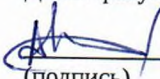


**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»  
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

  
(подпись) Юнаков Л. П.  
ФИО  
« 31 » 15 2022

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ УСТРОЙСТВ

Направление/специальность подготовки	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Специализация/профиль/программа подготовки	Энергетика теплотехнологий
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

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	7	3	108	51	17	0	34	57	0	0	57	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

год набора группы: 2022

Программу составили:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА  
Брыков Никита Александрович, к.т.н., доцент

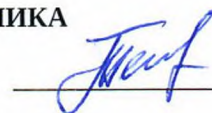


Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА  
Лаптинская Мария Михайловна, ассистент



Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.



Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.



# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ УСТРОЙСТВ**

### **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:

ПСК-1.3 — способность проводить анализ процессов тепломассообмена с использованием современных информационных технологий, готовность к профессиональной эксплуатации современных средств вычислительного моделирования
ОПК-1 — способность понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
ОПК-4 — способность демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## **ПСК-1.3**

*знания:*

на уровне представлений: основы численных методов; основные теплообмена;

на уровне воспроизведения: методы моделирования процессов тепломассообмена с учетом динамических и тепловых нагрузок;

на уровне понимания: принципы применения современных информационных технологий в науке и предметной деятельности;

*умения:*

теоретические: строить математические модели аэродинамики и процессов теплообмена летательных аппаратов; использовать математический аппарат и современные средства вычислительного моделирования при изучении специализированных дисциплин;

практические: численное моделирование процесса теплообмена; анализ результатов вычислительного эксперимента; использование математического аппарата и информационных технологий;

*навыки:*

владения основными аналитическими и численными методами решения нестационарного уравнения теплопроводности с учетом физических особенностей исследуемого объекта; основными методами теоретического и численного исследования физических явлений, методами поиска и обработки информации как вручную, так и с применением современных информационных технологий.

## **ОПК-1**

*знания:*

на уровне представлений: основы численных методов; основные теплообмена;

на уровне воспроизведения: методы моделирования процессов тепломассообмена с учетом динамических и тепловых нагрузок;

на уровне понимания: принципы применения современных информационных технологий в науке и предметной деятельности;;

*умения:*

теоретические: использовать математический аппарат и современные средства вычислительного моделирования при изучении специализированных дисциплин;

практические: численное моделирование процесса теплообмена; анализ результатов вычислительного эксперимента;;

*навыки:*

владения основными методами теоретического и численного исследования физических явлений, методами поиска и обработки информации как вручную, так и с применением современных информационных технологий..

## **ОПК-4**

*знания:*

на уровне представлений: основы численных методов; основные теплообмена;

на уровне воспроизведения: методы моделирования процессов тепломассообмена с учетом динамических и тепловых нагрузок;

на уровне понимания: принципы применения современных информационных технологий в науке и предметной деятельности;;

*умения:*

теоретические: строить математические модели аэродинамики и процессов теплообмена летательных аппаратов;

практические: использование математического аппарата с целью исследования процессов тепломассопереноса;;

*навыки:*

владения основными аналитическими и численными методами решения нестационарного

уравнения теплопроводности с учетом физических особенностей исследуемого объекта..

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ УСТРОЙСТВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **АЭРОГИДРОГАЗОДИНАМИКА, АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ И ТЕПЛОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И УСТАНОВКИ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
- ОПК-3 — Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач
- ОПК-4 — Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах



### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 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		ПСК-1.3	ОПК-1	ОПК-4
4	7	Раздел 1. Введение в проблемную область. Общее введение о процессах теплообмена при дозвуковом, сверхзвуковом и гиперзвуковом движении летательных аппаратов.	9	4	2	2	5	10	10	10
4	7	Раздел 2. Основные положения теории конвективного теплообмена. Пограничный слой. Ламинарный конвективный теплообмен. Переход ламинарного течения в турбулентное. Турбулентный конвективный теплообмен.	29	14	4	10	15	20	20	20
4	7	Раздел 3. Тепловая защита летательных аппаратов. Аэродинамический нагрев при больших скоростях. Классификация методов тепловой защиты. Пассивные и активные методы тепловой защиты.	33	18	4	14	15	25	20	25
4	7	Раздел 4. Теплопроводность в системах с подвижными границами. Теплообмен в задачах с фазовым переходом. Теплообмен при разрушении тепловой защиты.	26	10	4	6	16	25	30	25
4	7	Раздел 5. Теплообмен при полётах в разреженном газе. Тепловые режимы космических аппаратов. Общие сведения о свободномолекулярном течении, течения в переходной области. Особенности теплообмена в космических условиях.	11	5	3	2	6	20	20	20
Всего за 7 семестр			108	51	17	34	57	100	100	100
Всего по дисциплине			108	51	17	34	57	100	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Введение в проблемную область.	Обзор применения современных вычислительных средств для решения прикладных задач сверхзвуковой аэродинамики	2
2	Раздел 2. Основные положения теории конвективного теплообмена.	Разбор решения прикладных задач в специализированной программной среде на тему построение геометрии и расчетных сеток	10
3	Раздел 3. Тепловая защита летательных аппаратов.	Разбор решения прикладных задач в специализированной программной среде на тему сопряженного расчета процессов аэродинамики и нагрева стенок летательного аппарата.	14
4	Раздел 4. Теплопроводность в системах с подвижными границами.	Разбор решения прикладных задач в специализированной программной среде на тему моделирование активных методов тепловой защиты летательных аппаратов.	6
5	Раздел 5. Теплообмен при полётах в разреженном газе. Тепловые режимы космических аппаратов.	Разбор особенностей моделирования аэродинамики разреженного газа.	2
Всего за 7 семестр			34

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение в проблемную область.	Изучение материала раздела.	5
2	Раздел 2. Основные положения теории конвективного теплообмена.	Изучение материала раздела.	5
3		Выполнение практического задания №1 "Построение геометрии и расчетной сетки"	10

4	Раздел 3. Тепловая защита летательных аппаратов.	Изучение материала раздела.	5
5		Выполнение практического задания №2 "Моделирование аэродинамического нагрева тела"	10
6		Изучение материала раздела.	5
7	Раздел 4. Теплопроводность в системах с подвижными границами.	Выполнение практического задания №3 "Моделирование тепловой защиты летательного аппарата"	11
8	Раздел 5. Теплообмен при полётах в разреженном газе. Тепловые режимы космических аппаратов.	Изучение материала раздела.	6
<b>Всего за 7 семестр</b>			<b>57</b>

#### 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
7		КВ		Отч. по ПЗ		ДР			Отч. по ПЗ	ДР			Отч. по ПЗ		КВ	ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- КВ – контрольные вопросы;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию.

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

- диагностическая работа;
- контрольные вопросы;
- отчет по практическому заданию.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. Аэродинамика. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2017, эл. рес.
2. В. А. Башкин, И. В. Егоров. . Численное исследование задач внешней и внутренней аэродинамики. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013, эл. рес.
3. В. В. Лунёв. . Гиперзвуковая аэродинамика. М.: Машиностроение, 1975, 5 экз.
4. В. С. Авдудевский, Б. М. Галицкий, Г. А. Глебов. . Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике. М.: Машиностроение, 1975, 23 экз.
5. В. Т. Калугин, Г. Г. Мордвинцев, В. М. Попов. Моделирование процессов обтекания и управления аэродинамическими характеристиками летательных аппаратов. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2011, эл. рес.
6. Г. А. Тирский, В. И. Сахаров, В. Л. Ковалёв. . Гиперзвуковая аэродинамика и тепломассообмен спускаемых космических аппаратов и планетных зондов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. Г. А. Тирский, В. И. Сахаров, В. Л. Ковалёв. . Гиперзвуковая аэродинамика и тепломассообмен спускаемых космических аппаратов и планетных зондов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011, 2 экз.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
2. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
3. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=474](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474) — 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;
2. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced.

### 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;
3. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced.

### **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 **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ УСТРОЙСТВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-1.3 способность проводить анализ процессов тепломассообмена с использованием современных информационных технологий, готовность к профессиональной эксплуатации современных средств вычислительного моделирования;

ОПК-1 способность понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности;

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

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изложением теоретических основ и формирования навыков моделирования тепломассообменных процессов в аэрокосмической технике, протекающих в условиях высокой интенсивности и взаимовлияния факторов различной физической природы.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- контрольные вопросы;
- отчет по практическому заданию.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 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. Введение в проблемную область.</b>		
Изучение материала раздела.	Г. А. Тирский, В. И. Сахаров, В. Л. Ковалёв. . Гиперзвуковая аэродинамика и тепломассообмен спускаемых космических аппаратов и планетных зондов: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011 (1-3) А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. Аэродинамика: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2017 (1)	5
Итого по разделу 1		5
<b>Раздел 2. Основные положения теории конвективного теплообмена.</b>		
Изучение материала раздела.	В. Т. Калугин, Г. Г. Мордвинцев, В. М. Попов. Моделирование процессов обтекания и управления аэродинамическими характеристиками летательных аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2011 (1-2)	5
Выполнение практического задания №1 "Построение геометрии и расчетной сетки"	А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. Аэродинамика: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2017 (2-3) В. С. Авдудевский, Б. М. Галицкий, Г. А. Глебов. . Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике: М.: Машиностроение, 1975 (1-5)	10
Итого по разделу 2		15
<b>Раздел 3. Тепловая защита летательных аппаратов.</b>		
Изучение материала раздела.	А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. Аэродинамика: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2017 (5)	5
Выполнение практического задания №2 "Моделирование аэродинамического нагрева тела"	В. А. Башкин, И. В. Егоров. . Численное исследование задач внешней и внутренней аэродинамики: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013 (2-4)	10
Итого по разделу 3		15
<b>Раздел 4. Теплопроводность в системах с подвижными границами.</b>		
Изучение материала раздела.	А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. Аэродинамика: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2017 (9)	5
Выполнение практического задания №3 "Моделирование тепловой защиты летательного аппарата"	Г. А. Тирский, В. И. Сахаров, В. Л. Ковалёв. . Гиперзвуковая аэродинамика и тепломассообмен спускаемых космических аппаратов и планетных зондов: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011 (14)	11
Итого по разделу 4		16

Раздел 5. Теплообмен при полётах в разреженном газе. Тепловые режимы космических аппаратов.		
Изучение материала раздела.	В. В. Лунёв. . Гиперзвуковая аэродинамика: М.: Машиностроение, 1975 (1-6) Г. А. Тирский, В. И. Сахаров, В. Л. Ковалёв. . Гиперзвуковая аэродинамика и тепломассообмен спускаемых космических аппаратов и планетных зондов: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011 (5, 8, 10, 13) В. С. Авдуевский, Б. М. Галицейский, Г. А. Глебов. . Основы теплопередачи в авиационной и ракетно- космической технике: М.: Машиностроение, 1975 (17)	6
Итого по разделу 5		6

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- контрольные вопросы;
- отчет по практическому заданию;
- экзамен.

### 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.

#### Контрольные вопросы

Критерии оценивания ответов на контрольные вопросы.

Ответы на контрольные вопросы по определенным разделам дисциплины осуществляются в устной форме. Студенту задаются 3 вопроса в рамках изучаемого раздела, для успешной аттестации необходимо правильно ответить на 2 и выше вопросов. Ответ на вопрос должен быть правильным, содержательным, аргументированным.

Список контрольных вопросов:

1. Нестационарное уравнение теплопроводности в общем виде для газа, для твёрдого тела.
2. Ламинарный конвективный теплообмен. Дифференциальные уравнения ламинарного пограничного слоя.
3. Интегральные характеристики пограничного слоя: толщина вытеснения, толщина потери импульса, толщина потери энергии.
4. Распределение скорости, статической температуры и температуры торможения в пограничном слое при высоких скоростях потока при теплоизолированной стенке, при наличии теплообмена.
5. Турбулентный конвективный теплообмен. Дифференциальные уравнения турбулентного пограничного слоя.
6. Структура турбулентного пограничного слоя.
7. Лучистый теплообмен. Излучение абсолютно черных тел. Излучение реальных тел.
8. Физические основы фазовых переходов: ф.п. 1 и 2 родов, скрытая теплота ф.п., диаграмма состояния.
9. Численное решение задачи плавления твёрдого вещества. Задача Стефана. Метод ловли фронта в пространственный узел сетки.
10. Численное решение задачи плавления твёрдого вещества. Энтальпийный метод.
11. Виды граничных условий применяются при расчете нагрева твердых тел. Контактный теплообмен.
12. Метод конечных разностей для решения задач теплопроводности. Аппроксимация частных производных конечно-разностными аналогами. Алгоритм метода прогонки.
13. Нелинейная задача теплопроводности – одномерное уравнение теплопроводности с зависящим от температуры коэффициентов теплопроводности: постановка задачи, математическая модель, пути решения.
14. Моделирование излучения на границах тела: постановка задачи, математическая модель, пути решения.
15. Назовите основные способы тепловой защиты теплонепригодных поверхностей. Классификация методов тепловой защиты летательных аппаратов.
16. Сформулируйте основные положения расчета радиационного охлаждения поверхностей. В чем заключается механизм тепловой защиты при радиационном охлаждении поверхностей?
17. В чем заключается механизм заградительного охлаждения поверхностей летательного аппарата. Термодинамические свойства охладителей.
18. В чем заключается механизм тепловой защиты посредством разрушаемых (уносимых) покрытий. Что понимается под эффективной энтальпией теплозащитного покрытия?
19. Особенности теплообмена при полётах в разреженном газе. Области течения газа. Зеркальное и диффузионное взаимодействие молекул газа со стенкой, коэффициент аккомодации.



20. Каким тепловым воздействиям подвергается летательный аппарат в космосе? Основные соотношения, определяющие нагрев поверхности летательного аппарата в космосе.

### **Отчет по практическому заданию**

#### **Отчет по практическому заданию (ПЗ)**

Отчет по ПЗ представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по ПЗ.

Отчет по ПЗ должен содержать:

- постановку задачи, математическую модель и основные расчетные соотношения используемых методов решения;
- схему расчетной области с характеристиками сетки, краевыми и начальными условиями, реализованными в решаемом варианте;
- графическое представление полученных результатов;
- содержание исследовательского задания, результаты вычислительного моделирования, анализ и выводы по проведенным исследованиям.

#### **Защита ПЗ**

Защита ПЗ проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. Процедура защиты включает ответы на вопросы преподавателя по работе и разделу курса. В ходе защиты ПЗ обучающиеся должны продемонстрировать знания, умения и навыки:

- культуру речи при изложении своих мыслей, логичность в постановке и изложении материала,
- понимание постановки задачи, знание основных элементов математической модели, формулировка начальных и граничных условий, обоснование основных упрощающих положений;
- умение определить место исследованного явления в конкретных технических процессах и устройствах;
- умение анализировать полученные результаты и умение прогнозировать характер процессов в технических устройствах на основании полученных данных;
- умение самостоятельно модифицировать математические модели и программные средства для целей конкретизации или расширения области приложения моделей, использованных в работе.

Оценка защиты работы выставляется по 100 балльной шкале с учётом:

- выполнение ПЗ – 40 баллов,
- оформление пояснительной записки – 20 баллов,
- защита результатов, ответы на вопросы и их логика, культура речи – 40 баллов.

ПЗ считается принятой при наборе более 80 баллов.

### **Экзамен**

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.

Экзамен, включает в себя два контрольных вопроса по выбору преподавателя из списка вопросов для собеседования по разделам дисциплины.

Для получения оценок за экзамен «хорошо» или «отлично» требуется выполнение всех контрольных мероприятий по дисциплине, предусмотренных рабочей программой.

Критерии оценивания:

Оценки «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала.

Оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

Оценки «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных

программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

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		ПСК-1.3	ОПК-1	ОПК-4	
4	7	Раздел 1. Введение в проблемную область.	9	4	2	2	5	10	10	10	Контрольные вопросы
4	7	Раздел 2. Основные положения теории конвективного теплообмена.	29	14	4	10	15	20	20	20	Отчет по практическому заданию
4	7	Раздел 3. Тепловая защита летательных аппаратов.	33	18	4	14	15	25	20	25	Отчет по практическому заданию
4	7	Раздел 4. Теплопроводность в системах с подвижными границами.	26	10	4	6	16	25	30	25	Отчет по практическому заданию
4	7	Раздел 5. Теплообмен при полётах в разреженном газе. Тепловые режимы космических аппаратов.	11	5	3	2	6	20	20	20	Отчет по практическому заданию
Всего за 7 семестр			108	51	17	34	57	100	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	17	34	57	100	100	100	