в характерных точках цикла двигателя внутреннего сгорания (ДВС) со смешанным подводом тепла, если дано: начальный объём рабочего тела <math>v_1</math>, м<sup>3</sup>/кг, начальное давление рабочего тела <math>p_1</math>, МПа, степень сжатия <math>\epsilon</math>, степень повышения давления <math>\lambda</math>, степень предварительного расширения <math>\rho</math>. Рабочее тело — воздух. Теплоёмкость рабочего тела считать постоянной, <math>k=1,4</math>. Исходные данные <math>v_1=1</math> м<sup>3</sup>/кг; <math>p_1=0,1</math> МПа; <math>\epsilon=13</math>; <math>\rho=1,4</math>; <math>\lambda=1,25</math>.</li> <li>2. Поршневой двигатель работает по циклу с подводом теплоты при <math>v=\text{const}</math> (рабочее тело — воздух). Начальное состояние воздуха: <math>p_1=0,08</math> МПа; <math>t_1=17</math> °С. Степень сжатия <math>\epsilon=4,6</math>. Количество подведенной теплоты 1050 кДж/кг. Определить термический КПД двигателя и его мощность, если диаметр цилиндра <math>D=420</math> мм, ход поршня <math>S=340</math> мм, частота вращения <math>n=200</math> мин<sup>-1</sup> и за каждые два оборота совершается один цикл. Изобразить цикл в диаграммах <math>p-v</math> и <math>T-s</math>.</li> </ol>
ОПК-1.4	Понимает конструкцию технического объекта по чертежу, демонстрирует первичные навыки выполнения конструкторской документации на основе стандартов ЕСКД	<p style="text-align: center;"><b>ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПАРОВЫХ ТУРБИН ПО АТЛАСАМ</b></p> <p><b>Цель работы:</b> изучение и идентификация основных конструкций паровых турбин и их элементов с помощью атласов и каталогов турбинного оборудования.</p> <p><b>Используемое оборудование:</b></p> <p>Стационарное оборудование — натурный образец паровой турбины. Приборы и исходные материалы, получаемые студентами при выполнении работы — микрометр, атласы и каталоги.</p> <p style="text-align: center;"><b>План выполнения работы</b></p> <p>Работа выполняется с использованием атласа конструкций паровых турбин. Изучению подлежат следующие конструкции, приведенные на страницах и листах атласов при обозначениях, принятых в атласах и современных типоразмеров:</p> <p>а) турбины средней мощности АК-6 или К-6-3,9; АП-6 или П-6-3,9/1,6; АТ-6 или Т-6-3,9 - с. 28; АР-6-6-2 или Р-6-3,9/0,6; АКВ-9-; АКВ-18; АК-12-1 или К-12-3,9; АПТ-12-1 или ПТ-12-3,9/1,6; ВР-6-2 или Р-6-9,8/3,9;</p> <p>б) турбины большой мощности и нормального давления АК-50-2 или К-50-3,9; АП-25-2 или П-25-3,9/1,6</p> <p>в) турбины высокого давления ВК-50-1 или К-50-9,8; ВК-100-2 или К-100-12; ВТ-25-4 или Т-25-9,8;</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>ВПТ-25-3 или ПТ-25-9,8/1,6; ВР-25-31 или Р-25-9,8/3,9</p> <p>г) турбина сверхвысокого давления СВК-150-1 или К-150-14.</p> <p style="text-align: center;"><b>Результаты анализа конструкций паровых турбин</b></p> <p>Необходимо привести характеристики и параметры для каждой турбины в следующей последовательности: <b>тип</b> [чисто конденсационная (К), теплофикационные с производственным (П) и отопительным (Т) отборами, противоаварийная (Р)] и <b>применение</b> (энергетическая или приводная); <b>мощность</b> <math>N_{эл}</math>, МВт (первая цифра в типоразмере); <b>параметры пара</b> (давление острого пара, МПа — вторая цифра, давление на производственном отборе или противоаварийного — третья или четвертая цифра в типоразмере); <b>число оборотов</b> на валу <math>n</math>, об/мин (для энергетических — 3000 об/мин, для приводных — варьируется); <b>состав проточной части</b> — число цилиндров (одно-, двух- или трехцилиндровая соответственно, ЦВД, ЦСД и ЦНД) и <b>частей</b> в пределах цилиндра (ЧВД, ЧСД, ЧНД); <b>количество</b> (общее по цилиндрам и в пределах части) и <b>тип ступеней</b> (скоростные регулирующие ступени — одно- или двухскоростные и ступени давления); особенности <b>подвода пара</b> по ступеням (полный или парциальный — верхний или нижний); характер <b>канализации</b> пара (однопоточная, двухпоточная, ярусная); наличие, количество и расположение по проточной части нерегулируемых (регенеративных) и регулируемых или теплофикационных (производственных и отопительных) отборов; особенности регулирования паро распределения (дрессельное, сопловое или обводное).</p> <p>Представить принципиальные тепловые схемы конденсационных турбин с одним производственным отбором АП-4 или П-4-3,5/0, и турбины АПТ-12-1 или ПТ-12-3,9/0,5 с производственным и отопительным отборами.</p>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания (зачет).**

Зачет выставляется за все сданные задания по результатам рейтинга либо в форме собеседования. Посещение лекции – 1 балл, оценка заданий по 5-ти бальной шкале. В конце семестра баллы суммируются и вычисляется процент от максимально-возможной суммы баллов за семестр.

**Показатели и критерии оценивания зачета:**

– на оценку **«зачтено»** – обучающийся демонстрирует от высокого до порогового уровня сформированности компетенций (свыше 75 % рейтинга):

– всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности в рамках теплотехники.

– основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«незачтено»** – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач; обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.