


УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

  
(подпись) Юнаев Л. П.  
ФИО  
« 31 » 05 2021

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЛА

Направление/специальность подготовки	24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
Специализация/профиль/программа подготовки	Моделирование и информационные технологии проектирования ракетно-космических систем
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	8	4	144	68	34	0	34	76	0	0	76	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

**24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов**

год набора группы: 2022

Программу составил:

Кафедра А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ

Колычев Алексей Васильевич, к.т.н., доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

Заведующий кафедрой Бородавкин В.А., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

Заведующий кафедрой Бородавкин В.А., д.т.н., проф.

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЛА**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-5 — способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач
--

ПСК-12 — способность разрабатывать на базе системного подхода последовательность решения поставленной задачи, проводить проектирование изделий ракетной и ракетно-космической техники, определять внешний облик изделий, состав и объемно-массовые характеристики систем, механизмов и агрегатов, входящих в ракетный или ракетно-космический комплекс
--

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-5**

*знания:*

Различных видов тепловой защиты и ЛА, их физических и математических моделей;

*умения:*

Разрабатывать модели тепловой защиты ЛА, оценивать влияние тепловой защиты на облик ЛА;

*навыки:*

Поиска новых моделей тепловой защиты ЛА и информации об их теоретическом и экспериментальном исследовании.

### **ПСК-12**

*знания:*

Особенностей облика РКТ с применением различных видов тепловой защиты;

*умения:*

Определять внешний облик изделий РКТ с заданной тепловой защитой ЛА, определять состав и объемно массовые характеристики тепловой защиты ЛА;

*навыки:*

Поиск информации о самых современных видах тепловой защиты ЛА, составлять их математические модели и применять их для определения облика изделий РКТ.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЛА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАКЕТНЫХ СИСТЕМ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **СИНТЕЗ РАКЕТНЫХ СИСТЕМ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач
- ПСК-12 — способность разрабатывать на базе системного подхода последовательность решения поставленной задачи, проводить проектирование изделий ракетной и ракетно-космической техники, определять внешний облик изделий, состав и объемно-массовые характеристики систем, механизмов и агрегатов, входящих в ракетный или ракетно-космический комплекс

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-5	ПСК-12
4	8	<b>Раздел 1. Общие вопросы тепловой защиты.</b> Методы тепловой защиты Поглощением и накоплением тепла веществами Конвективное охлаждение Массообменный метод Пористое охлаждение Радиационное охлаждение Электромагнитное Физико-химические превращения Термозмиссионное охлаждение.	36	18	10	8	18	20	20
4	8	<b>Раздел 2. Физико-химические процессы, приводящие к нагреву ЛА.</b> Классификация режимов обтекания ЛА Сведения о неравновесных физико-химических процессах при обтекании ЛА Определяющие параметры Излучение и ионизация Вязкий ударный слой Режим вихревого взаимодействия Поглощение энтропийного слоя Вязко-невязкое взаимодействие Внутренние степени свободы Порядки величин времен релаксационных процессов Диссоциация молекул Число Дамкелера Замороженные и равновесные течения Газовая фаза пограничного слоя на каталитической стенке Каталитическая активность поверхности и тепло-массообмен в пограничном слое Улучшение каталитических и излучательных свойств композиционных материалов теплозащитного назначения Механизм излучения и ионизации Оценка влияния излучения и ионизации на нагрев.	38	16	8	8	22	20	20
4	8	<b>Раздел 3. Основы методов расчета тепловых потоков.</b> Тепловые потоки к простейшим телам Связь нагрева и траектории ЛА Ламинарно-турбулентный переход Нагрев в орбитальном полете Распространение тепла в конструкции ЛА Разностные схемы расчета тепловой защиты Полуэмпирические методы расчета тепловых потоков.	30	14	6	8	16	20	20
4	8	<b>Раздел 4. Существующие и перспективные виды и материалы тепловой защиты.</b> Тепловая защита воздушно-космических самолетов «Space Shuttle» и «Буран» Концепция теплозащиты «Space Shuttle» и «Буран» Краткая характеристика теплозащиты «Space Shuttle» и «Буран» Тепловая защита на основе применения современных композиционных материалов Тепловая защита на основе термозмиссионного охлаждения Газодинамические методы формирования покрытий Газопламенный метод Электродуговой метод Электродуговой метод Детонационный метод Низкотемпературный газодинамический метод.	24	14	6	8	10	20	20
4	8	<b>Раздел 5. Экспериментальное исследование методов тепловой защиты.</b> Задачи экспериментального исследования Экспериментальные установки Методы измерений температуры на поверхности и в объеме тепловой защиты (контактные и бесконтактные) Методы измерения и создания высокотемпературных газовых потоков.	16	6	4	2	10	20	20
<b>Всего за 8 семестр</b>			144	68	34	34	76	100	100
<b>Всего по дисциплине</b>			144	68	34	34	76	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Общие вопросы тепловой защиты.	Методы тепловой защиты Поглощением и накоплением тепла веществами Конвективное охлаждение Массообменный метод Пористое охлаждение Радиационное охлаждение Электромагнитное Физико-химические превращения Термозмиссионное охлаждение	8
2	Раздел 2. Физико-химические процессы, приводящие к нагреву ЛА.	Классификация режимов обтекания ЛА Сведения о неравновесных физико-химических процессах при обтекании ЛА Определяющие параметры Излучение и ионизация Вязкий ударный слой Режим вихревого взаимодействия Поглощение энтропийного слоя Вязко-невязкое взаимодействие Внутренние степени свободы Порядки величин времен релаксационных процессов Диссоциация молекул Число Дамкелера Замороженные и равновесные течения Газовая фаза пограничного слоя на каталитической стенке Каталитическая активность поверхности и тепло-массообмен в пограничном слое Улучшение каталитических и излучательных свойств композиционных материалов теплозащитного назначения	8

		Механизм излучения и ионизации Оценка влияния излучения и ионизации на нагрев	
3	Раздел 3. Основы методов расчета тепловых потоков.	Тепловые потоки к простейшим телам Связь нагрева и траектории ЛА Ламинарно-турбулентный переход Нагрев в орбитальном полете Распространение тепла в конструкции ЛА Разностные схемы расчета тепловой защиты Полуэмпирические методы расчета тепловых потоков	8
4	Раздел 4. Существующие и перспективные виды и материалы тепловой защиты.	Тепловая защита воздушно-космических самолетов «Space Shuttle» и «Буран» Концепция теплозащиты «Space Shuttle» и «Буран» Краткая характеристика теплозащиты «Space Shuttle» и «Буран» Тепловая защита на основе применения современных композиционных материалов Тепловая защита на основе термоэмиссионного охлаждения Газодинамические методы формирования покрытий Газопламенный метод Электродуговой метод Электродуговой метод Детонационный метод Низкотемпературный газодинамический метод	8
5	Раздел 5. Экспериментальное исследование методов тепловой защиты.	Задачи экспериментального исследования Экспериментальные установки Методы измерений температуры на поверхности и в объеме тепловой защиты (контактные и бесконтактные) Методы измерения и создания высокотемпературных газовых потоков	2
<b>Всего за 8 семестр</b>			<b>34</b>

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Общие вопросы тепловой защиты.	Методы тепловой защиты Поглощением и накоплением тепла веществами Конвективное охлаждение Массообменный метод Пористое охлаждение Радиационное охлаждение Электромагнитное Физико-химические превращения Термоэмиссионное охлаждение	18
2	Раздел 2. Физико-химические процессы, приводящие к нагреву ЛА.	Классификация режимов обтекания ЛА Сведения о неравновесных физико-химических процессах при обтекании ЛА Определяющие параметры Излучение и ионизация Вязкий ударный слой Режим вихревого взаимодействия Поглощение энтропийного слоя Вязко-невязкое взаимодействие Внутренние степени свободы Порядки величин времен релаксационных процессов Диссоциация молекул Число Дамкелера Замороженные и равновесные течения Газовая фаза пограничного слоя на каталитической стенке Каталитическая активность поверхности и тепло– массообмен в пограничном слое Улучшение каталитических и излучательных свойств композиционных материалов теплозащитного назначения Механизм излучения и ионизации Оценка влияния излучения и ионизации на нагрев	22
3	Раздел 3. Основы методов расчета тепловых потоков.	Тепловые потоки к простейшим телам Связь нагрева и траектории ЛА Ламинарно-турбулентный переход Нагрев в орбитальном полете Распространение тепла в конструкции ЛА Разностные схемы расчета тепловой защиты Полуэмпирические методы расчета тепловых потоков	16
4	Раздел 4. Существующие и перспективные виды и материалы тепловой защиты.	Тепловая защита воздушно-космических самолетов «Space Shuttle» и «Буран» Концепция теплозащиты «Space Shuttle» и «Буран» Краткая характеристика теплозащиты «Space Shuttle» и «Буран» Тепловая защита на основе применения современных композиционных материалов Тепловая защита на основе термоэмиссионного охлаждения Газодинамические методы формирования покрытий Газопламенный метод Электродуговой метод Электродуговой метод Детонационный метод Низкотемпературный газодинамический метод	10
5	Раздел 5.	Задачи экспериментального исследования Экспериментальные	10

Экспериментальное исследование методов тепловой защиты.	установки Методы измерений температуры на поверхности и в объеме тепловой защиты (контактные и бесконтактные) Методы измерения и создания высокотемпературных газовых потоков	
Всего за 8 семестр		76

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
8					ВПЗ, Отч. по ПЗ	ДР				ДР						ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВПЗ – вопросы/задания по темам ПЗ;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- отчет по практическому заданию;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. В. Лунёв. . Гиперзвуковая аэродинамика. М.: Машиностроение, 1975, 5 экз.
2. В. Д. Беркут, В. М. Дорошенко, В. В. Ковтун. . Неравновесные физико-химические процессы в гиперзвуковой аэродинамике. М.: Энергоатомиздат, 1994, эл. рес.
3. В. С. Авдеевский, Б. М. Галицкий, Г. А. Глебов. . Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике. М.: Машиностроение, 1975, 23 экз.
4. В. Я. Нейланд, А. М. Тумин. . Аэротермодинамика воздушно-космических самолётов. Жуковский БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1991, эл. рес.
5. Д. С. Михатулин, Ю. В. Полежаев, Д. Л. Ревизников. Теплообмен и разрушение тел в сверхзвуковом гетерогенном потоке. М.: Янус-К, 2007, 7 экз.
6. С. В. Белов, Я. В. Кондров, Е. В. Осипов. . Гиперзвуковая аэродинамика. Оренбург: Изд-во ОГУ, 2017, эл. рес.
7. Ю. К. Меньшаков. . Гиперзвуковые летательные аппараты и воздушно-космические системы. М.: Спутник +, 2018, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. В. В. Горский, П. Я. Носатенко. Математическое моделирование процессов тепло- и массообмена при аэротермохимическом разрушении композиционных теплозащитных материалов на кремнеземной основе. М.: Научный мир, 2008, 3 экз.
2. В. П. Агафонов, В. К. Вертушкин, А. А. Гладков. . Неравновесные физико-химические процессы в аэродинамике. М.: Машиностроение, 1972, 2 экз.
3. В. Я. Нейланд, А. М. Тумин. . Аэротермодинамика воздушно-космических самолётов. Жуковский БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1991, 1 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Естественные и технические науки.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://repository.library.voenmeh.ru/jspui/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Matlab 2015a SP1.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор;
2. Matlab 2015a SP1.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЛА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.01 *Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-5 способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач;

ПСК-12 способность разрабатывать на базе системного подхода последовательность решения поставленной задачи, проводить проектирование изделий ракетной и ракетно-космической техники, определять внешний облик изделий, состав и объемно-массовые характеристики систем, механизмов и агрегатов, входящих в ракетный или ракетно-космический комплекс.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с современными видами тепловой защиты ЛА, методами ее теоретического и экспериментального исследования.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- отчет по практическому заданию;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**76 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 76 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Общие вопросы тепловой защиты.</b>		
Методы тепловой защиты Поглощением и накоплением тепла веществами Конвективное охлаждение Массообменный метод Пористое охлаждение Радиационное охлаждение Электромагнитное Физико-химические превращения Термозмиссионное охлаждение	Д. С. Михатулин, Ю. В. Полежаев, Д. Л. Ревизников. Теплообмен и разрушение тел в сверхзвуковом гетерогенном потоке: М.: Янус-К, 2007 (2) В. С. Авдеевский, Б. М. Галицкий, Г. А. Глебов. . Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике: М.: Машиностроение, 1975 (3) В. В. Горский, П. Я. Носатенко. Математическое моделирование процессов тепло- и массообмена при аэротермохимическом разрушении композиционных теплозащитных материалов на кремнеземной основе: М.: Научный мир, 2008 (1)	18
Итого по разделу 1		18
<b>Раздел 2. Физико-химические процессы, приводящие к нагреву ЛА.</b>		
Классификация режимов обтекания ЛА Сведения о неравновесных физико-химических процессах при обтекании ЛА Определяющие параметры Излучение и ионизация Вязкий ударный слой Режим вихревого взаимодействия Поглощение энтропийного слоя Вязко-невязкое взаимодействие Внутренние степени свободы Порядки величин времен релаксационных процессов Диссоциация молекул Число Дамкелера Замороженные и равновесные течения Газовая фаза	В. Д. Беркут, В. М. Дорошенко, В. В. Ковтун. . Неравновесные физико-химические процессы в гиперзвуковой аэродинамике: М.:	22

пограничного слоя на каталитической стенке Каталитическая активность поверхности и тепло– массообмен в пограничном слое Улучшение каталитических и излучательных свойств композиционных материалов теплозащитного назначения Механизм излучения и ионизации Оценка влияния излучения и ионизации на нагрев	Энергоатомиздат, 1994 (1-8) В. П. Агафонов, В. К. Вертушкин, А. А. Гладков. . Неравновесные физико-химические процессы в аэродинамике: М.: Машиностроение, 1972 (1-8) В. Я. Нейланд, А. М. Тумин. . Аэротермодинамика воздушно-космических самолётов: ЖуковскийБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1991 (3)	
Итого по разделу 2		22
<b>Раздел 3. Основы методов расчета тепловых потоков.</b>		
Тепловые потоки к простейшим телам Связь нагрева и траектории ЛА Ламинарно-турбулентный переход Нагрев в орбитальном полете Распространение тепла в конструкции ЛА Разностные схемы расчета тепловой защиты Полуэмпирические методы расчета тепловых потоков	В. В. Лунёв. . Гиперзвуковая аэродинамика: М.: Машиностроение, 1975 (1-16) В. Я. Нейланд, А. М. Тумин. . Аэротермодинамика воздушно-космических самолётов: ЖуковскийБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1991 (4) В. С. Авдеевский, Б. М. Галицейский, Г. А. Глебов. . Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике: М.: Машиностроение, 1975 (5)	16
Итого по разделу 3		16
<b>Раздел 4. Существующие и перспективные виды и материалы тепловой защиты.</b>		
Тепловая защита воздушно-космических самолетов «Space Shuttle» и «Буран» Концепция теплозащиты «Space Shuttle» и «Буран» Краткая характеристика теплозащиты «Space Shuttle» и «Буран» Тепловая защита на основе применения современных композиционных материалов Тепловая защита на основе термоэмиссионного охлаждения Газодинамические методы формирования покрытий Газопламенный метод Электродуговой метод Электродуговой метод Детонационный метод Низкотемпературный газодинамический метод	В. Я. Нейланд, А. М. Тумин. . Аэротермодинамика воздушно-космических самолётов: ЖуковскийБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1991 (5) В. В. Лунёв. . Гиперзвуковая аэродинамика: М.: Машиностроение, 1975 (1-15) Ю. К. Меньшаков. .	10

	<p>Гиперзвуковые летательные аппараты и воздушно-космические системы: М.: Спутник +, 2018 (6)</p> <p>С. В. Белов, Я. В. Кондров, Е. В. Осипов. .</p> <p>Гиперзвуковая аэродинамика: Оренбург: Изд-во ОГУ, 2017 (5)</p>	
Итого по разделу 4		10
<b>Раздел 5. Экспериментальное исследование методов тепловой защиты.</b>		
<p>Задачи экспериментального исследования</p> <p>Экспериментальные установки</p> <p>Методы измерений температуры на поверхности и в объеме тепловой защиты (контактные и бесконтактные)</p> <p>Методы измерения и создания высокотемпературных газовых потоков</p>	<p>В. В. Лунёв. .</p> <p>Гиперзвуковая аэродинамика: М.: Машиностроение, 1975 (5)</p> <p>В. Я. Нейланд, А. М. Тумин. .</p> <p>Аэротермодинамика воздушно-космических самолётов: Жуковский БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1991 (7)</p> <p>В. Д. Беркут, В. М. Дорошенко, В. В. Ковтун. .</p> <p>Неравновесные физико-химические процессы в гиперзвуковой аэродинамике: М.: Энергоатомиздат, 1994 (6)</p>	10
Итого по разделу 5		10

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- отчет по практическому заданию;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- дифференцированный зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Вопросы/задания по темам ПЗ

Перечень вопросов по темам ПЗ представлен в УМК дисциплины. Контрольное мероприятие считается выполненным при получении не менее 60% правильных ответов на вопросы преподавателя

#### Отчет по практическому заданию

Отчет по практическому заданию представляется в печатном виде в формате, предусмотренном методическими указаниями к практическому заданию.

Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. Оценивается полнота и качество оформления отчета, соответствие заданию, верность полученных результатов, способность их объяснить.

Отчет принимается и работа считается выполненной при выполнении требований к оформлению отчета и получении не менее 60% правильных ответов на заданные вопросы преподавателя.

Перечень практических заданий входит в состав УМК дисциплины.

#### Вопросы к дифференцированному зачету

1. Методы тепловой защиты
2. Поглощением и накоплением тепла веществами
3. Конвективное охлаждение
4. Массообменный метод
5. Пористое охлаждение
6. Радиационное охлаждение
7. Электромагнитное
8. Физико-химические превращения
9. Термоэмиссионное охлаждение
10. Классификация режимов обтекания ЛА
11. Сведения о неравновесных физико-химических процессах при обтекании ЛА
12. Определяющие параметры
13. Излучение и ионизация
14. Тепловые потоки к простейшим телам
15. Связь нагрева и траектории ЛА
16. Ламинарно-турбулентный переход
17. Нагрев в орбитальном полете
18. Распространение тепла в конструкции ЛА
19. Разностные схемы расчета тепловой защиты
20. Полуэмпирические методы расчета тепловых потоков
21. Тепловая защита воздушно-космических самолетов «Space Shuttle» и «Буран»
22. Концепция теплозащиты «Space Shuttle» и «Буран»
23. Краткая характеристика теплозащиты «Space Shuttle» и «Буран»
24. Тепловая защита на основе применения современных композиционных материалов
25. Тепловая защита на основе термоэмиссионного охлаждения
26. Методы и средства формирования термостойких покрытий

27. Задачи экспериментального исследования
28. Экспериментальные установки
29. Методы измерений температуры на поверхности и в объеме тепловой защиты (контактные и бесконтактные)
30. Методы измерения и создания высокотемпературных газовых потоков

#### **Дифференцированный зачет**

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

Для допуска к сдаче дифференцированного зачета необходимо выполнение всех контрольных мероприятий, предусмотренных рабочей программой дисциплины.

Зачет проводится в форме итогового тестирования и предполагает ответы студента на теоретические вопросы к дифференцированному зачету.

Результаты тестирования оцениваются следующим образом:

- оценка «не зачтено» при наличии менее 50% правильных ответов;
- оценка «удовлетворительно» при наличии 50-65% правильных ответов;
- оценка «хорошо» при наличии 65-80% правильных ответов;
- оценка «отлично» при наличии более 80% правильных ответов.



Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-5	ПСК-12	
4	8	Раздел 1. Общие вопросы тепловой защиты.	36	18	10	8	18	20	20	Вопросы/задания по темам ПЗ, Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 2. Физико-химические процессы, приводящие к нагреву ЛА.	38	16	8	8	22	20	20	Вопросы к дифференцированному зачету, Вопросы/задания по темам ПЗ, Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 3. Основы методов расчета тепловых потоков.	30	14	6	8	16	20	20	Вопросы/задания по темам ПЗ, Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 4. Существующие и перспективные виды и материалы тепловой защиты.	24	14	6	8	10	20	20	Вопросы/задания по темам ПЗ, Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 5. Экспериментальное исследование методов тепловой защиты.	16	6	4	2	10	20	20	Вопросы/задания по темам ПЗ, Отчет по практическому заданию
Всего за 8 семестр			144	68	34	34	76	100	100	
Всего по дисциплине			144	68	34	34	76	100	100	