

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Воткинский филиал  
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»  
(ВФ ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»)



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине: Термодинамика и теплопередача

для специальности: 24.05.01 – «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», специализация «Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива»

форма обучения: очная

общая трудоемкость дисциплины составляет: 8 зачетных единиц

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		6	7		
<b>Контактные занятия (всего)</b>	<b>128</b>	80	48		
В том числе:					
Лекции	48	32	16		
Практические занятия (ПЗ)	48	32	16		
Семинары (С)	-	-	-		
Лабораторные работы (ЛР)	32	16	16		
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>124</b>	28	96		
В том числе:					
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)		э-36	зач.		
Общая трудоемкость час	<b>288</b>	144	144		
зач. ед.	<b>8</b>	4	4	-	-

Кафедра «Ракетостроение»

Составитель: Коренев Алексей Анатольевич, кандидат технических наук

27 февраля 2017 г.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и рассмотрена на заседании кафедры

Протокол от 25.05. 2020 г. № 9

Заведующий кафедрой  
25.05. 2020 г.

Ф.А. Уразбахтин

СОГЛАСОВАНО

Количество часов рабочей программы и формируемые компетенции соответствуют учебному плану направления 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», специализация «Ракетно-космические композитные конструкции».

Протокол заседания учебно-методической комиссии по УГСН 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», специализация «Ракетно-космические композитные конструкции» от 26.05 2020 г. № 2

Председатель учебно-методической комиссии по УГСН 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», специализация «Ракетно-космические композитные конструкции».

Ф.А.Уразбахтин

26.05 2020 г.

Руководитель образовательной программы

Ф.А. Уразбахтин

26.05 2020 г.

Название дисциплины		Термодинамика и теплопередача				
Номер	83		Академический год	2020/2021	семестр	6, 7
кафедра	«Ракето-строение»	Программа	24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», специализация «Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива»			
Составитель	Корнев А.А., к.т.н.					
Цели и задачи дисциплины, основные темы	<p><b>Цели:</b> Освоение студентами основных теоретических положений курса, необходимых для изучения специальных дисциплин, грамотной инженерной оценки тепловых явлений в системах и агрегатах, приобретение знаний и умений термодинамического исследования процессов и циклов тепловых машин, по расчету теплообменных аппаратов и устройств, систем нагрева и охлаждения.</p> <p><b>Задачи:</b> приобретение знаний по теоретическим основам технической термодинамики и расчету термодинамических процессов, по расчету процессов теплопередачи; получение представления об основах преобразования теплоты в другие виды энергии, о возобновляемых и невозобновляемых видах энергии; освоение методов и приемов аналитического и графического исследования тепловых процессов; приобретение практических навыков по расчету тепловых режимов отдельных узлов и агрегатов силовых установок летательных аппаратов; знаний по теоретическим основам взаимопревращения тепловой и механической энергии; сформировать базовые знания об основных закономерностях теплообмена; выработка навыка использования справочного материала при решении инженерно-технических задач.</p> <p><b>Знания:</b> положения теоретических основ взаимопревращения тепловой и механической энергии; основные законы термодинамики и теплопередачи; термодинамические параметры рабочих тел, тепло-емкость, энтальпию и энтропию; основные термодинамические процессы; идеальные термодинамические циклы, бинарные процессы и бинарные циклы; основные понятия и определения теории теплообмена, виды теплообмена, дифференциальные уравнения теплоотдачи и теплопроводности; граничные условия I, II, III, IV рода; теплопроводность и теплопередача при стационарном и нестационарном режиме; конвективный теплообмен и коэффициент теплоотдачи; критериальные числа подобия (Нуссельта, Рейнольдса, Прандтля, Грасгофа, Пекле); радиационный теплообмен (излучение) и его основные законы (Планка, Вина, Стефана–Больцмана, Кирхгофа); организацию и расчет тепло-вой защиты поверхностей;</p> <p><b>Умения:</b> исследовать и решать задачи термодинамики; рассчитывать термодинамические процессы; определять термические параметры во всех характерных точках любого теплового двигателя (установки) и холодильной машины; определять термическую эффективность любого теплового двигателя (установки) и холодильной машины; и решать задачи теплопередачи и теплообмена; температурные поля плоских и цилиндрических одно- и многослойных стенок; осуществлять выбор конструкционных материалов при проектировании узлов и агрегатов летательных аппаратов;</p> <p><b>Навыки:</b> методиками термодинамических расчетов; методами и приемами аналитического и графического исследования тепловых процессов; методиками расчета процессов теплопередачи и теплообмена; навыком использования справочного материала при решении инженерно-технических задач.</p> <p><b>Лекции (основные темы):</b> основные понятия термодинамики. Термодинамические процессы. Термодинамические циклы энергетических установок. Основные понятия и определения теории теплообмена (I). Основные понятия и определения теории теплообмена (II). Теплоотдача и конвекция. Теплообмен излучением. Организация и расчет тепловой защиты поверхностей.</p> <p><b>Лабораторные работы:</b> определение термодинамических свойств смеси газов. Первый закон термодинамики. Законы и уравнение состояния идеальных газов. Теплоемкость, энтальпия и внутренняя энергия газов в идеальном состоянии. Термодинамические процессы. Исследование процессов в соплах и диффузорах. Идеальный цикл Карно. Компрессоры и циклы двигателей внутреннего сгорания. Расчет температурных полей при стационарной теплопроводности. Расчет нестационарных температурных полей в плоских и цилиндрических стенках. Теория подобия в задачах конвективного теплообмена. Расчет тепловой защиты.</p> <p><b>Практические занятия.</b> Параметры состояния рабочего тела. Уравнение состояния идеальных газов. Термодинамические процессы. Определение термодинамических свойств смеси газов. Первый закон термодинамики. Законы и уравнение состояния идеальных газов. Второй закон термодинамики. Циклы энергетических установок. Теплопроводность в плоской и цилиндрической стенке. Истечение и дросселирование газов и паров. Лучистый теплообмен между телами, разделенными прозрачной средой. Расчет теплозащитного покрытия.</p>					
Основная литература	<p>1. Теоретические основы термодинамики и теплопередачи [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Н. Ларионов, Ю. И. Кураков, В. С. Воишев [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2015. — 200 с. — 978-5-7267-0836-2. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/72761.html">http://www.iprbookshop.ru/72761.html</a>. 2. Скаков С. В. Техническая термодинамика [Электронный ресурс] : курс лекций. — Электрон. текстовые данные. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014. — 122 с. — 978-5-88247-698-3. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/55663.html">http://www.iprbookshop.ru/55663.html</a></p>					
Технические средства	Персональный компьютер					
Компетенции	Приобретаются студентами при освоении модуля					
Общекультурные	—					
Профессиональные	<p><b>ПК-1.</b> Способность работать в информационно-коммуникационном пространстве, проводить твердотельное компьютерное моделирование, прочностные, динамические и тепловые расчеты с использованием программных средств общего назначения; <b>ПК-2.</b> Способность анализировать состояние и перспективы развития как ракетной и ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных направлений, создавать математические модели функционирования объектов ракетной и ракетно-космической техники; <b>ПК-27.</b> Способность с использованием компьютерных технологий проводить лабораторные, стендовые и диагностические испытания, а также обрабатывать и анализировать полученные результаты; <b>ПК-28.</b> Способность сравнивать результаты экспериментов и теоретических расчетов, делать необходимые выводы и проводить верификацию математических моделей изделия для прогнозирования возможных нештатных ситуаций при его эксплуатации; <b>ПСК-5.1.</b> Способность проводить проекторочные расчёты баллистических ракет с РДТТ различного назначения, а также прочностные, тепловые, теплофизические и динамические расчёты твёрдотопливных двигателей, зарядов твёрдого топлива, подкреплённых отсеков, вспомогательных двигателей и других систем.</p>					
Зачетных единиц	8	Форма проведения занятий	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
		Всего часов	48 (32/16)	48 (32/16)	32 (16/16)	124 (28/96)
Виды контроля	Диф.зач /зач/экз	КП/КР	Условие зачета дисциплины	Получение оценки 3, 4 или 5 / «зачтено»	Форма проведения самостоятельной работы	Подготовка к практическим и лабораторным работам, экзамену
формы	экз. / зачет	нет-				
Перечень дисциплин, знание которых необходимо для изучения дисциплины				Высшая математика, Физика		

## **1. Цели и задачи дисциплины:**

**Целью** преподавания дисциплины является освоение студентами основных теоретических положений курса, необходимых для изучения специальных дисциплин, грамотной инженерной оценки тепловых явлений в системах и агрегатах, приобретение знаний и умений термодинамического исследования процессов и циклов тепловых машин, по расчету теплообменных аппаратов и устройств, систем нагрева и охлаждения.

### **Задачи** дисциплины:

- приобретение знаний по теоретическим основам технической термодинамики и расчету термодинамических процессов, по расчету процессов теплопередачи;
- получение представления об основах преобразования теплоты в другие виды энергии, о возобновляемых и невозобновляемых видах энергии;
- освоение методов и приемов аналитического и графического исследования тепловых процессов;
- приобретение практических навыков по расчету тепловых режимов отдельных узлов и агрегатов силовых установок летательных аппаратов;
- знаний по теоретическим основам взаимопревращения тепловой и механической энергии;
- сформировать базовые знания об основных закономерностях теплообмена;
- выработка навыка использования справочного материала при решении инженерно-технических задач.

В результате изучения дисциплины студент должен

### **знать:**

- положения теоретических основ взаимопревращения тепловой и механической энергии;
- основные законы термодинамики и теплопередачи;
- термодинамические параметры рабочих тел, теплоемкость, энтальпию и энтропию;
- основные термодинамические процессы;
- идеальные термодинамические циклы, бинарные процессы и бинарные циклы;
- основные понятия и определения теории теплообмена, виды теплообмена;
- дифференциальные уравнения теплоотдачи и теплопроводности;
- граничные условия I, II, III, IV рода;
- теплопроводность и теплопередача при стационарном и нестационарном режиме;
- конвективный теплообмен и коэффициент теплоотдачи;
- критериальные числа подобия (Нуссельта, Рейнольдса, Прандтля, Грасгофа, Пекле);
- радиационный теплообмен (излучение) и его основные законы (Планка, Вина, Стефана–Больцмана, Кирхгофа);
- организацию и расчет тепловой защиты поверхностей;

### **уметь:**

- исследовать и решать задачи термодинамики;
- рассчитывать термодинамические процессы;
- определять термические параметры во всех характерных точках любого теплового двигателя (установки) и холодильной машины;
- определять термическую эффективность любого теплового двигателя (установки) и холодильной машины;
- и решать задачи теплопередачи и теплообмена;
- температурные поля плоских и цилиндрических одно- и многослойных стенок;
- осуществлять выбор конструкционных материалов при проектировании узлов и агрегатов летательных аппаратов;

### **владеть:**

- методиками термодинамических расчетов;

- методами и приемами аналитического и графического исследования тепловых процессов;
- методиками расчета процессов теплопередачи и теплообмена;
- навыком использования справочного материала при решении инженерно-технических задач.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО:

**2.1.** Дисциплина «Термодинамика и теплопередача» относится к базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)» ООП ВО.

**2.2.** Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: Высшая математика, Физика.

**2.3.** Изучения дисциплины студент должен:

### знать:

- виды и принципы инженерных расчетов;
- раздел «основы термодинамики» курса физики;

**уметь:** применять на практике навыки работы со справочниками при решении профессиональных задач;

**владеть:** основами расчета термодинамических процессов.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

### 3.1 Знания, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

№ п/п	Знания
1.	Положения теоретических основ взаимопревращения тепловой и механической энергии.
2.	Основные законы термодинамики.
3.	Термодинамические параметры рабочих тел, теплоемкость, энтальпия и энтропия.
4.	Основные термодинамические процессы.
5.	Идеальные термодинамические циклы, бинарные процессы и бинарные циклы.
6.	Основные понятия и определения теории теплообмена, виды теплообмена.
7.	Дифференциальные уравнения теплоотдачи и теплопроводности.
8.	Основные законы теплопередачи, граничные условия I, II, III, IV рода.
9.	Теплопроводность и теплопередача при стационарном и нестационарном режиме.
10.	Конвективный теплообмен и коэффициент теплоотдачи.
11.	Критериальные числа подобия (Нуссельта, Рейнольдса, Прандтля, Грасгофа, Пекле).
12.	Радиационный теплообмен (излучение) и его основные законы (Планка, Вина, Стефана–Больцмана, Кирхгофа).
13.	Организация и расчет тепловой защиты поверхностей.

### 3.2 Умения, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

№ п/п	Умения
1.	Исследовать и решать задачи термодинамики.
2.	Рассчитывать термодинамические процессы.
3.	Определять термические параметры во всех характерных точках любого теплового двигателя (установки) и холодильной машины.
4.	Определять термическую эффективность любого теплового двигателя (установки) и холодильной машины.
5.	Исследовать и решать задачи теплопередачи и теплообмена.
6.	Рассчитывать температурные поля плоских и цилиндрических одно- и многослойных стенок.
7.	Осуществлять выбор конструкционных материалов при проектировании узлов и

	агрегатов летательных аппаратов.
--	----------------------------------

### 3.3 Навыки, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

№ п/п	Навыки
1.	Владеть методиками термодинамических расчетов.
2.	Владеть методами и приемами аналитического и графического исследования тепловых процессов.
3.	Применять на практике навыки использования справочного материала при решении инженерно-технических задач.
4.	Владеть методиками расчета процессов теплопередачи и теплообмена.

### 3.4 Компетенции, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

Компетенции	Знания (№№ из 3.1)	Умения (№№ из 3.2)	Навыки (№№ из 3.3)
<b>ПК-1.</b> Способность работать в информационно-коммуникационном пространстве, проводить твердотельное компьютерное моделирование, прочностные, динамические и тепловые расчеты с использованием программных средств общего назначения.	1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 13	1, 2, 5, 6	1, 2, 3, 4
<b>ПК-2.</b> Способность анализировать состояние и перспективы развития как ракетной и ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных направлений, создавать математические модели функционирования объектов ракетной и ракетно-космической техники.	3, 7, 13	3, 4, 5, 7	1, 3
<b>ПК-27.</b> Способность с использованием компьютерных технологий проводить лабораторные, стендовые и диагностические испытания, а также обрабатывать и анализировать полученные результаты.	3, 4, 5, 6, 7, 11, 12	1, 3, 5	1, 2, 4
<b>ПК-28.</b> Способность сравнивать результаты экспериментов и теоретических расчетов, делать необходимые выводы и проводить верификацию математических моделей изделия для прогнозирования возможных нештатных ситуаций при его эксплуатации	4, 8, 11	1, 3, 5, 7	1, 2, 3, 4
<b>ПСК-5.1.</b> Способность проводить проектировочные расчёты баллистических ракет с ракетными двигателями твердого топлива различного назначения, а также прочностные, тепловые, теплофизические и динамические расчёты твёрдотопливных двигателей, зарядов твёрдого топлива, подкреплённых отсеков, вспомогательных двигателей и других систем	1, 2, 6, 9, 10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5, 6, 7	1, 2, 3, 4

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

##### 4.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				лек	прак	лаб	СРС	
	<b>6 семестр</b>							
1	<b>Основные понятия термодинамики.</b> Идеальные газы и их смеси. Реальные газы. Водяной пар. Первый закон термодинамики.	6	1 2 3 4 5 6	2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2	2 2 2	8	Защита отчетов по практическим и лабораторным работам Контрольная работа 1
2	<b>Термодинамические процессы.</b> Второй закон термодинамики. Термодинамические процессы изменения состояния идеального газа. Термодинамика газового потока.	6	7 8 9 10 11 12	2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2	2 2	10	1 аттестация  Защита отчетов по практическим и лабораторным работам Контрольная работа 2
3	<b>Термодинамические циклы энергетических установок.</b>	6	13 14 15  16 17	2 2 2  2	2 2 4  4	4	10	Защита отчетов по практическим и лабораторным работам Контрольная работа 3 2 аттестация 3 аттестация
	Экзамен						36	Вопросы к экзамену
	<b>Всего 6 семестр</b>			<b>32</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>64</b>	
	<b>7 семестр</b>							
4	<b>Основные понятия и определения теории теплообмена (I).</b> Теплоотдача и теплопроводность.	7	1 2 3 4 5 6	2 2 2 2 2	2 2 2 2	2 2	30	Защита отчетов по практическим и лабораторным работам Контрольная работа 1
5	<b>Основные понятия и определения теории теплообмена (II).</b> Теплоотдача и конвекция.	7	7 8 9 10 11 12	2 2 2 2 2	2 2 2 2	2 2	32	1 аттестация  Защита отчетов по практическим и лабораторным работам Контрольная работа 2
6	<b>Теплообмен излучением.</b> Организация и расчет	7	13 14	2 2	2 2	4	32	Защита отчетов по практическим и

	тепловой защиты поверхностей.	15	2	2			лабораторным работам Контрольная работа 3 2 аттестация Вопросы к зачету
	Зачет	16				2	
	<b>Всего 7 семестр</b>		<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>96</b>	
	<b>Итого:</b>		<b>48</b>	<b>48</b>	<b>32</b>	<b>160</b>	

#### 4.2. Содержание разделов курса

№ п/п	Раздел дисциплины	Знания (номер из 3.1)	Умения (номер из 3.2)	Навыки (номер из 3.3)
1	<b>1. Основные понятия термодинамики.</b> 1.1. Предмет и история развития термодинамики. Основные понятия. Термодинамические параметры состояния газа. Уравнение состояния. Идеальные газы. 1.2. Основные газовые законы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Смеси идеальных газов. Закон Дальтона. Уравнение состояния смеси и расчет долей компонентов и теплоемкости смеси. 1.3. Теплоемкость газов. Истинная и средняя теплоемкости. Зависимость теплоемкости от температуры и характера процесса. Термодинамический процесс. Первый закон термодинамики, энтальпия. 1.4. Изменение внутренней энергии и работа газа в термодинамическом процессе. Водяной пар и его свойства.	1, 2, 3  1, 2  1, 2, 3  1, 2, 3	1, 2  1, 2  1, 2  1, 2	1, 3  1, 3  1, 3  1, 3
2	<b>2. Термодинамические процессы.</b> 2.1. Основные термодинамические процессы (изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный). 2.2. Второй закон термодинамики. Энтропия и закон ее возрастания. Работоспособность. $Ts$ – диаграмма термодинамических процессов. 2.3. Термодинамика потока газа или пара. Уравнение первого закона термодинамики для движущегося газа. Скорость и расход газа при течении. 2.4. Критическое сечение. Дросселирование газов и паров.	1, 3, 4  1, 2, 3  1, 2, 3  1, 3, 4	1, 2  1, 2, 3  1, 2, 3  1, 2, 3	1, 3  1, 2, 3  1, 2, 3  1, 3
3	<b>3. Термодинамические циклы энергетических установок</b> 3.1. Циклы теплового двигателя и холодильной машины. Идеальные циклы (Карно). КПД и холодильный коэффициент тепловых установок. 3.2. Циклы компрессорных машин и поршневых двигателей внутреннего сгорания. Термодинамические циклы Аткинсона, Брайтона/Джоуля; Дизеля, Ленуара, Миллера, Отто, Ренкина, Стёрлинга, Тринклера и Хамфри.	1, 4, 5  1, 4, 5	3, 4  3, 4	1, 2, 3  1, 2, 3



	3.3. Циклы газотурбинных установок и реактивных двигателей. Жидкостные реактивные двигатели. Воздушно-реактивные двигатели.	1, 4, 5	3, 4	1, 2, 3
4	<b>4. Основные понятия и определения теории теплообмена (I).</b> 4.1. Виды теплообмена. Основные законы термодинамики и теплопередачи. 4.2. Теплопроводность плоской, цилиндрической и шаровой стенок; круглого стержня и трубы с внутренним источником теплоты. 4.3. Дифференциальные уравнения теплоотдачи и теплопроводности, массообмена, движения и сплошности, граничные условия I, II, III, IV рода. 4.4. Теплопроводность и теплопередача при стационарном и нестационарном режиме.	6, 8 6, 8 6, 7, 8 6, 7, 9	5 5, 6 5 5, 6	1, 3, 4 1, 3, 4 1, 3, 4 1, 3, 4
5	<b>5. Основные понятия и определения теории теплообмена (II).</b> 5.1. Конвективный теплообмен, закон Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. 5.2. Основы теории подобия физических явлений. Критериальные числа подобия (Нуссельта, Рейнольдса, Прандтля, Грасгофа, Пекле, Фурье). 5.3. Теплообмен при свободной и вынужденной конвекции. Теплообмен при кипении и конденсации. 5.4. Гипотеза пограничного слоя и уравнение теплоотдачи в пограничном слое.	6, 10 6, 10, 11 6, 10 6, 10	5 5 5 5	3, 4 3, 4 3, 4 3, 4
6	<b>6. Теплообмен излучением.</b> 6.1. Радиационные характеристики тел. Законы теплового излучения (Планка, Вина, Стефана–Больцмана, Кирхгофа). 6.2. Теплообмен излучением абсолютно черных и реальных тел. Тепловое излучение газов и смесей. 6.3. Температурные поля в конструкциях летательных аппаратов. Организация и расчет тепловой защиты поверхностей. 6.4. Теплопередача. Сложный теплообмен. Теплопередача через стенку. Тепловая изоляция.	6, 12 6, 12 6, 13 6, 13	5, 7 5, 7 5, 6, 7 5, 6, 7	3, 4 3, 4 3, 4 3, 4

#### 4.3. Наименование тем практических занятий, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование темы практического занятия	Трудоемкость (час)
	<b>6 семестр</b>		
1	1	Параметры состояния рабочего тела.	4
2	1	Уравнение состояния идеальных газов. Термодинамические процессы.	4
3	1	Определение термодинамических свойств смеси газов.	4
4	2	Первый закон термодинамики.	4
5	2	Законы и уравнение состояния идеальных газов.	4

6	2	Второй закон термодинамики.	4
7	3	Циклы энергетических установок.	8
<b>Всего 6 семестр</b>			<b>32</b>
<b>7 семестр</b>			
8	4	Теплопроводность в плоской и цилиндрической стенке.	4
9	5	Истечение и дросселирование газов и паров.	4
10	6	Лучистый теплообмен между телами, разделенными прозрачной средой.	4
11	6	Расчет теплозащитного покрытия.	4
<b>Всего 7 семестр</b>			<b>16</b>
<b>ИТОГО</b>			<b>48</b>

#### 4.4. Наименование тем лабораторных работ, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час)
<b>6 семестр</b>			
1	1	Определение термодинамических свойств смеси газов.	2
2	1	Первый закон термодинамики.	2
3	1	Законы и уравнение состояния идеальных газов.	2
4	2	Теплоемкость, энтальпия и внутренняя энергия газов в идеальном состоянии.	2
5	2	Термодинамические процессы.	2
6	2	Исследование процессов в соплах и диффузорах.	2
<b>Всего 6 семестр</b>			<b>16</b>
<b>7 семестр</b>			
7	3	Идеальный цикл Карно. Компрессоры и циклы двигателей внутреннего сгорания.	4
8	4	Расчет температурных полей при стационарной теплопроводности.	2
9	4	Расчет нестационарных температурных полей в плоских и цилиндрических стенках.	4
10	5	Теория подобия в задачах конвективного теплообмена.	6
11	6	Расчет тепловой защиты.	4
<b>Всего 7 семестр</b>			<b>16</b>
<b>ИТОГО</b>			<b>32</b>

## 5. Содержание самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### 5.1. Содержание самостоятельной работы

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование тем	Трудоемкость (час)
<b>6 семестр</b>			
1	1	Основные понятия. Идеальные газы и их смеси. Реальные газы. Водяной пар. Первый закон термодинамики.	8
2	2	Второй закон термодинамики. Термодинамические процессы изменения состояния идеального газа. Термодинамика газового потока.	10
3	3	Термодинамические циклы энергетических установок.	10
<b>ВСЕГО 6 СЕМЕСТР</b>			<b>28</b>
<b>7 семестр</b>			
4	4	Основные понятия и определения теории теплообмена. Теплоотдача и теплопроводность.	30
5	5	Основные понятия и определения теории теплообмена. Теплоотдача и теплопроводность.	32
6	6	Теплообмен излучением. Организация и расчет тепловой защиты поверхностей.	32
<b>Всего 7 семестр</b>			<b>94</b>
<b>ИТОГО</b>			<b>122</b>

**5.2.** Оценочные средства, используемые для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по итогам освоения дисциплины, их виды и формы, требования к ним и шкалы оценивания приведены в приложении к рабочей программе дисциплины «Фонд оценочных средств по дисциплине «Термодинамика и теплопередача», которое оформляется в виде отдельного документа.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

### а) основная литература

№ п/п	Наименование книги	Год издания
1	Теоретические основы термодинамики и теплопередачи [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Н. Ларионов, Ю. И. Кураков, В. С. Воищев [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский	2015

	Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2015. — 200 с. — 978-5-7267-0836-2. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/72761.html">http://www.iprbookshop.ru/72761.html</a> .	
2	Скаков, С. В. Техническая термодинамика [Электронный ресурс] : курс лекций / С. В. Скаков. — Электрон. текстовые данные. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014. — 122 с. — 978-5-88247-698-3. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/55663.html">http://www.iprbookshop.ru/55663.html</a>	2014

**б) дополнительная литература**

№ п/п	Наименование книги	Год издания
1	Лабораторный практикум по термодинамике [Электронный ресурс] учебное пособие / С. Н. Богданов, А. В. Клёцкий, В. В. Митропов [и др.] — Электрон. текстовые данные. — СПб.: Университет ИТМО, 2016. — 89 с. -2227-8397. Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/67246.html">http://www.iprbookshop.ru/67246.html</a>	2016
2	Дьяконов В. Г. Основы теплопередачи и массообмена [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. Г. Дьяконов, О. А. Лонцаков. Электрон. текстовые данные. -Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2015. -244с. — 978-5-7882-1813-7. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/63714.html">http://www.iprbookshop.ru/63714.html</a>	2015
3	Овчинников, Ю. В. Основы технической термодинамики [Электронный ресурс]: учебник / Ю. В. Овчинников. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010. — 293 с. — 978-5-7782-1303-6. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/47708.html">http://www.iprbookshop.ru/47708.html</a>	2010

**г) программное обеспечение:**

1. Microsoft Office 2016.
2. OpenOffice.

**д) методические указания:**

1. Васьков Е.Т. Техническая термодинамика и теплопередача: метод. указания к лабораторным работам для студентов всех специальностей. СПб.: СПбГАСУ, 2003. -80 с.
2. Беляева Л.И. Термодинамика и теплопередача: метод указания / Л.И. Беляева, А.С. Петухов, А.В. Комаров. – Ухта: УГТУ, 2016. –60 с.
3. Казанцева И.Л. Техническая термодинамика и теплотехника: Методические указания к выполнению контрольной и самостоятельной работы. Энгельс: Изд-во ЭТИ СГТУ им. Ю.А. Гагарина, 2014. 36 с.

**7. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения занятий с перечнем основного оборудования
1	Аудитория №219. Именная лаборатория конструирования и проектирования ракет АО «Воткинский завод». Оборудование: Парты, стол преподавателя, доска аудиторная. Ноутбук. Компьютеры - 13 шт. Телевизор. Стенд (наглядное пособие). Программное обеспечение.
2	Аудитория №314. Учебная мультимедийная аудитория. Оборудование: Парты, стол преподавателя, доска аудиторная, проектор, компьютер.
3	Аудитория для самостоятельной работы обучающегося - читальный зал Воткинского филиала ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова».

**ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ  
НА УЧЕБНЫЙ ГОД**

Рабочая программа дисциплины утверждена на ведение учебного процесса в учебном году

Учебный год	«Согласовано»: заведующий кафедрой, ответственной за РПД (подпись, дата)
2018-2019	Изменений нет <i>У</i> - Уразбахтин Ф.Ф. 25.08.2018г.
2019-2020	Изменений нет <i>У</i> - Уразбахтин Ф.Ф. 26.08.2019г.
2020-2021	
2021-2022	
2022-2023	
2023-2024	
2024-2025	

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное федеральное образовательное учреждение  
высшего образования

«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»  
(ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»)

Воткинский филиал

Кафедра Ракетостроение

(наименование кафедры)

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА

(наименование дисциплины)

24.05.01 «ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ РАКЕТ  
И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ»

(шифр и наименование направления/специальности наименование дисциплины)

СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ «РАКЕТЫ С РАКЕТНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА»

(наименование профиля/специализации/магистерской программы)

Специалист

Квалификация (степень) выпускника

Воткинск 2017

## Содержание

Раздел	Стр.
Содержание	2
Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине <u>Термодинамика и теплопередача.</u>	3
1. Зачетно-экзаменационные материалы	4
2. Комплекты оценочных средств	4
3. Темы для самостоятельной работы	7
4. Критерии формирования оценок на экзамене	7

**Паспорт  
фонда оценочных средств  
по дисциплине «Термодинамика и теплопередача»**  
(наименование дисциплины)

**6 семестр**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины*	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Основные понятия. Идеальные газы и их смеси. Реальные газы	ПК-1, ПК-27	
2	Водяной пар. Первый закон термодинамики	ПК-1, ПК-27	Контрольная работа 1
3	Второй закон термодинамики. Термодинамические процессы изменения состояния идеального газа.	ПК-1, ПК-27, ПСК-5.1	
4	Термодинамика газового потока	ПК-1, ПК-27, ПК-28, ПСК-5.1	Контрольная работа 2
5	Термодинамические циклы энергетических установок	ПК-1, ПК-2, ПК-27, ПК-28, ПСК-5.1	Темы для самостоятельной работы Контрольная работа 3 Собеседование по вопросам по лекционному материалу

\*Наименование темы (раздела) или тем (разделов) берется из рабочей программы дисциплины.

**7 семестр**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины*	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Основные понятия и определения теории теплообмена	ПК-1, ПК-27	
2	Теплоотдача и теплопроводность	ПК-1, ПК-2, ПК-27	Контрольная работа 1
3	Конвективный теплообмен в однородной среде	ПК-1, ПК-27, ПСК-5.1	
4	Теплообмен при фазовых превращениях	ПК-1, ПК-27, ПК-28, ПСК-5.1	Контрольная работа 2
5	Теплообмен излучением	ПК-1, ПК-2, ПК-27, ПК-28, ПСК-5.1	Темы для самостоятельной работы
6	Организация и расчет тепловой защиты поверхностей	ПК-1, ПК-2, ПК-27, ПК-28, ПСК-5.1	Контрольная работа 3 Собеседование по вопросам по лекционному материалу

\*Наименование темы (раздела) или тем (разделов) берется из рабочей программы дисциплины.



## Зачетно-экзаменационные материалы

### 6 семестр

#### Перечень контрольных вопросов для проверки остаточных знаний и для проведения экзамена.

1. Предмет и история развития термодинамики.
2. Основные понятия (рабочее тело, энергия, теплота, работа, термодинамическая система – открытая, изолированная, однородная, гетерогенная). Нормальные условия.
3. Термодинамическая система. Примеры.
4. Параметры состояния газа – давление, температура, удельный объем, Уравнение состояния.
5. Идеальные газы. Основные газовые законы. Свойства реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
6. Смеси идеальных газов. Закон Дальтона. Уравнение состояния смеси и расчет долей компонентов и теплоемкости смеси.
7. Теплоемкость газов. Истинная и средняя теплоемкости. Зависимость теплоемкости от температуры и характера процесса.
8. Термодинамический процесс. Первый закон термодинамики, энтальпия.
9. Изменение внутренней энергии и работа газа в термодинамическом процессе. Уравнение первого закона термодинамики для движущегося газа.
10. Процесс парообразования. Водяной пар и его свойства.
11. Основные газовые (термодинамические) процессы (изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный).
12. Второй закон термодинамики. Циклы теплового двигателя и холодильной машины (круговые процессы).
13. Энтропия. Закон возрастания энтропии. Работоспособность. (Гипотеза тепловой смерти Вселенной).
14.  $Ts$  – диаграмма термодинамических процессов.
15. Термодинамика потока газа или пара. Скорость и расход газа при течении.
16. Критическое сечение. Дросселирование газов и паров.
17. Критическая скорость истечения газов. Сопло Лавалю.
18. Идеальные циклы теплового двигателя (Карно) и холодильной машины.
19. КПД и холодильный коэффициент тепловых установок.
20. Цикл Аткинсона. Цикл Брайтона/Джоуля. Обратный цикл Брайтона.
21. Цикл Дизеля. Цикл Ленуара.
22. Цикл Миллера. Цикл Отто.
23. Цикл Ренкина. Цикл Стирлинга.
24. Цикл Тринклера. Цикл Хамфри.
25. Циклы компрессорных машин и поршневых двигателей внутреннего сгорания.
26. Циклы газотурбинных установок и реактивных двигателей.
27. Жидкостные реактивные двигатели.
28. Воздушно-реактивные двигатели.
29. Схема и  $p-v$  - диаграмма поршневого компрессора.

### 7 семестр

#### Перечень контрольных вопросов для проверки остаточных знаний и для проведения зачета.

1. Основные понятия и определения теории теплообмена. Виды теплообмена.
2. Основные законы термодинамики и теплопередачи.
3. Теплопроводность плоской однослойной и многослойной стенок.
4. Теплопроводность цилиндрической однослойной и многослойной стенок.
5. Теплопроводность шаровой стенки; круглого стержня и трубы с внутренним источником теплоты.

6. Дифференциальные уравнения теплоотдачи и теплопроводности.
7. Дифференциальные уравнения массообмена, движения и сплошности.
8. Граничные условия I, II, III, IV рода.
9. Теплопроводность и теплопередача при стационарном режиме.
10. Теплопроводность и теплопередача при нестационарном режиме.
11. Конвективный теплообмен. Основные понятия, число Рейнольдса и закон Ньютона-Рихмана.
12. Коэффициент теплоотдачи.
13. Подобие процессов конвективного теплообмена. Критериальные числа подобия Нуссельта, Рейнольдса, Прандтля, Грасгофа, Пекле, Фурье.
14. Теплообмен при свободной и вынужденной конвекции.
15. Теплообмен при кипении и конденсации.
16. Теплообмен при движении среды с большой скоростью.
17. Гипотеза пограничного слоя и уравнение теплоотдачи в пограничном слое.
18. Теплообмен излучением. Коэффициенты отражения, поглощения и пропускания.
19. Законы теплового излучения Планка, Вина.
20. Законы теплового излучения Стефана–Больцмана, Кирхгофа.
21. Теплообмен излучением между телами. Теплообмен излучением абсолютно черных и реальных тел.
22. Тепловое излучение газов и смесей.
23. Температурные поля в конструкциях летательных аппаратов.
24. Организация и расчет тепловой защиты поверхностей.
25. Лучистый теплообмен методы тепловой защиты поверхностей.
26. Теплопередача. Сложный теплообмен. Теплопередача через стенку.
27. Тепловая изоляция.

## 2. Комплекты оценочных средств

**2.1. Вопросы к собеседованию (6 семестр)** по лекционному материалу на темы «Основные понятия. Идеальные газы и их смеси. Реальные газы; Водяной пар. Первый закон термодинамики; Второй закон термодинамики. Термодинамические процессы изменения состояния идеального газа; Термодинамика газового потока; Термодинамические циклы энергетических установок»:

- Основные понятия. Нормальные условия. Термодинамическая система.
- Параметры состояния газа. Уравнение состояния. Идеальные газы. Основные газовые законы. Свойства реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
- Смеси идеальных газов. Закон Дальтона. Уравнение состояния смеси и расчет долей компонентов и теплоемкости смеси.
- Теплоемкость газов. Истинная и средняя теплоемкости. Зависимость теплоемкости от температуры и характера процесса.
- Термодинамический процесс. Первый закон термодинамики, энтальпия.
- Изменение внутренней энергии и работа газа в термодинамическом процессе. Уравнение первого закона термодинамики для движущегося газа.
- Процесс парообразования. Водяной пар и его свойства.
- Второй закон термодинамики. Циклы теплового двигателя и холодильной машины (круговые процессы).

- Энтропия. Закон возрастания энтропии. Работоспособность. (Гипотеза тепловой смерти Вселенной).
- $Ts$  – диаграмма термодинамических процессов.
- Термодинамика потока газа или пара. Скорость и расход газа при течении.
- Критическое сечение. Дросселирование газов и паров.
- Критическая скорость истечения газов. Сопло Лавалья.
- Идеальные циклы теплового двигателя (Карно) и холодильной машины.
- КПД и холодильный коэффициент тепловых установок.
- Цикл Аткинсона. Цикл Брайтона/Джоуля. Обратный цикл Брайтона.
- Цикл Дизеля. Цикл Ленуара. Цикл Миллера. Цикл Отто.
- Цикл Ренкина. Цикл Стёрлинга. Цикл Тринклера. Цикл Хамфри.
- Циклы компрессорных машин и поршневых двигателей внутреннего сгорания.
- Циклы газотурбинных установок и реактивных двигателей.
- Жидкостные реактивные двигатели.
- Воздушно-реактивные двигатели.
- Схема и  $p-v$  - диаграмма поршневого компрессора.

**2.2. Вопросы к собеседованию (7 семестр)** по лекционному материалу на темы «Основные понятия и определения теории теплообмена; Теплоотдача и теплопроводность; Конвективный теплообмен в однородной среде; Теплообмен при фазовых превращениях; Теплообмен излучением; Организация и расчет тепловой защиты поверхностей»:

- Виды теплообмена. Основные законы термодинамики и теплопередачи.
- Теплопроводность плоской однослойной и многослойной стенок.
- Теплопроводность цилиндрической однослойной и многослойной стенок.
- Теплопроводность шаровой стенки; круглого стержня и трубы с внутренним источником теплоты.
- Дифференциальные уравнения теплоотдачи и теплопроводности.
- Дифференциальные уравнения массообмена, движения и сплошности.
- Граничные условия I, II, III, IV рода.
- Теплопроводность и теплопередача при стационарном режиме.
- Теплопроводность и теплопередача при нестационарном режиме.

- Конвективный теплообмен. Основные понятия, число Рейнольдса и закон Ньютона-Рихмана.
- Коэффициент теплоотдачи.
- Теплообмен при свободной и вынужденной конвекции.
- Теплообмен при кипении и конденсации.
- Теплообмен при движении среды с большой скоростью.
- Гипотеза пограничного слоя и уравнение теплоотдачи в пограничном слое.
- Теплообмен излучением. Коэффициенты отражения, поглощения и прозрачности.
- Законы теплового излучения Планка, Вина.
- Законы теплового излучения Стефана–Больцмана, Кирхгофа.
- Тепловое излучение газов и смесей.
- Температурные поля в конструкциях летательных аппаратов.
- Организация и расчет тепловой защиты поверхностей.
- Лучистый теплообмен методы тепловой защиты поверхностей.
- Теплопередача. Сложный теплообмен. Теплопередача через стенку.
- Тепловая изоляция.

На собеседовании задается три вопроса. Критерии формирования оценок по результатам собеседования:

- «неудовлетворительно» - обучающийся не ответил правильно ни на один вопрос;
- «удовлетворительно» - обучающийся развернуто и правильно ответил на один вопрос.
- «хорошо» - обучающийся развернуто и правильно ответил на два вопроса.
- «отлично» - обучающийся развернуто и правильно ответил на три вопроса.

## 2.3. Варианты заданий для контрольных работ

### 6 семестр

#### Контрольная работа 1

##### Вариант 1

1. Основные понятия. Нормальные условия. Идеальные газы
2. Решить задачу: Манометр, установленный в открытой кабине самолета, находящегося на земле, показывает давление масла  $6 \text{ кгс/см}^2$  при показании барометра  $752 \text{ мм рт. ст.}$  Каковы будут показания манометра после подъема самолета на некоторую высоту, где

атмосферное давление будет равно 442,5 мм рт. ст.? Чему будет соответствовать это значение в системе СИ?

#### Вариант 2

1. Основные газовые законы. Свойства реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса
2. Решить задачу: В машинном зале электростанции работают три турбины разных производителей. Манометры, установленные на их конденсаторах, показывают абсолютные давления  $p_1 = 2,94$  кПа;  $p_2 = 3,923$  кН/м<sup>2</sup> и  $p_3 = 0,711$  lbf/in<sup>2</sup>. Определить величины вакуумов в процентах барометрического давления, если барометр в машинном зале показывает 753 мм рт. ст.

### Контрольная работа 2

#### Вариант 1.

1. Термодинамический процесс. Первый закон термодинамики, энтальпия.
2. Решить задачу: Воздушный компрессор сжимает 129 кг/ч воздуха. Установлено, что при сжатии энтальпия воздуха увеличивается на 17 МДж/ч, а энтальпия охлаждающей компрессор воды – на 10 МДж/ч. Найти мощность привода компрессора, пренебрегая потерями и изменениями кинетической и потенциальной энергии.

#### Вариант 2

1. Второй закон термодинамики. Циклы теплового двигателя и холодильной машины.
2. Решить задачу: Баллон с водородом объемом 40 л выносится из помещения с температурой 5°C в машинный зал, где температура достигает 25°C. Определить изменение энтальпии водорода и количество теплоты, полученной газом после выравнивания температуры, если начальное давление в баллоне составляло 12 МПа.

### Контрольная работа 3

#### Вариант 1

1. КПД и холодильный коэффициент тепловых установок.
2. Решить задачу: Двухатомный газ, для которого газовая постоянная 296,9 Дж/(кг·К), имея на входе в суживающееся сопло параметры: полное давление 6,4 МПа и температура торможения 300 К, вытекает в среду, где давление 4,5 МПа. Определить скорость истечения и секундный расход газа, если диаметр выходного отверстия равен 5 мм. Истечение считать изэнтропийным.

#### Вариант 2

1. Циклы газотурбинных установок и реактивных двигателей.
2. Решить задачу: определить секундный массовый расход окиси углерода и скорость истечения из суживающегося сопла, если известно, что на входе в сопло газ имеет параметры: полное давление 0,5 МПа и температура торможения 680°C. Давление среды, в которую газ вытекает, 0,3 МПа. Площадь выходного сечения сопла 1 см<sup>2</sup>. Коэффициент скорости равен единице. Подсчитать скорость звука в выходном сечении.

## Контрольная работа 1

### Вариант 1

1. Основные понятия и определения теории теплообмена. Виды теплообмена.
2. Решить задачу: Вычислить плотность теплового потока через плоскую однородную стенку, толщина которой значительно меньше ширины и высоты, если стенка выполнена: а) из стали [ $\lambda=40 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ ]; б) из бетона [ $\lambda=1,1 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ ]; в) из диатомитового кирпича [ $\lambda=0,11 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ ]. Во всех трех случаях толщина стенки 50 мм. Температуры на поверхности стенки поддерживаются постоянными:  $100^\circ\text{C}$  и  $90^\circ\text{C}$ .

### Вариант 2

1. Теплопроводность плоской однослойной и многослойной стенок.
2. Решить задачу: Плотность теплового потока через плоскую стенку толщиной 50 мм  $q=70 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . Определить разность температур на поверхностях стенки и численные значения градиента температуры в стенке, если она выполнена: а) из латуни [ $\lambda=70 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ ]; б) из красного кирпича [ $\lambda=0,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ ]; в) из пробки [ $\lambda=0,07 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ ].

## Контрольная работа 2

### Вариант 1

1. Конвективный теплообмен. Основные понятия, число Рейнольдса и закон Ньютона-Рихмана.
2. Решить задачу: определить коэффициент теплопроводности материала стенки, если при ее толщине 40 мм и разности температур на поверхностях  $20^\circ\text{C}$  плотность теплового потока  $145 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .

### Вариант 2

1. Теплообмен при движении среды с большой скоростью.
2. Решить задачу: определить потерю теплоты  $Q$ , Вт, через стенку из красного кирпича длиной 5 м, высотой 4 м и толщиной 0,25 м, если температуры на поверхности стенки поддерживаются  $110^\circ\text{C}$  и  $40^\circ\text{C}$ . Коэффициент теплопроводности красного кирпича  $\lambda=0,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ .

## Контрольная работа 3

### Вариант 1

1. Теплообмен излучением. Коэффициенты отражения, поглощения и проницаемости.
2. Решить задачу: Плоскую поверхность необходимо изолировать так, чтобы потери теплоты с единицы поверхности в единицу времени не превышали  $450 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . Температура поверхности под изоляцией  $450^\circ\text{C}$ , внешней поверхности  $50^\circ\text{C}$ . Определить толщину изоляции для двух случаев: а) изоляция выполнена из совелита, для которого  $\lambda=0,09+0,0000874t$ ; б) изоляция выполнена из асботермита, для которого  $\lambda=0,109+0,000146t$ .

## Вариант 2

1. Организация и расчет тепловой защиты поверхностей.
2. Решить задачу: Плоская стенка бака площадью  $5 \text{ м}^2$  покрыта двухслойной тепловой изоляцией. Стенка бака стальная, толщиной 8 мм, с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_1=46,5 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ . Первый слой изоляции выполнен из новоасбозурита толщиной 50 мм, коэффициент теплопроводности которого определяется уравнением  $\lambda_2=0,144+0,00014t$ . Второй слой изоляции толщиной 10 мм представляет собой штукатурку (известковую), коэффициент теплопроводности которой  $\lambda_3=0,698 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ . Температуры внутренней поверхности стенки бака  $250^\circ\text{C}$ , внешней поверхности изоляции  $50^\circ\text{C}$ . Вычислить количество теплоты, передаваемой через стенку, температуры на границах слоев изоляции и построить график распределения температуры.

### 3. Темы для самостоятельной работы

**Варианты заданий для самостоятельной работы: поиск учебных пособий по данному материалу, подготовка презентации и доклада**

#### 6 семестр

1. Предмет и история развития термодинамики. Основные понятия. Термодинамические параметры состояния газа. Уравнение состояния. Идеальные газы.
2. Основные газовые законы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Смеси идеальных газов. Закон Дальтона. Уравнение состояния смеси и расчет долей компонентов и теплоемкости смеси.
3. Теплоемкость газов. Истинная и средняя теплоемкости. Зависимость теплоемкости от температуры и характера процесса. Термодинамический процесс. Первый закон термодинамики, энтальпия.
4. Изменение внутренней энергии и работа газа в термодинамическом процессе. Водяной пар и его свойства.
5. Основные термодинамические процессы (изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный).
6. Второй закон термодинамики. Энтропия и закон ее возрастания. Работоспособность.  $Ts$  – диаграмма термодинамических процессов.
7. Термодинамика потока газа или пара. Уравнение первого закона термодинамики для движущегося газа. Скорость и расход газа при течении.
8. Критическое сечение. Дросселирование газов и паров.
9. Циклы теплового двигателя и холодильной машины. Идеальные циклы (Карно). КПД и холодильный коэффициент тепловых установок.
10. Циклы компрессорных машин и поршневых двигателей внутреннего сгорания. Термодинамические циклы Аткинсона, Брайтона/Джоуля; Дизеля, Ленуара, Миллера, Отто, Ренкина, Стёрлинга, Тринклера и Хамфри.
11. Циклы газотурбинных установок и реактивных двигателей. Жидкостные реактивные двигатели. Воздушно-реактивные двигатели.

#### 7 семестр

1. Основные понятия и определения теории теплообмена. Виды теплообмена. Основные законы термодинамики и теплопередачи.
2. Теплопроводность плоской, цилиндрической и шаровой стенок; круглого стержня и трубы с внутренним источником теплоты.
3. Дифференциальные уравнения теплоотдачи и теплопроводности, массообмена, движения и сплошности, граничные условия I, II, III, IV рода.
4. Теплопроводность и теплопередача при стационарном и нестационарном режиме.

5. Конвективный теплообмен, закон Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи.
6. Основы теории подобия физических явлений. Критериальные числа подобия (Нуссельта, Рейнольдса, Прандтля, Грасгофа, Пекле, Фурье).
7. Теплообмен при свободной и вынужденной конвекции. Теплообмен при кипении и конденсации.
8. Гипотеза пограничного слоя и уравнение теплоотдачи в пограничном слое.
9. Теплообмен излучением. Радиационные характеристики тел. Законы теплового излучения (Планка, Вина, Стефана–Больцмана, Кирхгофа).
10. Теплообмен излучением абсолютно черных и реальных тел. Тепловое излучение газов и смесей.
11. Температурные поля в конструкциях летательных аппаратов. Организация и расчет тепловой защиты поверхностей.
12. Теплопередача. Сложный теплообмен. Теплопередача через стенку. Тепловая изоляция.

## 4. Критерии формирования оценок

### 6 семестр (экзамен)

Допущенным к экзамену считается обучающийся:

- имеющий конспект 100% лекций;
- выполнивший все практические задания;
- выполнивший все лабораторные задания;
- выполнивший все контрольные работы;
- получивший «удовлетворительно» и выше оценку на собеседовании;
- выполнивший презентацию и сделавший доклад о выполнении самостоятельной работы.

На экзамене студент вытягивает билет, в котором два вопроса и задача.

Критерии оценки экзамена:

- **«неудовлетворительно»** - студент не ответил ни на один вопрос и не решил задачу;
- **«удовлетворительно»** - студент решил задачу и ответил, неполно, не менее, чем на один вопрос;
- **«хорошо»** - студент решил задачу и развернуто и правильно ответил не менее, чем на один вопрос;
- **«отлично»** - студент решил задачу и развернуто и правильно ответил на оба вопроса.

### 7 семестр (зачет)

Допущенным к зачету считается обучающийся:

- имеющий конспект 100% лекций;
- выполнивший все практические задания;
- выполнивший все лабораторные задания;
- выполнивший все контрольные работы;
- получивший «удовлетворительно» и выше оценку на собеседовании;



- выполнивший презентацию и сделавший доклад о выполнении самостоятельной работы.

На зачете задается три вопроса. Оценки «зачтено» заслуживает обучающийся, который развернуто и правильно ответил на два вопроса или ответил на три вопроса с небольшими погрешностями или наводящими вопросами.

## 5. Методика организации текущего контроля

### 6 семестр

Вид обучения	Номер контрольной точки (КТ)	Темы лекций, практические занятия, лабораторные работы рабочей программы, подлежащие контролю (номер из 4.1)			Форма и методы контроля КТ	Номер раздела РП с примерными заданиями	Максимальный балл по каждой форме контроля
		1	2	3			
1	2	3	4	5	6	7	8
Лекции	1А	*			Письм., контр. работа 1	6.1	15
	2А		*	*	Письм., контр. работы 2 и 3	6.1	15
Практические занятия	1А	*			Работа на занятиях Доп. вопросы Инд. защита отчета по прак.р.	6.1, 6.2	10
	2А		*	*	Работа на занятиях Доп. вопросы Инд. защита отчета по прак.р.	6.1, 6.2	10
	3А	*	*	*	Комп. тестирование	6.1, 6.2	5
Лабораторные занятия	1А	*			Работа на занятиях Инд. защита отчета по л/р Доп. вопросы	4.3, 6.2	10
	2А		*	*	Работа на занятиях Инд. защита отчетов по л/р	4.3, 6.2	10
	3А	*	*	*	Комп. тестирование	4.3, 6.2	5
Самостоятельная работа	1А	*			Задания к темам лекций, лабор. и практич. работам	4.1, 4.3, 6.1	5
	2А		*	*	Задания к темам лекций, лабор. и практич. работам	4.1, 4.3, 6.1	5
Посещение занятий	1А	*			8 неделя	–	5
	2А		*	*	в конце семестра	–	5
Экзамен	В конце семестра	*	*	*	собеседование	6.2	0/20

Вид обучения	Номер контрольной точки (КТ)	Темы лекций, практические занятия, лабораторные работы рабочей программы, подлежащие контролю (номер из 4.1)			Форма и методы контроля КТ	Номер раздела РП с примерными заданиями	Максимальный балл по каждой форме контроля
		1	2	3			
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Всего баллов</b>						<b>100/120</b>	

Обозначения, используемые в таблице:

1А, 2А, 3А – 1, 2, 3 контрольная точка (аттестация)

7 семестр

Вид обучения	Номер контрольной точки (КТ)	Темы лекций, практические занятия, лабораторные работы рабочей программы, подлежащие контролю (номер из 4.1)			Форма и методы контроля КТ	Номер раздела РП с примерными заданиями	Максимальный балл по каждой форме контроля
		1	2	3			
1	2	3	4	5	6	7	8
Лекции	1А	*			Письм., контр. работа 1	6.1	15
	2А		*	*	Письм., контр. работы 2 и 3	6.1	15
Практические занятия	1А	*			Работа на занятиях Доп. вопросы Инд. защита отчета по прак.р.	6.1, 6.2	10
	2А		*	*	Работа на занятиях. Доп. вопросы Инд. защита отчета по прак.р.	6.1, 6.2	10
	3А	*	*	*	Комп. тестирование	6.1, 6.2	5
Лабораторные занятия	1А	*			Работа на занятиях. Инд. защита отчета по л/р Доп. вопросы	4.3, 6.2	10
	2А		*	*	Работа на занятиях. Инд. защита отчетов по л/р	4.3, 6.2	10
	3А	*	*	*	Комп. Тестирование.	4.3, 6.2	5
Самостоятельная работа	1А	*			Задания к темам лекций, лабор. и практич. работам	4.1, 4.3, 6.1	5
	2А		*	*	Задания к темам лекций, лабор. и практич. работам	4.1, 4.3, 6.1	5
Посещения	1А	*			8 неделя	–	5

Вид обучения	Номер контрольной точки (КТ)	Темы лекций, практические занятия, лабораторные работы рабочей программы, подлежащие конт-ролю (номер из 4.1)			Форма и методы контроля КТ	Номер раздела РП с примерными заданиями	Максимальный балл по каждой форме контроля
		1	2	3			
1	2	3	4	5	6	7	8
е занятий	2А		*	*	в конце семестра	–	5
Зачет	В конце семестра	*	*	*	собеседование	6.2	0
<b>Всего баллов</b>						<b>100/100</b>	

Обозначения, используемые в таблице:

1А, 2А, 3А – 1, 2, 3 контрольная точка (аттестация)