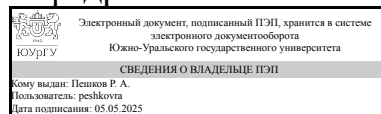


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



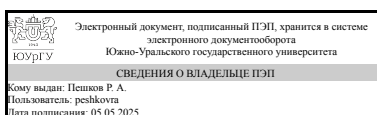
Р. А. Пешков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.С0.04 Конструирование элементов автоматики жидкостных ракетных двигателей
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

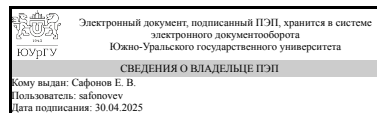
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 979

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



Р. А. Пешков

Разработчик программы,
к.техн.н., доцент



Е. В. Сафонов

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины: формирование системы профессиональных знаний и практических навыков в области разработки элементов и агрегатов автоматики жидкостных ракетных двигателей. Задачи дисциплины: выполнение гидравлических, газодинамических и тепловых расчетов процессов в элементах автоматики; выполнение расчетов динамических и статических характеристик элементов автоматики и определение параметров элементов автоматики для обеспечения устойчивой работы жидкостных ракетных двигателей; разработка конструкций элементов автоматики, создание моделей и выполнение расчетов с применением информационно-вычислительных систем и программно-аппаратных средств.

Краткое содержание дисциплины

Агрегаты автоматики ЖРД: общие сведения и классификация. Схемы регулирования и расстановка элементов автоматики ЖРД. Регуляторы ЖРД: назначение, устройство, конструкция и материалы. Клапаны ЖРД: назначение, устройство, конструкция и материалы. Редукторы и стабилизаторы давления ЖРД: назначение, устройство, конструкция и материалы. Дроссели и сигнализаторы давления ЖРД: назначение, устройство, конструкция и материалы. Расчет и моделирование динамических и статических характеристик элементов автоматики ЖРД. Расчет и конструирование элементов автоматики ЖРД.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Разработка моделей и проведение тепловых, гидравлических, газодинамических и термохимических расчетов при проектировании узлов и агрегатов двигателей летательных аппаратов, включая элементы автоматики	Знает: виды, конструкции, устройство и принципы работы элементов автоматики Умеет: проводить гидравлические, газодинамические и тепловые расчеты процессов в элементах автоматики; применять методики расчеты динамических и статических характеристик элементов автоматики; находить параметры элементов автоматики для обеспечения устойчивой работы жидкостных ракетных двигателей Имеет практический опыт: разработки конструкций элементов автоматики, создания моделей и выполнения тепловых, гидравлических и газодинамических расчетов с применением информационно-вычислительных систем и программно-аппаратных средств.

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Проектирование авиационных газотурбинных двигателей,	Не предусмотрены

Химическая кинетика и теория горения ракетных топлив, Системы автоматизированного проектирования жидкостных ракетных двигателей, Тепломассообмен в ракетно-космической технике, Автоматика и регулирование авиационных и ракетных двигателей, Проектирование тепломассообменных аппаратов, Теория и расчет газогенераторов	
---	--

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

Дисциплина	Требования
Теория и расчет газогенераторов	Знает: основные виды жидкостных и твердых топлив; основные характеристики рабочих процессов в газогенераторах; теорию и расчетные методики по проектированию газогенераторов; типы газогенераторов и их назначение в составе ЛА; принципы регулирования газогенераторов Умеет: рассчитывать основные характеристики газогенераторов и их узлов; формулировать задания для расчета для расчета и конструирования газогенератора Имеет практический опыт: владения методами проектирования и расчета газогенераторов и их узлов с использованием информационных технологий
Автоматика и регулирование авиационных и ракетных двигателей	Знает: законы и принципы автоматического управления и регулирования ракетных двигателей; методы математического описания процессов регулирования в линейных и нелинейных системах; методы исследования устойчивости и качества линейных систем управления; статические и динамические характеристики основных агрегатов и двигательной установки в целом; элементы автоматики, их назначение, принцип действия, методы описания и исследования Умеет: использовать законы линейного управления и регулирования; выбирать методы анализа устойчивости и определения качества регулирования; обосновывать выбор необходимых законов управления двигательной установки и расстановки элементов автоматики и пневмогидравлических схем; рассчитывать статические и динамические характеристики узлов и элементов жидкостной двигательной установки Имеет практический опыт: владения методами расчета параметров систем автоматического регулирования, оценки

	качества и исследования устойчивости двигательных установок и их систем
Проектирование теплообменных аппаратов	Знает: основные физические положения, конструкцию, методы проектирования теплообменного оборудования ракетно-космической техники Умеет: применять физико-математические методы моделирования и расчета при анализе рабочего процесса в теплообменном оборудовании ракетно-космической техники Имеет практический опыт: владения навыками проведения тепловых и газодинамических расчетов рабочего процесса теплообменного оборудования ракетно-космической техники
Проектирование авиационных газотурбинных двигателей	Знает: основные принципы действия и устройства проектируемых изделий; методологию разделения двигателя, историю отечественной и зарубежной авиационной техники, место и вклад выдающихся ведущих инженеров и конструкторов, конструкторских бюро, научно-исследовательских институтов России и мира в области авиационной техники Умеет: разрабатывать рабочую проектную документацию, анализировать и сопоставлять конструктивные и компоновочные схемы проектируемых ГТД, способность собирать и анализировать научно-техническую информацию, учитывать современные тенденции развития и вклад выдающихся инженеров в области отечественной и зарубежной авиационной техники; использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники в профессиональной деятельности Имеет практический опыт: проектирования компоновочных конструктивных и силовых схем основных узлов авиационных ГТД различного типа и назначения; владения методами разработки конструктивных и компоновочных чертежей; выполнения проектных расчетов, оценивания ресурса и уровня надежности разрабатываемых в процессе проектирования узлов и деталей, систем агрегатов авиационных ГТД, формировать и отстаивать свою гражданскую позицию на основе патриотизма, осознания социальной значимости своей будущей профессии, устойчивой мотивации к профессиональной деятельности, осознавать принадлежность к выдающимся научно-педагогическим школам страны и приверженность к корпоративным ценностям отечественной авиационной отрасли
Системы автоматизированного проектирования жидкостных ракетных двигателей	Знает: системы автоматизированного проектирования и разработки изделий ракетно-космической техники; информационно-

	вычислительные системы и программные комплексы для моделирования тепловых, прочностных, гидравлических, газодинамических и термохимических процессов Умеет: применять компьютерные технологии и программное обеспечение при проведении тепловых, гидравлических, газодинамических и термохимических расчетов, конструировании и моделировании работы двигателей летательных аппаратов, их агрегатов и элементов автоматики Имеет практический опыт: разработки моделей и выполнения тепловых, прочностных, гидравлических, газодинамических и термохимических расчетов с применением информационно-вычислительных систем и программно-аппаратных средств
Тепломассообмен в ракетно-космической технике	Знает: основные физические положения, законы механики, теплообмена, описывающие рабочие процессы в авиационных и ракетных двигателях Умеет: применять методы теплопередачи при анализе рабочего процесса в авиационных и ракетных двигателях Имеет практический опыт: владения навыками проведения теплообменных расчетов рабочего процесса в двигательных установках ракетно-космической техники
Химическая кинетика и теория горения ракетных топлив	Знает: методы получения и свойства, характеристиках и области применения основных жидких ракетных топлив, об основных тенденциях и направлениях разработки перспективных топлив; процессы, протекающие при сгорании топлива; основные законы химической кинетики; основы теории распространения пламени в горючих смесях; основы теории кинетического и диффузионного горения; физико-химические основы определения и методики расчёта состава и параметров недиссоциированных и диссоциированных продуктов сгорания для различных топливных композиций в пригомогенном и гетерогенном составе продуктов сгорания, классификацию применяемых ракетных топлив, степень их опасности и вредного воздействия на организм человека и окружающую среду; эксплуатационные, экономические и экологические требования, предъявляемые к ракетным топливам Умеет: осуществлять выбор компонентов топлива и оптимальной топливной пары; составлять системы уравнений для конкретной топливной пары, определять коэффициенты в камере и на срезе сопла, правильно подбирать конструкционные материалы и необходимые конструктивные исполнения элементов жидкостных ракетных двигателей для минимизации вероятности возникновения

	чрезвычайной ситуации и степени её неблагоприятного воздействия на окружающую среду и рабочий персонал. Имеет практический опыт: экспериментального и расчётно-теоретического анализа процессов горения и использования современных методик определения параметров процессов в агрегатах двигателя, классификации ракетных топлив, расчёта энергетических характеристик топливной пары.
--	--

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 56,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		10
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	0	0
Лабораторные работы (ЛР)	32	32
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	51,5	51,5
Проработка лекционного материала	19,5	19,5
Оформление отчетной документации по выполнению лабораторных работ по дисциплине	32	32
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объём аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Агрегаты автоматики ЖРД: общие сведения и классификация	2	2	0	0
2	Схемы регулирования и расстановка элементов автоматики ЖРД	4	2	0	2
3	Регуляторы ЖРД: назначение, устройство, конструкция и материалы	6	2	0	4
4	Клапаны ЖРД: назначение, устройство, конструкция и материалы	6	2	0	4
5	Редукторы и стабилизаторы давления ЖРД: назначение, устройство, конструкция и материалы	6	2	0	4
6	Дроссели и сигнализаторы давления ЖРД: назначение, устройство, конструкция и материалы	6	2	0	4

7	Расчет и моделирование динамических и статических характеристик элементов автоматики ЖРД	8	2	0	6
8	Расчет и конструирование элементов автоматики ЖРД	10	2	0	8

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Агрегаты автоматики ЖРД: общие сведения и классификация	2
2	2	Схемы регулирования и расстановка элементов автоматики ЖРД	2
3	3	Регуляторы ЖРД: назначение, устройство, конструкция и материалы	2
4	4	Клапаны ЖРД: назначение, устройство, конструкция и материалы	2
5	5	Редукторы и стабилизаторы давления ЖРД: назначение, устройство, конструкция и материалы	2
6	6	Дроссели и сигнализаторы давления ЖРД: назначение, устройство, конструкция и материалы	2
7	7	Расчет и моделирование динамических и статических характеристик элементов автоматики ЖРД	2
8	8	Расчет и конструирование элементов автоматики ЖРД	2

5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	2	Анализ схем регулирования, расстановка и размещение элементов автоматики в натурных ЖРД малых, средних и больших тяг, выполненных по "открытой" и "закрытой" схемам, с насосной и вытеснительной системами подачи..	2
2	3	Изучение устройства и материалов конструкции регуляторов тяги и стабилизаторов соотношения компонентов топлива на примере натурального ЖРД	4
3	4	Изучение устройства и материалов конструкции клапанов (пусковой, отсечной, пускоотсечной, пироклапан) на примере натурального ЖРД	4
4	5	Изучение устройства и материалов конструкции газового и жидкостных редукторов, стабилизаторов давления на примере натурального ЖРД	4
5	6	Изучение устройства и материалов конструкции дросселей (устройств с переменным гидравлическим сопротивлением) и сигнализаторов давления на примере натурального ЖРД	4
6	7	Моделирование динамических и статических характеристик элементов автоматики ЖРД в программной среде Math Works-MATLAB	6
7	8	Конструирование и моделирование элемента автоматики ЖРД в программной среде SolidWorks	4
8	8	Конструирование и подготовка конструкторской документации на элемент автоматики ЖРД в программной среде ASCON-Компас 3D	4

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Проработка лекционного материала	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. / e.lanbook.com/book/106259	10	19,5
Оформление отчетной документации по выполнению лабораторных работ по дисциплине	нет	10	32

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	Текущий контроль	Схемы регулирования и расстановка элементов автоматики ЖРД	1	10	Баллы начисляются за правильный ответ на все вопросы по выполненным лабораторным работам по дисциплине (защита лабораторных работ) Общее количество вопросов - 2. Правильный полный ответ на 1 вопрос оценивается в 5 баллов. Правильный неполный ответ на вопрос оценивается от 3 до 4 баллов. Ответ с ошибками на вопрос оценивается от 1 до 3 баллов. Неправильный ответ на вопрос оценивается в 0 баллов	экзамен
2	10	Текущий контроль	Регуляторы ЖРД: назначение, устройство, конструкция и материалы	1	10	Баллы начисляются за правильный ответ на все вопросы по выполненным лабораторным работам по дисциплине (защита лабораторных работ) Общее количество вопросов - 2. Правильный полный ответ на 1 вопрос оценивается в 5 баллов. Правильный неполный ответ на вопрос оценивается от 3 до 4 баллов. Ответ с ошибками на вопрос	экзамен

						оценивается от 1 до 3 баллов. Неправильный ответ на вопрос оценивается в 0 баллов	
3	10	Текущий контроль	Клапаны ЖРД: назначение, устройство, конструкция и материалы	1	10	Баллы начисляются за правильный ответ на все вопросы по выполненным лабораторным работам по дисциплине (защита лабораторных работ) Общее количество вопросов - 2. Правильный полный ответ на 1 вопрос оценивается в 5 баллов. Правильный неполный ответ на вопрос оценивается от 3 до 4 баллов. Ответ с ошибками на вопрос оценивается от 1 до 3 баллов. Неправильный ответ на вопрос оценивается в 0 баллов	экзамен
4	10	Текущий контроль	Редукторы и стабилизаторы давления ЖРД: назначение, устройство, конструкция и материалы	1	10	Баллы начисляются за правильный ответ на все вопросы по выполненным лабораторным работам по дисциплине (защита лабораторных работ) Общее количество вопросов - 2. Правильный полный ответ на 1 вопрос оценивается в 5 баллов. Правильный неполный ответ на вопрос оценивается от 3 до 4 баллов. Ответ с ошибками на вопрос оценивается от 1 до 3 баллов. Неправильный ответ на вопрос оценивается в 0 баллов	экзамен
5	10	Текущий контроль	Дроссели и сигнализаторы давления ЖРД: назначение, устройство, конструкция и материалы	1	10	Баллы начисляются за правильный ответ на все вопросы по выполненным лабораторным работам по дисциплине (защита лабораторных работ) Общее количество вопросов - 2. Правильный полный ответ на 1 вопрос оценивается в 5 баллов. Правильный неполный ответ на вопрос оценивается от 3 до 4 баллов. Ответ с ошибками на вопрос оценивается от 1 до 3 баллов. Неправильный ответ на вопрос оценивается в 0 баллов	экзамен
6	10	Текущий контроль	Конструирование и моделирование элемента автоматики ЖРД	1	20	Баллы начисляются за правильный ответ на все вопросы по выполненным лабораторным работам по дисциплине (защита лабораторных работ) Общее количество вопросов - 4. Правильный полный ответ на 1	экзамен

						вопрос оценивается в 5 баллов. Правильный неполный ответ на вопрос оценивается от 3 до 4 баллов. Ответ с ошибками на вопрос оценивается от 1 до 3 баллов. Неправильный ответ на вопрос оценивается в 0 баллов	
7	10	Промежуточная аттестация	Промежуточная аттестация по курсу за 10 семестр - экзамен	-	30	Баллы начисляются за правильный ответ на все вопросы по билету. Общее количество вопросов - 3. Правильный полный ответ на 1 вопрос оценивается в 10 баллов. Правильный неполный ответ на вопрос оценивается от 7 до 9 баллов. Ответ с ошибками на вопрос оценивается от 2 до 6 баллов. Неправильный ответ на вопрос оценивается в 0 баллов. При прохождении аттестации обязательным условием является защита всех лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины. При отсутствии защиты всех лабораторных работ баллы за ответы на вопросы по билету обнуляются.	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Формат проведения промежуточной аттестации - письменный ответ на билет и собеседование. Билет содержит 3 теоретических вопроса по курсу. Время на подготовку ответа по билету - 60 мин. Время на проверку ответа - 20 мин. На собеседовании по билету могут быть заданы дополнительные вопросы. Общее количество дополнительных вопросов не более 3, время собеседования не более 15 мин.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ						
		1	2	3	4	5	6	7
ПК-1	Знает: виды, конструкции, устройство и принципы работы элементов автоматики	++	++	++	++			++
ПК-1	Умеет: проводить гидравлические, газодинамические и тепловые расчеты процессов в элементах автоматики; применять методики расчетов динамических и статических характеристик элементов автоматики; находить параметры элементов автоматики для обеспечения устойчивой работы жидкостных ракетных двигателей							++
ПК-1	Имеет практический опыт: разработки конструкций элементов	++	++	++	++			++

			система. — URL: https://e.lanbook.com/book/149121 (дата обращения: 30.04.2025). — 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: 30.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5	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: 30.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. PTC-MathCAD(бессрочно)
2. Dassault Systèmes-SolidWorks Education Edition 500 CAMPUS(бессрочно)
3. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)
4. ASCON-Компас 3D(бессрочно)

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	304а (2)	компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение
Лабораторные занятия	100 (2в)	стенды и плакаты пневмогидравлических схем, макеты и натурные образцы ЖРДУ и элементов автоматики
Экзамен	100 (2в)	стенды и плакаты пневмогидравлических схем, макеты и натурные образцы ЖРДУ и элементов автоматики
Самостоятельная работа студента	100 (2в)	стенды и плакаты пневмогидравлических схем, макеты и натурные образцы ЖРДУ и элементов автоматики
Лекции	244 (2)	компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, презентация (60 слайдов)