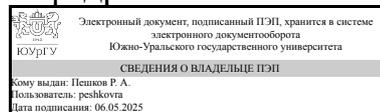


УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



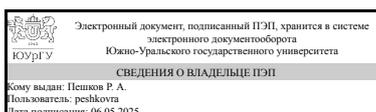
Р. А. Пешков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.С0.06 Конструирование жидкостных ракетных двигательных установок
для специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
уровень Специалитет
специализация Проектирование жидкостных ракетных двигателей
форма обучения очная
кафедра-разработчик Двигатели летательных аппаратов

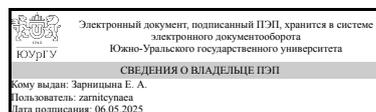
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 979

Зав.кафедрой разработчика,
к.техн.н., доц.



Р. А. Пешков

Разработчик программы,
старший преподаватель



Е. А. Зарницына

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины: изучение принципов и методов проектирования конструкций двигательных установок на базе жидкостных ракетных двигателей, их оптимизации, ознакомление и изучение существующих конструкций. Задачи дисциплины: сформировать у студентов конструкторское мышление, позволяющее создавать конструкции изделий нового поколения, анализировать и принимать оптимальные проектно-конструкторские решения как в области отдельных важных узлов конструкции, так и изделия в целом. Ознакомить с методами проектирования конструкций двигательных установок на базе жидкостных ракетных двигателей, с методиками расчета деталей и узлов изделий.

Краткое содержание дисциплины

Этапы разработки агрегатов и узлов ДУ ЖРД и технической документации. Компоновочные схемы ДУ ЖРД. Конструирование ЖРД, силовой рамы ДУ, системы управления вектором тяги.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-2 Проектирование, конструирование и расчет двигательных установок летательных аппаратов, в том числе космических, и их составных частей, включая утилизацию жидкостного ракетного двигателя	Знает: методики проектирования и конструирования ЖРДУ, особенности конструкции современных и перспективных ЖРДУ Умеет: применять компьютерные технологии для разработки ЖРДУ; конструировать ЖРДУ в соответствии с задачами, выполняемыми в составе ЛА (КА), их узлы и агрегаты; формулировать задания для расчета и конструирования ЖРДУ их узлов и агрегатов; выполнять расчеты и чертежи Имеет практический опыт: разработки конструкции узлов ЖРДУ и выпуска конструкторской документации согласно требованиям ЕСКД с применением современных средств автоматизации, выбора адекватных параметров разрабатываемой ЖРДУ с целью увязки с параметрами летательного аппарата
ПК-5 Поиск, систематизация и анализ информации по конструированию изделий ракетно-космической техники, их составленных частей, систем и агрегатов	Знает: современные тенденции и методики проектирования и конструирования ЖРДУ Умеет: осуществлять научно-технический поиск информации в области ЖРДУ, готовить отчет о результатах научно-технического поиска (доклад/аналитическая записка); работать с различными источниками информации, включая патентную и научную литературу на русском и иностранных языках Имеет практический опыт: работы с источниками информации (в том числе электронными посредством сети Интернет),

применения полученной информации при конструировании новых ЖРДУ

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Теория и расчет жидкостных ракетных двигателей, Проектирование ракетных двигателей на твердом топливе, Конструирование летательных аппаратов, Устройство летательных аппаратов, Конструирование жидкостных ракетных двигателей	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Устройство летательных аппаратов	Знает: классификацию деталей и механизмов летательных аппаратов; основные требования к деталям, узлам и механизмам летательных аппаратов; общие принципы и правила конструирования деталей и узлов механизмов летательных аппаратов Умеет: обосновывать выбор устройств в изделиях ракетно-космической техники; проводить конструирование деталей и узлов механизмов летательных аппаратов с использованием системного подхода Имеет практический опыт: расчета параметров деталей и узлов механизмов летательных аппаратов; разработки рабочих и сборочных чертежей деталей и узлов механизмов летательных аппаратов
Теория и расчет жидкостных ракетных двигателей	Знает: теоретические основы и расчетные методики по проектированию жидкостных ракетных двигателей (ЖРД); основные виды жидкостных ракетных топлив; основные характеристики рабочих процессов в ЖРД; виды ЖРДУ и их назначение в составе ЛА; принципы регулирования ЖРД Умеет: рассчитывать основные характеристики ЖРД и ЖРДУ, их узлов и агрегатов; формулировать задания для расчета для расчета и конструирования ЖРД и ЖРДУ Имеет практический опыт: расчета ЖРД и математического моделирования ЖРД и ЖРДУ, их узлов и агрегатов
Конструирование жидкостных ракетных двигателей	Знает: ЕСКД при выполнении графических и текстовых конструкторских документов, современные тенденции и методики проектирования и конструирования ЖРД Умеет: применять компьютерные технологии для

	<p>разработки ракетных двигателей и их отдельных узлов; конструировать ЖРД, их узлы и агрегаты; формулировать задания для расчета и конструирования ЖРД, их узлов и агрегатов; выполнять расчеты и чертежи, осуществлять научно-технический поиск информации в области ЖРД, готовить отчет о результатах научно-технического поиска (доклад/аналитическая записка); работать с различными источниками информации, включая патентную и научную литературу на русском и иностранных языках Имеет практический опыт: разработки конструкции узлов ЖРД и выпуска конструкторской документации согласно требованиям ЕСКД с применением современных средств автоматизации, работы с источниками информации (в том числе электронными посредством сети Интернет), применения полученной информации при конструировании новых ЖРД</p>
<p>Конструирование летательных аппаратов</p>	<p>Знает: конструкцию, работу и процессы, происходящие в летательных аппаратах Умеет: выбирать требуемые расчетные схемы для решения задач проектирования летательных аппаратов Имеет практический опыт: методами анализа и синтеза, подходами инженерных основ создания летательных аппаратов</p>
<p>Проектирование ракетных двигателей на твердом топливе</p>	<p>Знает: основы проектирования, конструктивные схемы и характеристики рабочего процесса ракетных двигателей на твердом топливе; условия эксплуатации и технического обслуживания ракетных двигателей на твердом топливе, о тенденциях создания принципиально новых материалов и технологических процессов для изготовления ответственных элементов ракетных двигателей на твердом топливе Умеет: использовать методы анализа влияния параметров рабочего процесса на эффективность термодинамического цикла ракетных двигателей на твердом топливе Имеет практический опыт: термодинамического и газодинамического расчетов продуктов сгорания твердого топлива, расчета внутренней баллистики двигателя твердого топлива, расчета теплозащитного покрытия; изучения конструкций ракет с двигателями твердого топлива</p>

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч., 93,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		10	
Общая трудоёмкость дисциплины	180	180	
<i>Аудиторные занятия:</i>	80	80	
Лекции (Л)	32	32	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32	
Лабораторные работы (ЛР)	16	16	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	86,5	86,5	
Курсовой проект	40	40	
Проработка лекционного материала	25	25	
Подготовка к промежуточной аттестации	21,5	21,5	
Консультации и промежуточная аттестация	13,5	13,5	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен, КП	

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Конструирование элементов ЖРДУ	2	2	0	0
2	Конструкция ЖРДУ	16	6	6	4
3	Конструктивные схемы ЖРДУ	42	18	18	6
4	Топливные баки	9	3	4	2
5	Системы управления ДУ и ее агрегаты	11	3	4	4

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Цикл создания и эксплуатации ЖРДУ. Технические средства автоматизации. Возможности САПР. Организация и этапы разработки элементов конструкции ЖРДУ. Техническая документация.	2
2	2	Конструктивные особенности ЖРДУ. Классификация ЖРДУ Требования к конструкции ЖРДУ Основные параметры ЖРДУ. Основные конструктивные элементы ПГС. Обозначение элементов ПГС. Требования к ПГС Элементы ПГС, принципиальные схемы ПГС	6
3	3	Конструктивные особенности схемы ЖРДУ с вытеснительной и турбонасосной подачей Элементы конструкции вытеснительной системы подачи и системы наддува. Элементы конструкции турбонасосной системы подачи. Материалы используемые в ЖРДУ и его элементах	6
4	3	Конструкции ЖРДУ первой ступени.	2
5	3	Конструкции ЖРДУ верхних ступеней.	2
6	3	Особенности конструкции ЖРДУ многофазовых КА	2
7	3	Конструкции ЖРДУ космических аппаратов. Объединённые ДУ КА.	6
11	4	Типы баков. Заборные устройства. Элементы топливных баков. Материалы, используемые в конструкции баков.	3
12	5	Конструкции элементов управления вектором тяги. Требования к элементам управления вектором тяги. Классификация элементов управления вектором	3

		тяги.	
--	--	-------	--

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Разработка ПГС ЖРДУ. Обоснование элементов ПГС. Разработка принципиальной схемы ПГС ЖРДУ	6
2	3	Конструирование ЖРДУ: выбор оптимального давления, схемы подачи компонентов топлива; определение основных проектных характеристик ЖРДУ.	6
3	3	Конструирование элементов ЖРДУ: маршевого ЖРД, управляющих ЖРД, агрегатов системы питания.	6
4	3	Компоновка ЖРДУ: разработка несущей конструкции (рамы). Чертёж общего вида.	6
5	4	Определение объёма топливных баков. Компоновка топливных баков и их элементов.	4
6	5	Выбор конструкции и параметров системы управления вектором тяги.	4

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	2	Изучение ПГС ЖРДУ с турбонасосной подачей компонентов топлива	2
2	2	Изучение ПГС ЖРДУ с вытеснительной подачей компонентов топлива	2
3	3	Изучение конструкции ЖРДУ 11Д58	2
4	3	Изучение конструкции ЖРДУ С5.35	2
5	3	Изучение конструкции ЖРДУ КА	2
6	4	Изучение конструкции баков и арматуры на примере ЖРДУ ракеты УР-100	2
7	5	Изучение конструкции систем управления вектором тяги ЖРДУ	4

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Курсовой проект	См. учебно-методические материалы в электронном виде, пункты 1, 2, 3, 4, 5, 6	10	40
Проработка лекционного материала	См. учебно-методические материалы в электронном виде, пункты 1, 2, 3, 4, 5, 6	10	25
Подготовка к промежуточной аттестации	См. учебно-методические материалы в электронном виде, пункты 1, 2, 3, 4, 5, 6	10	21,5

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	10	Курсовая работа/проект	КП1: Проектирование двигательной установки с заданными параметрами	-	4	4 балла - ответ построен логически верно; обнаружено максимально глубокое знание профессиональных терминов, понятий, категорий, концепций и теорий; установлены содержательные межпредметные связи; выдвигаемые положения обоснованы, приведены убедительные примеры; обнаружен аналитический подход в освещении различных концепций; сделаны содержательные выводы; продемонстрировано знание обязательной и дополнительной литературы. 3 балла - ответ построен логически верно; представлены различные подходы к проблеме, но их обоснование недостаточно полно; установлены содержательные межпредметные связи; выдвигаемые положения обоснованы, однако наблюдается непоследовательность анализа; выводы правильны; продемонстрировано знание обязательной и дополнительной литературы. 2 балла - ответ недостаточно логически выстроено; в плане ответа соблюдается непоследовательно; недостаточно раскрыты профессиональные понятия, категории, концепции, теории; выдвигаемые положения декларируются, но недостаточно аргументируются; продемонстрировано знание обязательной литературы. 1 балл - не раскрыты профессиональные понятия, категории, концепции, теории; научное обоснование проблем подменено рассуждениями обыденно-повседневного характера; ответ содержит ряд серьезных неточностей; выводы поверхностны или неверны; не продемонстрировано знание обязательной литературы. Решение принимает комиссия (состав не менее 3 чел), оценка - среднеарифметическое.	кур-совые проекты
2	10	Текущий контроль	КТ1: Контрольный	1	1	Дан правильный ответ на поставленный вопрос 1балл, Ответ	экзамен

			опрос			на поставленный вопрос не полный или содержит не точности 0,5 балла, Дан неверный ответ на поставленный вопрос, ответ отсутствует 0 баллов	
3	10	Текущий контроль	КТ2: Моделирование двигательной установки	1	1	Модель предоставлена в указанный срок, замечаний к конструкции нет - 1балл, модель предоставлена позже указанного срока, замечаний к конструкции нет - 0,5 балла, модель не предоставлена 0 баллов	экзамен
4	10	Текущий контроль	КТ3: Контроль посещаемости занятий дисциплины	0,5	100	Рейтинг выставляется автоматически на основании журнала посещаемости "Электронного ЮУрГУ".	экзамен
5	10	Промежуточная аттестация	ПА1: Экзамен	-	100	Итоговый балл промежуточной аттестации определяется «Электронным ЮУрГУ» на основании баллов, полученных при прохождении контрольных точек КТ1...КТ3 с учётом весовых коэффициентов.	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
курсовые проекты	Оценивается пояснительная записка и графическая часть (чертежи, плакаты) согласно приведённой шкале оценивания КП1 (см. ФОС КП1).	В соответствии с п. 2.7 Положения
экзамен	Досдача пропущенных КТ	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ				
		1	2	3	4	5
ПК-2	Знает: методики проектирования и конструирования ЖРДУ, особенности конструкции современных и перспективных ЖРДУ	+	+	+	+	+
ПК-2	Умеет: применять компьютерные технологии для разработки ЖРДУ; конструировать ЖРДУ в соответствии с задачами, выполняемыми в составе ЛА (КА), их узлы и агрегаты; формулировать задания для расчета и конструирования ЖРДУ их узлов и агрегатов; выполнять расчеты и чертежи	+	+	+	+	+
ПК-2	Имеет практический опыт: разработки конструкции узлов ЖРДУ и выпуска конструкторской документации согласно требованиям ЕСКД с применением современных средств автоматизации, выбора адекватных параметров разрабатываемой ЖРДУ с целью увязки с параметрами летательного аппарата	+	+	+	+	+
ПК-5	Знает: современные тенденции и методики проектирования и конструирования ЖРДУ	+	+	+	+	+
ПК-5	Умеет: осуществлять научно-технический поиск информации в области ЖРДУ, готовить отчёт о результатах научно-технического поиска (доклад/аналитическая записка); работать с различными источниками информации, включая патентную и научную литературу на русском и иностранных языках	+	+	+	+	+

ПК-5	Имеет практический опыт: работы с источниками информации (в том числе электронными посредством сети Интернет), применения полученной информации при конструировании новых ЖРДУ	+	+	+	+	+	+
------	--	---	---	---	---	---	---

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Алемасов, В. Е. Теория ракетных двигателей Учебник для вузов Под ред. В. П. Глушко. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1989. - 464 с. ил.
2. Беляев, Н. М. Расчет пневмогидравлических систем ракет. - М.: Машиностроение, 1983. - 219 с. ил.
3. Добровольский, М. В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования Текст учеб. для вузов по направлению "Авиа-и ракетостроение", специальности "Ракет. двигатели" "Двигатели летат. аппаратов" М. В. Добровольский : под ред. Д. А. Ягодникова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. - 486, [1] с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Овсянников, Б. В. Теория и расчет агрегатов питания жидкостных ракетных двигателей Учеб. для авиац. спец. вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 375 с. ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Библиотека учебной лаборатории "Аэрокосмическая техника"

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Библиотека учебной лаборатории "Аэрокосмическая техника"

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Агрегаты регулирования жидкостных ракетных двигательных установок : учебное пособие / Ю. И. Васютин, И. А. Смирнов, Д. А. Ягодников [и др.]. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2017. — 223 с. — ISBN 978-5-7038-4633-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/106259 (дата обращения: 05.05.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Добровольский, И. В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования : учебник / И. В. Добровольский ; под редакцией Д. А. Ягодникова. — 4-е изд. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2020. — 472 с. — ISBN 978-5-7038-5359-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/205004 (дата обращения: 05.05.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Гречух, И. Н. Баллистические ракеты и жидкостные ракетные двигатели : учебное пособие / И. Н. Гречух, Л. И. Гречух. — Омск : ОмГТУ, 2018. — 233 с. — ISBN 978-5-8149-2639-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/149077 (дата обращения: 05.05.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Орлин, С. А. Особенности запуска жидкостного ракетного двигателя : методические указания / С. А. Орлин. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. — 36 с. — ISBN 978-5-7038-4548-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/103285 (дата обращения: 05.05.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Кольга, В. В. Определение основных проектно-конструктивных параметров и массовых характеристик при проектировании ракет : учебное пособие / В. В. Кольга. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2021. — 112 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/195123 (дата обращения: 05.05.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Минашин, А. Г. Основы теории и проектирования жидкостных ракетных двигателей малой тяги : учебное пособие : в 2 частях / А. Г. Минашин, Б. Б. Петрикевич ; под редакцией Б. Б. Петрикевича. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, [б. г.]. — Часть 2 — 2014. — 45 с. — ISBN 978-5-7038-4015-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/62055 (дата обращения: 05.05.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
7	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Левихин, А. А. Теория ракетных двигателей : учебное пособие / А. А. Левихин, Ю. В. Анискевич, А. А. Галаджун. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2021. — 118 с. — ISBN 978-5-907324-40-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/220334 (дата обращения: 05.05.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	100 (2в)	Стенды, макеты, техническое описание
Лекции	306 (2)	ПК, проектор, экран
Практические занятия и семинары	110 (2)	ПК, проектор, экран