

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

_____ Юнаков Л. П.
 (подпись) ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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: 2024

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 ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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 ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** 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-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач
- ПСК-12 — Способен 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	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.	36	18	10	8	18	20	20
4	8	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.	38	16	8	8	22	20	20
4	8	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.	30	14	6	8	16	20	20
4	8	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.	24	14	6	8	10	20	20
4	8	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.	16	6	4	2	10	20	20
Всего за 8 семестр			144	68	34	34	76	100	100
Всего по дисциплине			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 Термоэмиссионное 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 Механизм излучения и ионизации Оценка влияния излучения и ионизации на нагрев	8
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
Всего за 8 семестр			34

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. 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.	10
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. С. Авдеевский, Б. М. Галицкий, Г. А. Глебов. . Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике. М.: Машиностроение, 1975, 23 экз.
2. С. В. Белов, Я. В. Кондров, Е. В. Осипов. . Гиперзвуковая аэродинамика. Оренбург: Изд-во ОГУ, 2017, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. Ю. В. Полежаев, Ф. Б. Юревич. . Тепловая защита. М.: Энергия, 1976, 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. <https://repository.library.voenmeh.ru/jspui/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — 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 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/> - КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

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.

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 ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** 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.
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	Ю. В. Полежаев, Ф. Б. Юревич. . Тепловая защита: М.: Энергия, 1976 (1) С. В. Белов, Я. В. Кондров, Е. В. Осипов. . Гиперзвуковая аэродинамика: Оренбург: Изд-во ОГУ, 2017 (1) В. С. Авдеевский, Б. М. Галицкий, Г. А. Глебов. . Основы теплопередачи в авиационной и ракетно- космической технике: М.: Машиностроение, 1975 (1)	18
Итого по разделу 1		18
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	Ю. В. Полежаев, Ф. Б. Юревич. . Тепловая защита: М.: Энергия, 1976 (3) В. С. Авдеевский, Б. М. Галицкий, Г. А. Глебов. . Основы теплопередачи в авиационной и ракетно- космической технике: М.: Машиностроение, 1975 (3)	22

Итого по разделу 2		22
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	Ю. В. Полежаев, Ф. Б. Юревич. . Тепловая защита: М.: Энергия, 1976 (3) В. С. Авдеевский, Б. М. Галицкий, Г. А. Глебов. . Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике: М.: Машиностроение, 1975 (3)	16
Итого по разделу 3		16
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	Ю. В. Полежаев, Ф. Б. Юревич. . Тепловая защита: М.: Энергия, 1976 (6) В. С. Авдеевский, Б. М. Галицкий, Г. А. Глебов. . Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике: М.: Машиностроение, 1975 (6)	10
Итого по разделу 4		10
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.	Ю. В. Полежаев, Ф. Б. Юревич. . Тепловая защита: М.: Энергия, 1976 (8) В. С. Авдеевский, Б. М. Галицкий, Г. А. Глебов. . Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике: М.: Машиностроение, 1975 (8)	10
Итого по разделу 5		10

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд 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

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

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/задания по темам ПЗ, Отчет по практическому заданию, Вопросы к дифференцированному зачету
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	

Критерии оценивания

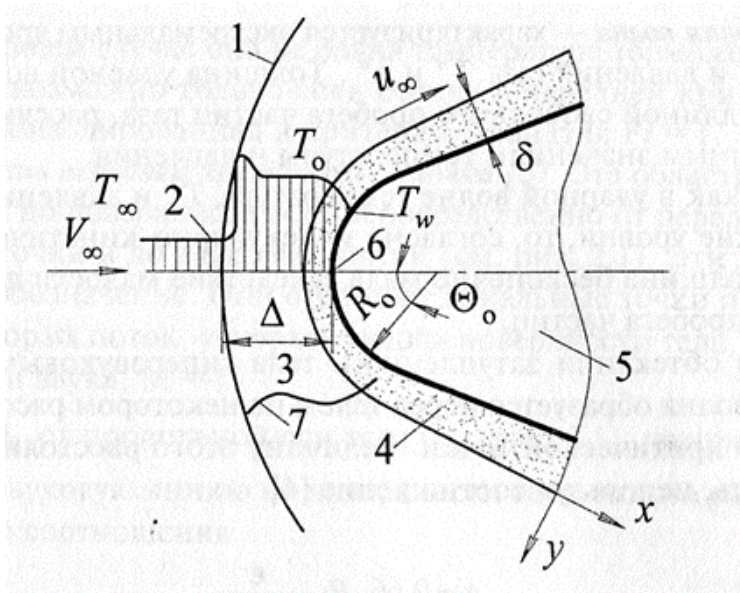
ОПК-5

Вопросы открытого типа:

- № 1 В мезосфере (от 50 до 80 километров над уровнем моря) что происходит со значениями температуры воздуха
- № 2 Какая энергия является доминирующей при высокой сверхзвуковой скорости?
- № 3 Что понимается под «конвективным» механизмом переноса (энергии, массы, импульса)?
- № 4 **Процесс поглощение энергии путем удаления поверхности материала плавлением, испарением, сублимацией или химической реакцией – это**
- № 5 При каких условиях присутствуют силы Ван-дер-Ваальса
- № 6 Какая зависимость между тепловыми потоками на линии растекания боковой поверхности цилиндра и в критической точке сферического затупления
- № 7 Если слой присоединенного вязкого потока достаточно тонок, поток в нем
- № 8 Какой сценарий ламинарно-турбулентного перехода происходит при нестабильном пограничном слое
- № 9 Локальное разделение потока обеспечивается, если
- № 10 Число Маха, при котором начинают возникать реакции диссоциации (рекомбинации) молекул (атомов) для воздуха?

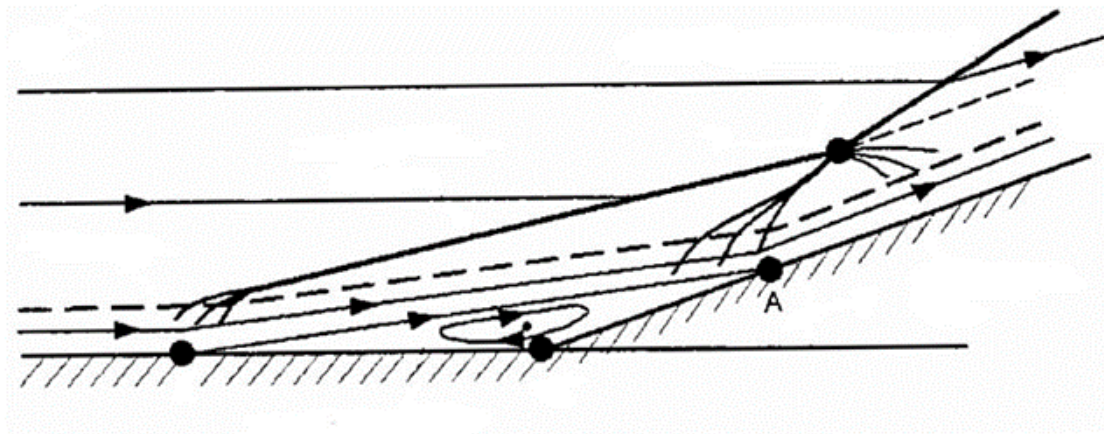
Вопросы закрытого типа:

- № 1 Что изображено на схеме обтекания сферы потоком под номером 4



- a) Сжатый слой;
 - b) Пограничный слой;
 - c) Ударная волна;
 - d) Звуковая волна.
- № 2 Что не является преимуществом флоуфилд-абляции
- a) Продувка снижает теплопередачу;
 - b) Смешивание продуктов абляции с газами пограничного слоя;
 - c) Увеличение отрыва с поверхности покрытия;
 - d) Обычно решается с помощью аппроксимации слабой связи.
- № 3 «Невыпуклые эффекты» могут появляться на
- a) Носовой части летательного аппарата;
 - b) В хвостовой части летательного аппарата;
 - c) У корней крыльев;

- d) Такого термина не существует.
- № 4 Где находится максимум набегающего теплового потока в случае турбулентного пограничного слоя?
- a) В критической точке;
 - b) В звуковой точке;
 - c) В тройной точке;
 - d) Максимум отсутствует.
- № 5 Какие свойства потока интересны при рассмотрении механизма переноса (энергии, массы, импульса)?
- a) Теплопроводность, вязкость;
 - b) Теплопроводность, вязкость, диффузия;
 - c) Только вязкость;
 - d) Вязкость, диффузия.
- № 6 Явление, при котором два атома объединяются в молекулу, называется
- a) Рекомбинация;
 - b) Диссоциация;
 - c) Обобщение;
 - d) Слияние.
- № 7 Какой вид системы тепловой защиты подходит при входе с высоким тепловым потоком/нагрузкой?
- a) Пассивный;
 - b) Активный;
 - c) Аблятивный;
 - d) Никакой
- № 8 Всегда ли присоединенный вязкий поток должен рассматриваться в связи с потоком, проходящим через все тело в целом?
- a) Да, всегда;
 - b) Нет, иногда;
 - c) Нет, никогда;
 - d) Не хватает данных для ответа.
- № 9 Смесью каких видов газа рассматривается воздух при температуре до 8000 К?
- a) N_2 , O_2 , NO;
 - b) N_2 , O_2 , O;
 - c) N_2 , O_2 , NO, Ar, N;
 - d) N_2 , O_2 , NO, O, N.
- № 10 Что изображено на схеме двумерного ламинарного вязкого течения с локальным разделением в точке A?



- a) Точка повторного присоединения;
- b) Тройная точка;
- c) Угловая точка;
- d) Точку разделения

ПСК-12

Вопросы открытого типа:

- № 1 Как проектируются летательные аппараты для полета на Марс
- № 2 Что входит в «воздушные данные», которыми необходимо обладать для проведения испытания в воздухе?
- № 3 В каком случае пристенный тепловой поток равен поверхностному радиационному тепловому потоку (с обратным знаком)?
- № 4 Что является мерой для различия стационарного, квазистационарного и нестационарного потока?
- № 5 Какой вид энергии не рассматривается при изучении молекулы реального газа?
- № 6 Необходимо ли учитывать стреловидность при расчете нагрева поверхности летательного аппарата?
- № 7 При каких условиях критерий Чепмена-Рубезина выполняется для потоков с высоким числом Маха и числом Рейнольдса
- № 8 На каком уравнении построена «невязкая» теория устойчивости
- № 9 К какому виду разделения потока можно отнести удары поперечного потока в поле обтекания тела с подветренной стороны с большим углом атаки
- № 10 При каких скоростях транспортного средства относительно окружающего воздушного пространства воздух можно рассматривать как термически совершенный газ

Вопросы закрытого типа:

- № 1 Что можно сказать о режиме потока газа, если его число Кнудсена $Kn \approx 0,1$?
 - a) Свободный молекулярный поток;
 - b) Частицы в потоке сталкиваются с друг другом;
 - c) Продолжительный поток;
 - d) Продолжительный поток с эффектами скольжения.
- № 2 Как влияет шероховатость на нагрев поверхности потоком воздуха
 - a) Увеличивает;
 - b) Уменьшает;
 - c) Не влияет;
 - d) Зависит от типа шероховатости.
- № 3 При масштабировании объекта радиационно-адиабатическая температура стенки на малом теле будет намного больше, чем на большом (если все параметры потока одинаковы)?

- a) Да, больше;
- b) Нет, меньше;
- c) Масштабирование не влияет на получаемое значение температуры;
- № 4 Необходимы данные о размере масштаба
Какой механизм поверхностной абляции поглощает значительное количество энергии?
- a) Окисление;
- b) Испарение;
- c) Расщепление;
- d) Плавление
- № 5 Число Прандтля для жидкостей обычно:
- a) $Pr \rightarrow 0$;
- b) $Pr = o(1)$;
- c) $Pr \rightarrow \infty$;
- d) $Pr \rightarrow -\infty$.
- № 6 Чему равна скорость в критической точке сферического тела?
- a) ∞ ;
- b) 0;
- c) Необходимо провести расчеты;
- d) Верного варианта нет.
- № 7 По какому закону можно утверждать, что тело излучает тепло со скоростью, пропорциональной четвертой степени температуры тела
- a) Закон Таубер-Уэйкфилда;
- b) Закон Гуларда;
- c) Закон Больцмана;
- d) Закон сохранения энергии.
- № 8 Необходимо, чтобы материал поверхности был хорошим катализатором, чтобы уменьшить выделение тепла на поверхности.
- a) Да, верно;
- b) Нет, не верно;
- c) Зависит от высоты полета;
- d) Зависит от скорости полета.
- № 9 Потоки, проходящие мимо высокоскоростных летательных аппаратов, в действительности
- a) Одномерны;
- b) Двумерны;
- c) Трехмерны;
- d) Квазидвумерны.
- № 10 Возможно ли многократное применение аблятивной системы тепловой защиты?
- a) Да, возможно;

- b) *Нет, невозможно;*
- c) Зависит от характера полета;
- d) Зависит от применяемого материала.