


УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

 Юнаев Л. П.
(подпись) ФИО
« 31 » 05 20 22

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА И ТЕОРИИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование жидкостных ракетных двигателей
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
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	5	3	108	68	34	0	34	40	0	0	40	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

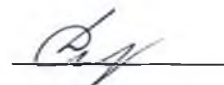
24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

год набора группы: 2022

Программу составил:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ

Кравченко Дарья Григорьевна, 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

А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА И ТЕОРИИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

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-7 — способность критически и системно анализировать достижения отрасли двигателестроения и энергетической техники и способы их применения в профессиональном контексте
ПСК-2 — способность разрабатывать эскизный (технический) проект (аванпроект) по созданию (модернизации) жидкостных ракетных двигателей и их составных элементов
ПСК-6 — способность проводить поиск, систематизировать и анализировать информацию по конструктивным и схемным решениям существующей ракетно-космической техники и их элементов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-7

знания:

комплекс характеристик, определяющих технико-экономические, эксплуатационные и экологические характеристики ДУ, потребности, основные способы и ресурсы повышения характеристик;

умения:

выполнения энергетических расчётов; обоснования выбора и разработки вариантов схемных решений ДУ с учётом вариативности их назначения, базовых рабочих параметров, состава рабочих

топливных композиций;

навыки:

расчета основных энергетических характеристик ДУ.

ПСК-2

знания:

способы оптимизации параметров эффективности ДУ с учётом вариативности их агрегатного состава, схемных решений, назначения и условий эксплуатации;

умения:

модель физических представлений о схемных решениях, составе, условий эксплуатации и функциональном назначении входящих в состав ДУ агрегатов, расчётные методики оценки их рабочих

параметров;

навыки:

разработки ПГС ДУ с различными системами подачи компонентов топлива.

ПСК-6

знания:

система знаний, охватывающей разнообразие типов схемных и конструктивных решений двигательных установок (ДУ), определяющей на стадии разработки принципы обоснования их параметров, 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:

математическое обеспечение для оценки основных технико-экономических характеристик ДУ с учётом вариативности их назначения, схемных решений, состава рабочих топливных композиций;

навыки:

анализа схемных и конструктивных решений ДУ и агрегатов..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА И ТЕОРИИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.02 *Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ, ОЗНАКОМИТЕЛЬНАЯ ПРАКТИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕПЛОВЫХ МАШИН, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-4 — Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов авиационной и ракетно-космической техники
- ОПК-6 — Способен осуществлять критический анализ научных достижений в области авиационной и ракетно-космической техники
- ОПК-7 — Способен критически и системно анализировать достижения отрасли двигателестроения и энергетической техники и способы их применения в профессиональном контексте
- ПСК-6 — Способен проводить поиск, систематизировать и анализировать информацию по конструктивным и схемным решениям существующей ракетно-космической техники и их элементов
- УК-6 — Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки и 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	Практические занятия		ОПК-7	ПСК-2	ПСК-6
3	5	Раздел 1. Термодинамические и энергетические основы рабочего процесса в РД. Энергетические характеристики РД. Тяга РД. Удельный импульс. Пустотный и расчетный режимы истечения из сопла. Импульсные коэффициенты потерь. Расходный и тяговый комплекс. Зависимость характеристик РД от вида топлива и коэффициента избытка окислителя.	6	2	2	0	4	10	0	10
3	5	Раздел 2. Классификация реактивных двигателей. Классификация реактивных двигателей, ракетные двигатели, воздушно-реактивные двигатели, гидро-реактивные двигатели. Ракетные двигатели на химическом топливе: ЖРД, РДТТ, гибридные РД. Основные виды энергии, используемые для РД.	8	4	4	0	4	10	0	10
3	5	Раздел 3. Основные элементы ЖРД. Схемы систем подачи топлива в камеру ЖРД. Схемы ЖРД с дожиганием и без дожигания газогенераторных газов. Состав ЖРД. Принципы работы и характеристики агрегатов: камера РД, газогенератор, турбонасосный агрегат. Классификация ЖРДУ по типу подачи топлива: вытеснительная и насосная системы подачи. Область применения в ракетной технике, особенности компоновки агрегатов РД. Открытая и закрытая схемы ЖРД. Особенности компоновки пневмогидравлической схемы. Область применения и основные параметры. Методика расчета энергетического баланса.	22	14	6	8	8	20	25	20
3	5	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. Методика расчета охлаждения камеры сгорания. Требования к охлаждающим жидкостям. Конструктивные особенности трактов охлаждения.	25	17	8	9	8	20	25	20
3	5	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 разных типов. 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.	25	17	8	9	8	20	25	20
3	5	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.	22	14	6	8	8	20	25	20
Всего за 5 семестр			108	68	34	34	40	100	100	100
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	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.	8
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.	9
3	Раздел 5. Общая теория лопаточных машин. Устройство и принцип работы	Изучение конструкции и принципа действия основных агрегатов двигательной установки с	9

	ТНА.	глубоким дросселированием тяги.	
4	Раздел 6. Основные элементы систем автоматики двигателей. Принцип работы и устройства.	Изучение конструкции и принципа действия основных агрегатов двигательной установки верхней ступени космического летательного аппарата многократного включения.	8
Всего за 5 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Термогазодинамические и энергетические основы рабочего процесса в РД.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	4
2	Раздел 2. Классификация реактивных двигателей.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	4
3	Раздел 3. Основные элементы ЖРД. Схемы систем подачи топлива в камеру ЖРД. Схемы ЖРД с дожиганием и без дожигания газогенераторных газов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	3
4		Проработка материалов практических занятий	5
5	Раздел 4. Организация рабочего процесса и характеристики камер сгорания и газогенераторов РД.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	3
6		Проработка материалов практических занятий	5
7	Раздел 5. Общая теория лопаточных машин. Устройство и принцип работы ТНА.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	3
8		Проработка материалов практических занятий	5
9	Раздел 6. Основные элементы систем автоматики двигателей. Принцип работы и устройства.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	3
10		Проработка материалов практических занятий	5
Всего за 5 семестр			40

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
5				ВПЗ		ДР		ВПЗ		ДР		ВПЗ			ВПЗ	ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВПЗ – вопросы/задания по темам ПЗ;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

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

- диагностическая работа;
- вопросы/задания по темам ПЗ;

- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. Д. Г. Кравченко, А. А. Киршина. . Устройство двигателя РД-0204 (8Д44). СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, 65 экз.
2. Д. Г. Кравченко, Ю. В. Анискевич, А. М. Лабанова. . Устройство двигателя РД-107. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 81 экз.
3. М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016, эл. рес.
4. Н. К. Матвеев, А. А. Семёнов. . Устройство двигателя РД-119. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 25 экз.
5. Н. К. Матвеев, А. А. Семёнов. . Устройство двигателей РД-112 и РД-113. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, 20 экз.
6. Ю. В. Анискевич, А. А. Левихин. . Основы устройства и теории ЖРД. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 26 экз.
7. Ю. В. Анискевич, Д. Г. Кравченко, А. М. Лабанова. . Устройство двигателя 5Д67. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 77 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

1. Вопросы оборонной техники. Серия 16;
2. Двигатель.

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

1. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2/> - Библиотека "ВОЕНМЕХ" — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://e.lanbook.com/> - ЭБС "Лань";
3. <https://ibooks.ru/> - ЭБС "Айбукс".

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;
2. Макеты ЖРД (РД-107, 8Д44, 5Д12, РД-253).

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 **ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА И ТЕОРИИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. 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*:

ОПК-7 способность критически и системно анализировать достижения отрасли двигателестроения и энергетической техники и способы их применения в профессиональном контексте;

ПСК-2 способность разрабатывать эскизный (технический) проект (аванпроект) по созданию (модернизации) жидкостных ракетных двигателей и их составных элементов;

ПСК-6 способность проводить поиск, систематизировать и анализировать информацию по конструктивным и схемным решениям существующей ракетно-космической техники и их элементов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с особенностями схемных и конструктивных решений двигательных установок (ДУ), определяющую принципы обоснования их 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;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**40 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 40 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. Термозаодинамические и энергетические основы рабочего процесса в РД.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (1,2)	4
Итого по разделу 1		4
Раздел 2. Классификация реактивных двигателей.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	Ю. В. Анискевич, А. А. Левихин. . Основы устройства и теории ЖРД: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1) М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (1)	4
Итого по разделу 2		4
Раздел 3. Основные элементы ЖРД. Схемы систем подачи топлива в камеру ЖРД. Схемы ЖРД с дожиганием и без дожигания газогенераторных газов.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	Ю. В. Анискевич, А. А. Левихин. . Основы устройства и теории ЖРД: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1,2) Д. Г. Кравченко, Ю. В. Анискевич, А. М. Лабанова. . Устройство двигателя РД-107: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1)	3
Проработка материалов практических занятий	М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (3,6,8,9)	5
Итого по разделу 3		8
Раздел 4. Организация рабочего процесса и характеристики камер сгорания и газогенераторов РД.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	Ю. В. Анискевич, А. А. Левихин. . Основы устройства и теории ЖРД: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (5,6) М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (1,2)	3
Проработка материалов практических занятий	Д. Г. Кравченко, А. А. Киришина. . Устройство двигателя РД-0204 (8Д44): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1)	5
Итого по разделу 4		8
Раздел 5. Общая теория лопаточных машин. Устройство и принцип работы ТНА.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц	Ю. В. Анискевич, Д. Г. Кравченко, А. М. Лабанова. . Устройство двигателя 5Д67: СПб.БГТУ	3

по рекомендуемой литературе	"ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (1) Ю. В. Анискевич, А. А. Левихин. . Основы устройства и теории ЖРД: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (7)	5
Проработка материалов практических занятий		
Итого по разделу 5		8
Раздел 6. Основные элементы систем автоматики двигателей. Принцип работы и устройства.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	Ю. В. Анискевич, А. А. Левихин. . Основы устройства и теории ЖРД: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (3) Н. К. Матвеев, А. А. Семёнов. . Устройство двигателя РД-119: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1) Н. К. Матвеев, А. А. Семёнов. . Устройство двигателей РД-112 и РД-113: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1)	3
Проработка материалов практических занятий		5
Итого по разделу 6		8

ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы к экзамену;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- 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.

Вопросы к экзамену

1. Основные понятия: реактивный двигатель, реактивная сила, камеры сгорания и сопла, рабочие тела.
2. Зажигание компонентов топлива. Параметры зажигания.
3. Конструкция шнекоцентробежного насоса ТНА, Основные параметры.
4. Основные характеристики ЖРД: тяга, удельный импульс. Удельная масса. Ресурс. Давление в КС.
5. Захолаживание двигателей ЖРД.
6. Конструкция реактивной центростремительной турбины.
7. Основные узлы ЖРД: камеры сгорания, турбонасосные агрегаты, газогенераторы; назначение, характеристики, устройства.
8. Химическое, пиротехническое, электроискровое зажигание.
9. Газовые турбины. Осевые и радиальные, активные и реактивные. Высокоперепадные и низкоперепадные. Одноступенчатые и двухступенчатые. Мощность, скорость вращения, масса, габариты
10. Агрегаты автоматики ЖРД. Клапаны, регуляторы, реле давления, электронагреватели, узлы зажигания, запуска турбин, пиропатроны, датчики параметров.
11. Газогенераторы ЖРД, двух- и однокомпонентные, катализаторные и термического разложения. Устройство, основные параметры.
12. Бесконтактные уплотнения ТНА. Статические, гидродинамические. Лабиринтные, щелевые, с плавающим кольцом. Устройство, характеристики.
13. Вытеснительные и насосные схемы подачи КРТ.
14. Камеры сгорания ЖРД. Назначение, состав. Основные параметры.
15. Бесконтактные гидродинамические уплотнения – осевые и радиальные.
16. Схемы ЖРД с вытеснительной системой подачи с падением давления газа в баках и дополнительной подачей газа.
17. Охлаждение камер сгорания. Схемы охлаждения трактов.
18. Опоры роторов ТНА. Требования к опорам. Шарикоподшипники. Устройства, материалы.
19. Вытеснительные схемы ЖРД с регулированием давления в баках.
20. Охлаждающие тракты КС ЖРД с ребрами и гофрами.
21. Подшипники качения ТНА. Методы повышения долговечности.
22. Основные характеристики схем с насосной подачей.
23. Заградительное охлаждение КС ЖРД
24. Подшипники скольжения: гидростатические и гидродинамические.
25. Насосные схемы ЖРД без дожигания генераторного газа.
26. Внутреннее завесное охлаждение КС ЖРД.
27. Основные характеристики ТНА.
28. Насосные схемы ЖРД с дожигания генераторного газа.
29. Форсуночная головка ЖРД. Назначение, устройство, требования.
30. Компоновочные схемы ТНА.
31. Насосные схемы с дожигания генераторного газа для водородного ЖРД. Безгенераторная схема.
32. Устройство жидкостных форсунок.
33. Основные типы насосов и газовых турбин ТНА.

34. Зависимость удельного импульса от давления в КС ЖРД.
35. Газожидкостные форсунки и их соединения с днищем.
36. Гидротурбины и электродвигатели, как приводы насосов ЖРД.
37. Пневмогидравлические схемы ЖРД.
38. Камеры ЖРД малой тяги. Регенеративное, абляционное, лучистое, пленочное внутреннее охлаждение камер.
39. Антикавитационные свойства насосов.
40. Клапаны и регуляторы ЖРД.
41. Удельный импульс и ресурс ЖРД малой тяги.
42. Центробежные колеса насосов.
43. Узлы зажигания ЖРД.
44. Однокомпонентные ЖРД малой тяги.
45. Основные характеристики ТНА.
46. Узлы запуска турбин и продувки ЖРД
47. Наддув баков. Газовые аккумуляторы давления. Жидкостная испарительная схема наддува.
48. Осевые преднасосы - шнеки
49. Пиропатроны и датчики измерения параметров ЖРД.
50. Газогенераторная схема наддува.
51. Контактные уплотнения ТНА. Структурные схемы. Свойства контактных уплотнений.
52. Узлы и элементы наддува баков ЖРД.
53. Требования к запуску ЖРД. Этапы.
54. Торцевые уплотнения ТНА. Условия работы. ТУ с мембраной и сильфоном. Материалы.
55. Рабочие тела и компоненты ракетных топлив.
56. Останов двигателя ЖРД. Требования. Этапы.
57. Уплотнения ТНА с упругими кольцами.
58. Тяга, диапазон тяги, удельный импульс ЖРД.
59. Управление вектором тяги двигательной установки.
60. Смазка подшипников ТНА,
61. Удельная масса. Ресурс. Типы КРТ ЖРД.
62. Циклограмма работы ЖРД.
63. Редукторы ТНА.

Вопросы/задания по темам ПЗ

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.

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.

Для получения оценок "хорошо" и "отлично" требуется ответить на два вопроса экзаменационного

билета.

Оценивается полнота и правильность ответа по билету.

Оценка «хорошо»: полнота ответа на вопросы билета: не менее 70% по каждому вопросу.

Оценка «отлично»: полнота ответа на вопросы билета: не менее 80% по каждому вопросу, ответы на 2-3 дополнительных вопроса со степенью полноты ответа не менее 50% по каждому.

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-7	ПСК-2	ПСК-6	
3	5	Раздел 1. Термогазодинамические и энергетические основы рабочего процесса в РД.	6	2	2	0	4	10	0	10	Вопросы к экзамену
3	5	Раздел 2. Классификация реактивных двигателей.	8	4	4	0	4	10	0	10	Вопросы к экзамену
3	5	Раздел 3. Основные элементы ЖРД. Схемы систем подачи топлива в камеру ЖРД. Схемы ЖРД с дожиганием и без дожигания газогенераторных газов.	22	14	6	8	8	20	25	20	Вопросы к экзамену
3	5	Раздел 4. Организация рабочего процесса и характеристики камер сгорания и газогенераторов РД.	25	17	8	9	8	20	25	20	Вопросы/ задания по темам ПЗ
3	5	Раздел 5. Общая теория лопаточных машин. Устройство и принцип работы ТНА.	25	17	8	9	8	20	25	20	Вопросы/ задания по темам ПЗ
3	5	Раздел 6. Основные элементы систем автоматики двигателей. Принцип работы и устройства.	22	14	6	8	8	20	25	20	Вопросы/ задания по темам ПЗ
Всего за 5 семестр			108	68	34	34	40	100	100	100	
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100	100	100	