


УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

 / Юнаков Л. П.
(подпись) ФИО
« 31 » 05 2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок
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	
5	9	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

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

А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

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-1.7 — способность производить поиск, систематизировать и анализировать информацию по конструктивным и схемным решениям существующих двигателей летательных аппаратов и их элементов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-1.7

знания:

состояния и перспективы развития жидкостных ракетных двигателей

технические характеристики и конструктивные особенности жидкостного ракетного двигателя

основные характеристики рабочих процессов в жидкостных ракетных двигателях

теории и расчетных методик по проектированию жидкостных ракетных двигателей;

умения:

обосновывать технические решения в области разработки жидкостных ракетных двигателей;

навыки:

проведения комплексного технического анализа для обоснованного принятия решения

проведения расчетов и конструирования жидкостных ракетных двигателей и жидкостных ракетных установок, их узлов и агрегатов с использованием информационных технологий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕОРИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ, ТЕПЛОПЕРЕДАЧА, ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И РАБОЧИЕ ТЕЛА, ТЕРМОДИНАМИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические и экспериментальные исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- 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-1.1 — Способен разрабатывать конструкторскую документацию на детали и узлы двигателей и стендового оборудования
- ПСК-1.3 — Способен выполнять расчёты простых систем, деталей и узлов
- ПСК-1.7 — Способен производить поиск, систематизировать и анализировать информацию по конструктивным и схемным решениям существующих двигателей летательных аппаратов и их элементов
- ПСК-1.9 — Способен выполнять научно-исследовательские работы и разрабатывать отчёты в обеспечении создания перспективных конкурентоспособных двигательных установок и их составных элементов на основе воздушно-реактивных двигателей
- УК-8 — Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-1.7
5	9	Раздел 1. Обоснование типа и выбор рабочих параметров двигательной установки. Области применения и рекомендации по выбору системы подачи топлива. Выбор рабочих параметров двигательной установки. Рекомендации по составлению и выбору элементов пневмо-гидравлических схем двигательных установок. Формирование технического задания на проектирование агрегатов системы питания. Порядок расчёта схем ракетных двигателей. Массовые характеристики двигательной установки.	14	4	4	0	10	25
5	9	Раздел 2. Системы подачи. Цели и задачи проектирования систем подачи. Выбор конструктивной схемы системы подачи. Вытеснительные системы подачи. Нагнетательные системы подачи.	28	18	8	10	10	25
5	9	Раздел 3. Проектирование камер. Общая схема проектирования камеры ракетного двигателя. Выбор числа камер в двигательной установке. Приближенный расчёт ожидаемого расходного комплекса. Расчёт проходных сечений. Определение размеров камеры сгорания. Профилирование сопла. Компоновка и расчёт смесительных головок. Расчёт пристеночного слоя. Определение величин ожидаемого расходного комплекса, коэффициента потерь в сопле и ожидаемого тягового комплекса, ожидаемого значения удельного импульса. Массовые характеристики камеры двигателя. Расчёт камеры двигателя на прочность.	36	26	12	14	10	25
5	9	Раздел 4. Расчёт наружного проточного охлаждения. Условия и особенности теплообмена в РД. Основы расчёта стационарного теплообмена в РД. Методика расчёта стационарного теплообмена в РД.	30	20	10	10	10	25
Всего за 9 семестр			108	68	34	34	40	100
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Системы подачи.	Выбор рабочих параметров двигательной установки	5
2		Формирование технического задания на проектирование агрегатов системы питания	5
3	Раздел 3. Проектирование камер.	Определение размеров камеры сгорания	3
4		Компоновка и расчёт смесительных головок	3
5		Профилирование сопла	3
6		Расчёт гидравлических сопротивлений	3
7		Расчёт прочности камеры ЖРД	2
8	Раздел 4. Расчёт наружного проточного охлаждения.	Расчёт наружного охлаждения жидкостного ракетного двигателя	10
Всего за 9 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Обоснование типа и выбор рабочих параметров двигательной установки.	Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	10
2	Раздел 2. Системы подачи.	Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	10
3	Раздел 3. Проектирование камер.	Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	10
4	Раздел 4. Расчёт наружного проточного охлаждения.	Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	10
Всего за 9 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
9					ВРЗД, ВПЗ	ДР			ВРЗД, ВПЗ	ДР					ВРЗД, ВПЗ	ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВРЗД – вопросы по разделу;
- ВПЗ – вопросы/задания по темам ПЗ.

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

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

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. А. Пинчук. . Энергетический расчёт ЖРД с нагнетательными системами питания. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 157 экз.
2. В. А. Пинчук, В. А. Сиротко. Основы проектирования двигателей летательных аппаратов. Ч. I Обоснование типа и выбор рабочих параметров двигательной установки. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1990, 38 экз.
3. Г. Г. Гахун, В. И. Баулин, В. А. Володин. . Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1989, 24 экз.
4. Е. М. Виноградов, Е. С. Потехин. Система подачи. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1990, 47 экз.
5. Е. С. Потехин, Ю. Н. Филимонов. Основы проектирования двигателей летательных аппаратов. Ч. III Проектирование камер. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1990, 43 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. Н. Филимонов, В. Т. Шевчук. Основы проектирования двигателей летательных аппаратов. Ч. 4 Расчёт наружного проточного охлаждения. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1990, эл. рес.
9. 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. Практические занятия:

1. Интерактивная доска;
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 **ТЕОРИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений 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*:

ПСК-1.7 способность производить поиск, систематизировать и анализировать информацию по конструктивным и схемным решениям существующих двигателей летательных аппаратов и их элементов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с закономерностями создания аппаратов максимального тепловыделения при оптимальных геометрических и массовых характеристиках, а также обеспечения теплозащиты и охлаждения конструкции.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

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

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. Обоснование типа и выбор рабочих параметров двигательной установки.		
Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	В. А. Пинчук. . Энергетический расчёт ЖРД с нагнетательными системами питания: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1, 2, 3) В. А. Пинчук, В. А. Сиротко. Основы проектирования двигателей летательных аппаратов. Ч. I Обоснование типа и выбор рабочих параметров двигательной установки: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1990 (1.1-1.7)	10
Итого по разделу 1		10
Раздел 2. Системы подачи.		
Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	Е. М. Виноградов, Е. С. Потехин. Система подачи: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1990 (2.1-2.4)	10
Итого по разделу 2		10
Раздел 3. Проектирование камер.		
Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (2, 4, 5) Е. С. Потехин, Ю. Н. Филимонов. Основы проектирования двигателей летательных аппаратов. Ч. III Проектирование камер: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1990 (3.1-3.13) Ю. В. Анискевич, А. А. Левихин. . Основы устройства и теории ЖРД: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (5) Г. Г. Гахун, В. И. Баулин, В. А. Володин. . Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1989 (6.1-6.3)	10
Итого по разделу 3		10
Раздел 4. Расчёт наружного проточного охлаждения.		
Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (4) Ю. Н. Филимонов, В. Т. Шевчук. Основы проектирования двигателей летательных аппаратов. Ч. 4 Расчёт наружного проточного охлаждения: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1990 (4.1-4.3) Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Проектирование внутрикамерных процессов и охлаждение двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (1-8)	10
Итого по разделу 4		10

ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы по разделу;
- 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 по разделу

Контроль проводится в форме собеседования, включает в себя ответы на три контрольных вопроса.

Оценивается полнота и качество ответа.

Контроль считается пройденным, если процент правильных ответов на каждый вопрос выше 70%.

Вопросы по каждому из разделов содержатся в УМК дисциплины.

Вопросы/задания по темам ПЗ

Оценивается полнота и качество выполнения практического задания, верность полученных результатов, способность их объяснить.

Задания по темам ПЗ представлены в УМК дисциплины.

Экзамен

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

Экзамен проходит в форме ответов на теоретические вопросы по билету. Оценивается полнота и правильность ответа по билету, включающему два вопроса.

Критерии оценивания:

- «отлично»: правильный ответ на вопросы билета с полнотой ответа не менее 80% по каждому вопросу и ответы на 2-3 дополнительных вопроса преподавателя со степенью полноты ответа не менее 30% по каждому вопросу;
- «хорошо»: правильный ответ на вопросы билета с полнотой ответа не менее 80% по каждому вопросу;
- «удовлетворительно»: правильный ответ на вопросы билета с полнотой ответа не менее 60% по каждому вопросу;
- «неудовлетворительно»: правильный ответ на вопросы билета с полнотой ответа менее 60% по каждому вопросу.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-1.7	
5	9	Раздел 1. Обоснование типа и выбор рабочих параметров двигательной установки.	14	4	4	0	10	25	Вопросы по разделу
5	9	Раздел 2. Системы подачи.	28	18	8	10	10	25	Вопросы по разделу, Вопросы/ задания по темам ПЗ
5	9	Раздел 3. Проектирование камер.	36	26	12	14	10	25	Вопросы по разделу, Вопросы/ задания по темам ПЗ
5	9	Раздел 4. Расчёт наружного проточного охлаждения.	30	20	10	10	10	25	Вопросы по разделу, Вопросы/ задания по темам ПЗ
Всего за 9 семестр			108	68	34	34	40	100	
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100	