

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

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДВИГАТЕЛИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Направление/специальность подготовки	24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Ракетостроение
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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	
3	6	3	108	34	17	17	0	74	0	0	74	зач.

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

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДВИГАТЕЛИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Направление/специальность подготовки	24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Ракетостроение
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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	
3	6	3	108	34	17	17	0	74	0	0	74	зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ _____

Киришина Алёна Андреевна, старший преподаватель

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц. _____

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ДВИГАТЕЛИ 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:

ПСК-1/23-2 — способен разрабатывать конструктивно-силовые и компоновочные схемы ракет-носителей, ракетно-космических систем и их составных частей

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-1/23-2

знания:

типов схемных и конструктивных решений двигательных установок (ДУ), принципов обоснования параметров ДУ, способов оптимизации, обеспечения максимальной энергетической эффективности использования ДУ в составе различного назначения энергетических систем, базирующейся на фундаментальных представлениях о ДУ как сложной технической системе;;

умения:

формировать оценку основных энергетических характеристик ДУ с учётом вариативности их назначения, схемных решений, состава рабочих топливных композиций;

навыки:

разработки вариантов схемных решений ДУ с учётом вариативности их назначения, базовых рабочих параметров, состава рабочих топливных композиций.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ДВИГАТЕЛИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **части**, формируемой участниками образовательных отношений блока 1, программы подготовки по направлению 24.03.01 *Ракетные комплексы и космонавтика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ, УСТРОЙСТВО И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, УСТРОЙСТВО И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАКЕТНЫХ СИСТЕМ, ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗДЕЛИЙ РКТ, ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА ПУСКОВЫХ УСТАНОВОК.**

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 в профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники, включая управление проектами создания новых образцов техники и утилизации устаревших
- ОПК-6 — Способен анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития ракетно-космической техники
- УК-6 — Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни

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	Лабораторный практикум		ПСК-1/23-2
3	6	Раздел 1. Энергетические основы рабочего процесса в реактивных двигателях. 1.1. Тяга ракетного двигателя и удельная адиабатическая работа. Анализ формулы тяги. Удельный импульс, расходный комплекс, тяговый комплекс. Система импульсных коэффициентов потерь. 1.2. Классификация реактивных двигателей.	2	2	2	0	0	10
3	6	Раздел 2. Химические топлива. 2.1. Классификация ракетных топлив. Требования к ракетным топливам. 2.2. Соотношение компонентов топлива 2.3. Жидкие ракетные топлива. Характеристика основных окислителей и горючих. Применяемые топливные композиции, области их применения, характеристики. 2.4. Взаимосвязь параметров ракеты и двигателя. Влияние характеристик топлива на параметры ракеты. Оценка эффективности топлив. Сравнительные характеристики и области применения ЖРТ.	2	2	2	0	0	10
3	6	Раздел 3. Основные элементы ЖРД. Схемы систем подачи топлива в камеру ЖРД. Схемы ЖРД с дожиганием и без дожигания газогенераторных газов. Состав ЖРД и его основные элементы. Схемы подачи топлива в камеру ЖРД (вытеснительная и насосная). Открытая и закрытая схемы ЖРД. Область применения и основные параметры. Методика расчета энергетического баланса.	32	7	2	5	25	20
3	6	Раздел 4. Организация рабочего процесса и характеристики камер сгорания и газогенераторов РД. Формы камер сгорания. Процесс смесеобразования компонентов в форсуночной головке. Основные типы форсунок для схем «газ-газ», «газ-жидкость». Компоновка форсунок. Конструкция газогенератора. Однозонный, двухзонный газогенератор. Газогенераторы работающие на окислительном и восстановительном газе, сравнение. Виды охлаждения камеры сгорания и газогенератора. Охлаждение и теплозащита. Требования к охлаждающим жидкостям. Конструктивные особенности трактов охлаждения.	35	10	4	6	25	20
3	6	Раздел 5. Общая теория лопаточных машин. Устройство и принцип работы ТНА. Турбонасосный агрегат, назначение. Виды компоновки ТНА: однороторный, многороторный; редукторный, безредукторный. Классификация турбин РД. Основные характеристики. Классификация насосов по конструкции: тангенциальный, осевой, центробежный, шнекоцентробежный. Основные характеристики для насосов. Понятие кавитации. Режим срыва работы для разного типа насосов. Способы повышения давления на входе в насос для борьбы с кавитацией. Уплотнения, применяемые в ТНА для устранения утечек. Виды уплотнений: контактные, бесконтактные. Конструкция, принцип действия, материалы уплотнений.	35	11	5	6	24	20
3	6	Раздел 6. Основные элементы систем автоматики двигателей. Принцип работы и устройства. Регулирование ЖРД. Система стабилизации соотношения компонентов – назначение, принцип действия, основной исполнительный орган. Система синхронного опорожнения баков. Система регулирования камеры сгорания. Управление вектором тяги.	2	2	2	0	0	20
Всего за 6 семестр			108	34	17	17	74	100
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100

3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 3. Основные элементы ЖРД. Схемы систем подачи топлива в камеру ЖРД. Схемы ЖРД с дожиганием и без дожигания газогенераторных газов.	Изучение конструкции и принципа действия основных агрегатов многокамерной двигательной установки первой ступени баллистической ракеты и ракетносителя.	5
2	Раздел 4. Организация рабочего процесса и характеристики камер сгорания и газогенераторов РД.	Изучение конструкции и принципа действия основных агрегатов двигательной установки ракетносителя с дожиганием генераторного газа.	6
3	Раздел 5. Общая теория лопаточных машин. Устройство и принцип работы ТНА.	Изучение конструкции и принципа действия основных агрегатов двигательной установки с глубоким дросселированием тяги.	6
Всего за 6 семестр			17

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем,
---	---	-----------------------------	--------

п/п			часов
1	Раздел 3. Основные элементы ЖРД. Схемы систем подачи топлива в камеру ЖРД. Схемы ЖРД с дожиганием и без дожигания газогенераторных газов.	Подготовка к лабораторному занятию: изучение пневмогидравлической схемы двигателя.	11
2		Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей основных агрегатов двигателя.	14
3	Раздел 4. Организация рабочего процесса и характеристики камер сгорания и газогенераторов РД.	Подготовка к лабораторному занятию: изучение пневмогидравлической схемы двигателя.	11
4		Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей основных агрегатов двигателя.	14
5	Раздел 5. Общая теория лопаточных машин. Устройство и принцип работы ТНА.	Подготовка к лабораторному занятию: изучение пневмогидравлической схемы двигателя.	11
6		Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей основных агрегатов двигателя.	13
Всего за 6 семестр			74

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
6					Собес	ДР			Собес	ДР					Собес	ДР	зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Собес – собеседование;
- зач. – зачет.

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

- диагностическая работа;
- собеседование.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Левихин, Л. П. Юнаков. . Рабочие тела и топлива ракетных двигателей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, 24 экз.
2. Б. Т. Ерохин. . Теория и проектирование ракетных двигателей. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
3. Г. Г. Гахун, В. И. Баулин, В. А. Володин. . Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1989, 24 экз.
4. Д. Г. Кравченко, А. А. Киршина. . Устройство двигателя РД-0204 (8Д44). СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, эл. рес.
5. Д. Г. Кравченко, Ю. В. Анискевич, А. М. Лабанова. . Устройство двигателя РД-107. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 81 экз.
6. М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016, эл. рес.
7. Ю. В. Анискевич, А. А. Левихин. . Основы устройства и теории ЖРД. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 26 экз.
8. Ю. В. Анискевич, Д. Г. Кравченко, А. М. Лабанова. . Устройство двигателя 5Д67. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 77 экз.
9. Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Внутрикамерные процессы в жидкостных ракетных двигателях. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 24 экз.
10. Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Проектирование внутрикамерных процессов и охлаждение двигателей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, 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. <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. Лабораторные занятия:

1. Препарированные натурные образцы отдельных элементов РД.;
2. 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 **ДВИГАТЕЛИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:
ПСК-1/23-2 способен разрабатывать конструктивно-силовые и компоновочные схемы ракет-носителей, ракетно-космических систем и их составных частей.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с разнообразием типов схемных и конструктивных решений двигательных установок (ДУ), определяющих принципы обоснования параметров, способы обеспечения достижимых уровней эксплуатационной надёжности, экологических характеристик, комплексной оптимизации параметров их технико-экономической эффективности ДУ как сложной технической системы с учетом их назначения и конкретных условий эксплуатации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- собеседование.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**74 ч**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 74 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 3. Основные элементы ЖРД. Схемы систем подачи топлива в камеру ЖРД. Схемы ЖРД с дожиганием и без дожигания газогенераторных газов.		
Подготовка к лабораторному занятию: изучение пневмогидравлической схемы двигателя.	М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (1, 2) Г. Г. Гахун, В. И. Баулин, В. А. Володин. . Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1989 (1, 2)	11
Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей основных агрегатов двигателя.	Д. Г. Кравченко, Ю. В. Анискевич, А. М. Лабанова. . Устройство двигателя РД-107: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1-5)	14
Итого по разделу 3		25
Раздел 4. Организация рабочего процесса и характеристики камер сгорания и газогенераторов РД.		
Подготовка к лабораторному занятию: изучение пневмогидравлической схемы двигателя.	Г. Г. Гахун, В. И. Баулин, В. А. Володин. . Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1989 (5, 6) Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Внутрикамерные процессы в жидкостных ракетных двигателях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1-4)	11
Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей основных агрегатов двигателя.	М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (4, 5) Д. Г. Кравченко, А. А. Киришина. . Устройство двигателя РД-0204 (8Д44): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1-4) Ю. В. Анискевич, А. А. Левихин. . Основы устройства и теории ЖРД: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (5, 6) Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Проектирование внутрикамерных процессов и охлаждение двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (1, 2)	14
Итого по разделу 4		25
Раздел 5. Общая теория лопаточных машин. Устройство и принцип работы ТНА.		
Подготовка к лабораторному занятию: изучение	Ю. В. Анискевич, Д. Г. Кравченко, А. М. Лабанова. . Устройство двигателя 5Д67: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (1-7)	11

пневмогидравлической схемы двигателя.	Г. Г. Гахун, В. И. Баулин, В. А. Володин. . Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1989 (7)	
Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей основных агрегатов двигателя.	Ю. В. Анискевич, А. А. Левихин. . Основы устройства и теории ЖРД: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (7) М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (6)	13
Итого по разделу 5		24

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- собеседование;
- 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.

Собеседование

Собеседование проводится при защите двигателя. Оценивается способность обучающегося найти и показать основные элементы двигательной установки на ПГС и на натурном образце, суметь объяснить их принцип действия, знать основные характеристики двигательной установки, способность объяснить циклограмму работы. Собеседование успешно пройдено, если обучающийся правильно ответил более чем на 60% вопросов преподавателя.

Примерный перечень вопросов на защиту двигателя:

1. Рассказать о назначении двигателя.
2. Рассказать о составе двигателя, указать расположение всех узлов на ПГС.
3. Доложить о свойствах и характеристиках топливных компонентов.
4. Доложить значения параметров двигателя.
5. Какие параметры двигателя в каких пределах регулируются?
6. Указать на ПГС все элементы, указать их назначение.
7. Описать работу агрегатов при запуске и переходных режимах.
9. Описать работу агрегатов при останове двигателя.
10. Рассказать о камере сгорания: состав, основные характеристики, работа.
11. Какие особенности имеет система смесеобразования в этом двигателе?
12. Какие особенности охлаждения камеры и ГГ имеются у этого двигателя?
13. Описать основные особенности ТНА: назначение, состав, основные характеристики.
14. Из каких элементов состоит система уплотнений ТНА, как они работают?
15. Какие характеристики имеют турбина, НОК и НГ?
16. Как устроен ГГ: какие имеет характеристики?
17. Какие на этом двигателе используются агрегаты управления, регулирования, контроля?
18. Рассказать устройство, особенности конструкции и характеристики регулятора расхода.
19. Рассказать, как работает регулятор.
20. Как устроен и как работает дроссель – регулятор СОБ?
21. Как устроены и как работают клапаны пуска, какие у них назначения.
22. Как устроен и как работают клапан воздуха, какое у него назначение.
23. Как устроен и как работают клапан окислителя, какое у него назначение.
24. Как устроен и как работают клапан отсечки горючего от ГГ, какое у него назначение.
25. Как устроен и как работают клапан отсечки горючего от КС, какое у него назначение.

Зачет

Зачёт выставляется при условии положительной защиты всех изучаемых двигателей и успешном написании всех диагностических работ.

Паспорт фонда оценочных средств

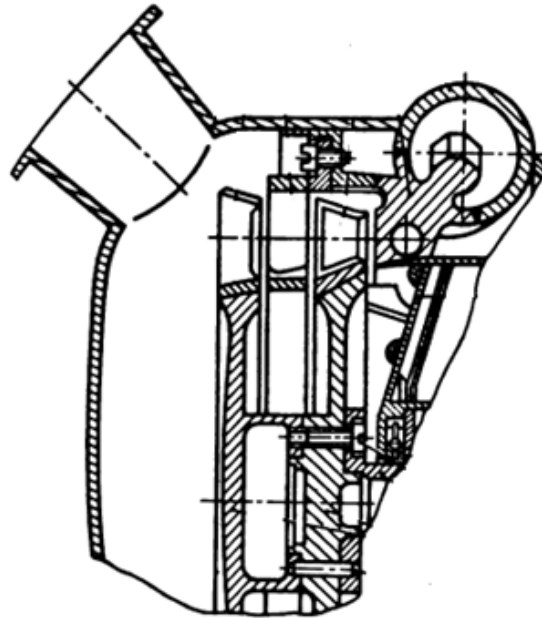
КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПСК-1/23-2	
3	6	Раздел 1. Энергетические основы рабочего процесса в реактивных двигателях.	2	2	2	0	0	10	Собеседование
3	6	Раздел 2. Химические топлива.	2	2	2	0	0	10	Собеседование
3	6	Раздел 3. Основные элементы ЖРД. Схемы систем подачи топлива в камеру ЖРД. Схемы ЖРД с дожиганием и без дожигания газогенераторных газов.	32	7	2	5	25	20	Собеседование
3	6	Раздел 4. Организация рабочего процесса и характеристики камер сгорания и газогенераторов РД.	35	10	4	6	25	20	Собеседование
3	6	Раздел 5. Общая теория лопаточных машин. Устройство и принцип работы ТНА.	35	11	5	6	24	20	Собеседование
3	6	Раздел 6. Основные элементы систем автоматики двигателей. Принцип работы и устройства.	2	2	2	0	0	20	Собеседование
Всего за 6 семестр			108	34	17	17	74	100	
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100	

Критерии оценивания

ПСК-1/23-2

Вопросы открытого типа:

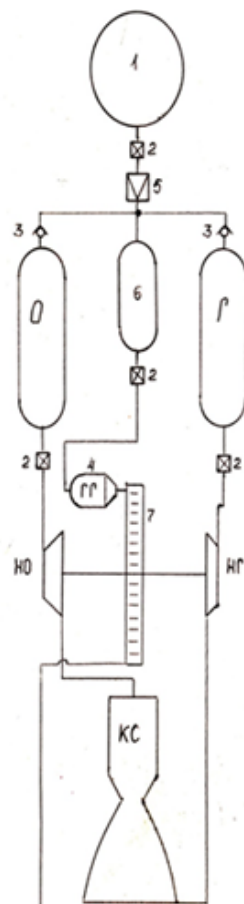
- № 1 Для однорежимных двигательных установок больших тяг, работающих в плотных слоях атмосферы, какая система подачи компонентов применяется? Запишите развёрнутый обоснованный ответ.
- № 2 При проектировании двигательных установок сравнительно небольших тяг, изменяющихся в широком диапазоне, с возможностью многократного запуска, работающих в разреженной атмосфере, с какой системой подачи компонентов топлива целесообразно разрабатывать жидкостные двигатели? Запишите развёрнутый обоснованный ответ.
- № 3 В чем принципиальное отличие ракеты-носителя с двигательной установкой, работающей по схеме с дожиганием генераторного газа от двигательной установки, работающей по схеме без дожигания генераторного газа? Запишите развёрнутый обоснованный ответ.
- № 4 Какие применяют способы борьбы с кавитацией при разработке жидкостного ракетного двигателя, работающего на топливных компонентах, обладающих высокими кавитационными свойствами? Запишите развёрнутый обоснованный ответ.
- № 5 При разработке камеры жидкостного ракетного двигателя 1ой ступени ракеты-носителя, какие возможны способы охлаждения камеры ракетного двигателя? Запишите развёрнутый обоснованный ответ.
- № 6 В каких схемах жидкостных ракетных двигателей допустимо применение компоновки турбонасосного агрегата по схеме с консольным расположением турбины? Запишите развёрнутый обоснованный ответ.
- № 7 При проектировании камеры двигателя, работающей на жидких компонентах топлива, для достижения максимальной энергоэффективности (удельного импульса) применяют ядерные форсунки каких типов? Выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа .
1. центробежные двухкомпонентные форсунки с внешним смешением
 2. центробежные двухкомпонентные форсунки с внутренним смешением
 3. однокомпонентные центробежные форсунки
 4. струйные однокомпонентные форсунки
- № 8 Какие формы трактов охлаждения камеры ракетного двигателя рекомендуется использовать, чтобы увеличить теплосъем и прочность камеры ракетного двигателя? Выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа .
1. гофрированная проставка
 2. фрезерованный канал
 3. щелевой канал по выштамповкам
 4. щелевой канал
 5. комбинированный канал
- № 9 Какого типа турбина представлена на схеме? Выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа .



1. Осевая турбина
2. Центробежная турбина
3. Центробежная турбина
4. Одноступенчатая
5. Двухступенчатая

№ 10

Схема двигательной установки какой системы подачи представлена на рисунке? Выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа .

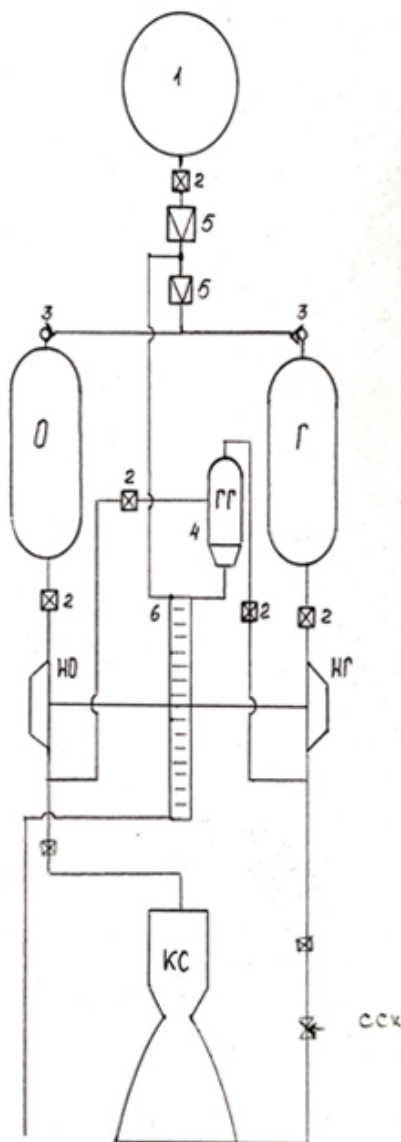


1. вытеснительной
2. насосной с дожиганием генераторного газа
3. насосной без дожигания генераторного газа

Вопросы закрытого типа:

№ 1

На рисунке представлена пневмогидравлическая схема жидкостного ракетного двигателя, соотнесите название элемента и цифру, указанную на пневмогидравлической схеме.



А -газовый аккумулятор давления

Б – пуско-отсечной клапан

В – обратный клапан

Г – газогенератор

Д - редуктор

Е - турбина

№ 2

При разработке ракетного двигателя с узким диапазоном изменения тяги, работающего по закрытой схеме (с дожиганием генераторного газа в камере сгорания), какую схему турбонасосного агрегата целесообразно использовать?

- с консольным расположением активной турбины

- с центральным расположением реактивной турбины

- с консольным расположением реактивной турбины

№ 3

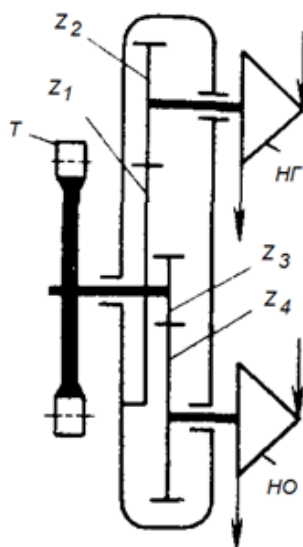
Для камеры двигателя работающей на жидких компонентах топлива, при давлении в камере 170 атм, какое охлаждение целесообразно использовать?

- наружное регенеративное охлаждение с организацией внутреннего пристеночного слоя с избытком горючего
- наружное регенеративное охлаждение с применением внутреннего завесного охлаждения
- наружное нерегенеративное охлаждение с применением внутреннего завесного охлаждения
- № 4 Какие условия при расчёте должны выполняться, чтобы подобранная схема охлаждения камеры являлась работоспособной. Соотнесите номера с вариантами ответов.
- Температура стенки со стороны газа. [1] допустимой температуры нагрева материала
 - Температура охлаждающей жидкости Тж. [2] температуры кипения охлаждающей жидкости Тк.
 - Температура стенки со стороны жидкости. [3] температуры коксообразования.
 - Температура охлаждающей жидкости. и стенки со стороны охлаждающей жидкости. [4] температуры разложения охлаждающего компонента
- Варианты ответов:
- А - Меньше
 - Б - Больше
 - В - Меньше или равна
 - Г - Больше или равна
- № 5 При условии, что компоненты камеры ракетного двигателя - газообразный окислитель и жидкое горючее, то для достижения максимального значения удельного импульса какой должна быть компоновка смесительной головки?
1. Концентрическое расположение ядровых двухкомпонентных газожидкостных форсунок
 2. Шахматное расположение ядровых однокомпонентных струйных форсунок
 3. Концентрическое расположение ядровых однокомпонентных струйных форсунок
 4. Сотовое расположение ядровых двухкомпонентных газожидкостных форсунок
- № 6 Определить компоновочную схему турбонасосного агрегата для жидкостного ракетного двигателя второй ступени. Ракетный двигатель работает на самовоспламеняющихся компонентах и имеет возможность глубокого дросселирования – изменения тяги в широких диапазонах. Сопоставьте цифру с вариантами ответов
- [1] турбонасосный агрегат с [2] расположением турбины
- Варианты ответов
- [1]-А. Однороторный (безредукторный);
 [1]-Б. Многороторный (редукторный);
 [2]-В. Консольным;
 [2]-Г. Центральным:
- № 7 В чем особенность регулирования по тяге жидкостного ракетного двигателя открытой схемы (схемы без дожигания генераторного газа)?
- Условие: ракетный двигатель должен регулироваться по тяге в широком диапазоне. И иметь максимальное значение удельного импульса на всём участке траектории полёта.

Выберите правильные ответы.

- в газогенераторе поддерживается одинаковое соотношение компонентов
- в камере поддерживается одинаковое соотношение компонентов
- регулирование по тяге осуществляется за счёт изменения температуры генераторного газа

№ 8 Как называется компоновочная схема турбонасосного агрегата для двигательных установок ракет-носителей работающих на криогенных компонентах топлива, представленная на рисунке?



А схема с _В_ расположением турбины

А – многороторная В – консольным

А – однороторная В - центральным

№ 9 Опишите последовательность разработки жидкостной двигательной установки

А Обоснование типа и основных рабочих параметров двигательной установки с целью создания пневмогидросхемы изделия

Б Расчёт основных элементов системы питания жидкостного ракетного двигателя

В Расчёт, проектирование, конструирование основного агрегата, определяющего тягу

№ 10 Перечислите формы трактов охлаждения в порядке ухудшения теплоотдачи от стенки к охлаждающей жидкости

А. Гладкий щелевой канал

Б. Фрезерованный канал

В. Гофрированная проставка