

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Левихин А.А.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА

Направление/специальность подготовки	24.03.05 Двигатели летательных аппаратов
Специализация/профиль/программа подготовки	Авиационная и ракетно-космическая теплотехника
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	А3 КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ

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	зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.03.05 Двигатели летательных аппаратов

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ
Будный Никита Леонидович, к.т.н., доцент

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ**

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

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА

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 — Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-5

знания:

Методы расчета характеристик рабочих процессов и теплообмена в автономных энергосиловых установок;

умения:

Расчет основных характеристик рабочих процессов, теплообмена, основных характеристик тепловой защиты с использованием общепрофессиональных методов;

навыки:

Использование общепрофессиональных методов для расчета основных параметров рабочих процессов, теплообмена, основных характеристик тепловой защиты.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.03.05 Двигатели летательных аппаратов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-5 — Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники
- ПК-1.1 — Способен использовать знания фундаментальных разделов естественнонаучного и профессионального циклов для понимания физической сущности рабочих процессов энергетических установок авиационной и ракетно-космической техники

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		ОПК-5
4	7	Раздел 1. Рабочие процессы в автономных высокотемпературных энергосиловых установках в ракетно-космической технике. Основные характеристики автономных высокотемпературных энергосиловых установок и рабочих процессов в них. Процессы теплообмена в высокотемпературных энергосиловых установках.	22	11	5	6	11	20
4	7	Раздел 2. Тепловая защита твердотопливных двигателей. Устройство и функционирование твердотопливных двигателей. Геометрия элементов проточной части твердотопливных двигателей. Способы тепловой защиты твердотопливных двигателей. Теплообмен в твердотопливных двигателях, его особенности. Функционирование элементов тепловой защиты твердотопливных двигателей. Расчет характеристик тепловой защиты твердотопливных двигателей.	43	20	6	14	23	40
4	7	Раздел 3. Тепловая защита жидкостных двигателей. Устройство и функционирование теплонагруженных узлов и агрегатов жидкостных двигателей. Геометрия элементов проточной части теплонагруженных узлов и агрегатов жидкостных двигателей. Способы тепловой защиты узлов и агрегатов жидкостных двигателей. Теплообмен в жидкостных двигателях, его особенности. Расчет систем тепловой защиты жидкостных двигателей.	43	20	6	14	23	40
Всего за 7 семестр			108	51	17	34	57	100
Всего по дисциплине			108	51	17	34	57	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Рабочие процессы в автономных высокотемпературных энергосиловых установках в ракетно-космической технике.	Изучение особенностей высокотемпературных автономных энергосиловых установок как объектов теплового проектирования	2
2		Расчет характеристик высокотемпературных автономных энергосиловых установок как объектов теплового проектирования	2
3		Расчет характеристик рабочих процессов высокотемпературных автономных энергосиловых установок как объектов теплового проектирования	2
4	Раздел 2. Тепловая защита твердотопливных двигателей.	Расчет тепловой защиты в твердотопливных двигателях	6
5		Анализ рабочих процессов в твердотопливных двигателях	4
6		Расчет теплообмена в твердотопливных двигателях	4
7	Раздел 3. Тепловая защита жидкостных двигателей.	Расчет тепловой защиты в жидкостных двигателях	7
8		Расчет теплообмена в жидкостных двигателях	7
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. Рабочие процессы в автономных высокотемпературных энергосиловых установках в ракетно-космической технике.	Подготовка к защите домашнего задания	2
2		Проработка	4

		изученного материала	
3		Выполнение домашнего задания	5
4	Раздел 2. Тепловая защита твердотопливных двигателей.	Выполнение домашнего задания	9
5		Подготовка к защите домашнего задания	5
6		Проработка изученного материала	9
7	Раздел 3. Тепловая защита жидкостных двигателей.	Подготовка к защите домашнего задания	5
8		Выполнение домашнего задания	9
9		Проработка изученного материала	9
Всего за 7 семестр			57

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					ДЗ	ДР			ДЗ	ДР					ДЗ	ДР	зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ДЗ – домашнее задание;
- зач. – зачет.

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

- диагностическая работа;
- домашнее задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. Е. Алемасов, А. Ф. Дрегаллин, А. П. Тишин. . Теория ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1989, 106 экз.
2. В. П. Белов. . Внутрикамерные процессы в ракетных двигателях на твёрдом топливе. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, эл. рес.
3. В. П. Белов. . Тепловая защита элементов конструкции ракетных двигателей на твёрдом топливе. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, эл. рес.
4. В. П. Белов. . Тепловое проектирование ракетных двигателей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, эл. рес.
5. М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
3. <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»;
3. <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:

1. Mathcad Education - University Edition Term;
2. 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. Mathcad Education - University Edition Term;
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** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.03.05 Двигатели летательных аппаратов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:
ОПК-5 Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с тепловой защитой высокотемпературных автономных энергосиловых установок в ракетно-космической технике.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- домашнее задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- зачет.

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.
Раздел 1. Рабочие процессы в автономных высокотемпературных энергосиловых установках в ракетно-космической технике.		
Подготовка к защите домашнего задания	В. П. Белов. . Внутрикамерные процессы в ракетных двигателях на твёрдом топливе: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1) В. Е. Алемасов, А. Ф. Дрегалин, А. П. Тишин. . Теория ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1989 (1-15)	2
Проработка изученного материала		4
Выполнение домашнего задания		5
Итого по разделу 1		11
Раздел 2. Тепловая защита твердотопливных двигателей.		
Выполнение домашнего задания	В. П. Белов. . Тепловая защита элементов конструкции ракетных двигателей на твёрдом топливе: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (1-13) В. П. Белов. . Тепловое проектирование ракетных двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1-4)	9
Подготовка к защите домашнего задания		5
Проработка изученного материала		9
Итого по разделу 2		23
Раздел 3. Тепловая защита жидкостных двигателей.		
Подготовка к защите домашнего задания	В. П. Белов. . Тепловое проектирование ракетных двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1-13) М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (1-5)	5
Выполнение домашнего задания		9
Проработка изученного материала		9
Итого по разделу 3		23

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- домашнее задание;
- 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.

Домашнее задание

Отчеты по домашним заданиям представляются на листах формата А4, оформленные в соответствии с требованиями ГОСТ и внутривузовских положений. Студент допускается к защите задания, если в решении отсутствуют ошибки. Защита проходит в форме ответов студента на три вопроса преподавателя. Максимальное количество баллов за одно практическое задание – 100. Основаниями для снижения количества баллов являются:

- погрешности в оформлении отчета – 5-10 баллов;
- небольшие погрешности в ответе на один из трех вопросов – 5-10 баллов;
- неполный ответ на один из трех вопросов – 10-20 баллов;
- неудовлетворительный ответ на один из трех вопросов – 20-40 баллов.

Домашнее задание зачитывается при наборе студентом не менее 60 баллов.

Семестр 7, раздел 1: Тематика домашнего задания - Расчет основных параметров и характеристик автономной энергосиловой установки

Семестр 6, раздел 2: Тематика домашнего задания - Расчет тепловой защиты элемента твердотопливного двигателя

Семестр 6, раздел 3: Тематика домашнего задания - Расчет тепловой защиты элемента жидкостного двигателя

Исходные данные и содержание домашнего задания размещены в УМК.

Зачет

К зачету допускаются студенты, защитившие все домашние задания, предусмотренные рабочей программой. Зачет проходит в форме письменных ответов студентов на два вопроса билета.

Максимальное количество баллов 100. Основаниями для снижения количества баллов являются:

- небольшие погрешности в ответе на один из двух вопросов – 5-10 баллов;
- неполный ответ на один из двух вопросов – 15-30 баллов;
- неудовлетворительный ответ на один из двух вопросов – 41 балл.

Оценки:

- «Зачтено» – 60-100 баллов;
- «Не зачтено» – 0-59 баллов;

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	
4	7	Раздел 1. Рабочие процессы в автономных высокотемпературных энергосиловых установках в ракетно-космической технике.	22	11	5	6	11	20	Домашнее задание
4	7	Раздел 2. Тепловая защита твердотопливных двигателей.	43	20	6	14	23	40	Домашнее задание
4	7	Раздел 3. Тепловая защита жидкостных двигателей.	43	20	6	14	23	40	Домашнее задание
Всего за 7 семестр			108	51	17	34	57	100	
Всего по дисциплине			108	51	17	34	57	100	

Оценочные материалы по дисциплине ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА

ОПК-5 - Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники

- № 1 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие из приведенных способов охлаждения камеры ЖРД являются внешними проточными?
1. Автономное
 2. Емкостное
 3. Регенеративное
 4. Транспирационное
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
В чем заключается сущность транспирационного охлаждения камеры ЖРД?
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие
1. Горючесвязующее
 2. Окислитель
 3. Металлическое горючее
 4. Высокоэнергетическая добавка
- А. CL-20
- Б. Алюминий
- В. Перхлорат калия
- Г. Сополимер "полибутадиен-акриловая кислота"
- № 4 Прочитайте текст и установите соответствие
1. Число Кнудсена
 2. Число Рейнольдса
 3. Число Маха
 4. Число Био
- А. Отношение инерционных сил к вязким
- Б. Отношение скорости к местной скорости звука
- В. Критерий средней длины свободного пробега молекул к линейному размеру задачи
- Г. Отношение термического сопротивления стенки к термическому сопротивлению теплоотдачи
- № 5 Прочитайте текст и установите последовательность
В какой последовательности происходит разложение элемента теплозащитного покрытия твердотопливного двигателя?
1. Инертный прогрев
 2. Исходное состояние
 3. Нестационарное разложение
 4. Стационарное разложение
- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположить топливные пары и монотоплива в порядке увеличения теоретического дельного импульса

1. N_2H_4
2. $N_2H_2(CH_3)_2-N_2O_4$
3. H_2-O_2
4. Керосин - O_2

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

В чем измеряется линейная скорость горения твердого ракетного топлива?

1. кг / с
2. м / с
3. $m^3 / с$
4. $m^2 / с$

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какая из перечисленных частей камеры РДТТ является наименее теплонагруженной?

1. Критическое сечение сопла
2. Сужающаяся часть сопла
3. Объем в районе переднего днища

№ 9 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Для чего в твердотопливных ракетных двигателях применяются многосопловые блоки?

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

В чем измеряется линейная скорость разложения теплозащитного покрытия?

1. кг / с
2. м / с
3. $m^3 / с$
4. $m^2 / с$

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие из приведенных типов ракетных двигателей являются тепловыми?

1. ЖРД
2. РДТТ
3. Электротермические ракетные двигатели
4. Ядерные ракетные двигатели
5. Стационарные плазменные двигатели

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

К традиционным компонентам баллистических твердых топлив относят:

1. Нитроцеллюлоза

2. Нитроглицерин
3. Полибутадиен с концевыми гидроксильными группами
4. Полибутадиен с концевыми карбоксильными группами