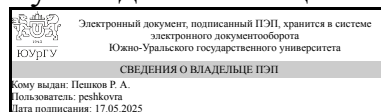


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель специальности



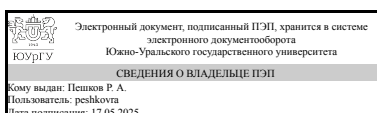
Р. А. Пешков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.33 Проектирование ракетных двигателей на твердом топливе
для специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
уровень Специалитет
форма обучения очная
кафедра-разработчик Двигатели летательных аппаратов

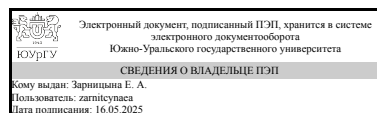
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 979

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



Р. А. Пешков

Разработчик программы,
старший преподаватель



Е. А. Зарницына

1. Цели и задачи дисциплины

Краткое содержание дисциплины

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: 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

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
ФД.04 Конструирование летательных аппаратов	ФД.05 Утилизация жидкостных ракетных двигателей, Производственная практика (преддипломная) (11 семестр)

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

Дисциплина	Требования
ФД.04 Конструирование летательных аппаратов	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

4. Объём и виды учебной работы

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

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		9
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)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	51,5	51,5
Подготовка к контрольным точкам	21,5	21,5
Проработка лекционного материала	30	30
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение	2	2	0	0
2	Термогазодинамические и энергетические основы рабочего процесса в РДТТ	6	6	0	0
3	Основы проектирования, расчет основных характеристик и конструктивных параметров РДТТ	40	8	16	16

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Принцип действия и особенности РДТТ. Конструкции с вкладным и скрепленным зарядами. История развития. Классификация РДТТ. Конструктивные схемы. Условия эксплуатации и технического обслуживания. Достоинства и недостатки РДТТ. Характеристики камеры сгорания: тяга, удельный импульс тяги, расходный комплекс и характеристическая скорость, тяговый комплекс, полный импульс тяги мощность. Взаимосвязь параметров ЛА и РДТТ. Постановка задачи проектирования РДТТ.	2
2	2	Твердые топлива: основные требования к твердым топливам, гомогенные топлива, нитраминные топлива, гетерогенные (смесевые) топлива, модифицированные топлива. Эксплуатационные характеристики твердых топлив. Технология изготовления. Виды зарядов твердого топлива	2
3	2	Организация рабочего процесса в ДТТ: горение твердого топлива. Механизм горения: стационарное горение гомогенных топлив, нитраминных топлив,	2

		смесевых топлив. Горение металлов. Зависимость скорость горения от различных факторов: давления, начальной температуры, ускорения, скорости обдува. Эрозионное горение.	
4	2	Нестационарное горение: нестабильное горение, неустойчивость горения, механизм воспламенения ТТ, механизмы горения ТТ	1
5	2	РДТТ как тепловая машина. Термодинамический цикл РДТТ. Анализ влияния параметров рабочего процесса на эффективность термодинамического цикла РДТТ	1
6	3	Методика расчета основных проектных параметров и характеристик РДТТ. Термогазодинамический и тепловой расчет. Термодинамический расчет: внутренняя энергия, энтальпия и теплота, теплота сгорания и образования, термодинамические функции и равновесные состояния, исходные данные и допущения, термодинамический расчет при постоянном давлении, термическая диссоциация термодинамический расчет процесса истечения из сопла	2
7	3	Газодинамический расчет. Потери при работе РДТТ. Основы профилирования сопел РДТТ	2
8	3	Расчет камеры и заряда твердого топлива: общие сведения и исходные данные, определение потребной массы топлива и закона изменения площади поверхности горения во времени, заряд, горящий с торца, одношашечный заряд, звездообразный заряд, щелевой заряд. Расчет воспламенительного состава: выбор типа и массы, упрощенный метод определения массы воспламенителя. Расчет теплозащитного покрытия: выбор типа ТЗП, расчет толщины теплоизоляционного покрытия, расчет абляционного покрытия. Расчет бронирующего покрытия. Расчет гашения заряда ТТ	2
10	3	Конструкции элементов РДТТ: камера сгорания, сопло, соединение элементов камеры сгорания и сопла. Массовые характеристики элементов. Практические рекомендации конструктору. Определение нагрузок, действующих на элементы конструкции. Материалы, используемые в ДТТ и тенденции развития принципиально новых материалов и технологических процессов для изготовления ответственных элементов ДТТ	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	3	Газодинамический расчет	2
2	3	Расчет камеры и заряда твердого топлива	3
3	3	Расчет воспламенительного состава	2
4	3	Расчет теплозащитного покрытия	1
5	3	Расчет бронирующего покрытия. Расчет гашения заряда ТТ	1
6	3	Расчет гашения заряда ТТ	1
7	3	Прочность расчета типовых конструктивных элементов РДТТ: металлические элементы конструкции, конструктивные элементы из композиционных материалов. Определение запасов прочности. Прочность и устойчивость оболочек камер сгорания РДТТ	4
8	3	Влияние параметров ДТТ на идеальную скорость ЛА: удельный импульс, коэффициент массы конструкции ДТТ, относительное количество унесенной массы, плотность топлива, коэффициент заполнения камеры топливом. Разброс параметров ДТТ и способы его уменьшения.	2

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	3	Изучение РДТТ ракеты 9М21	4
2	3	Изучение РДТТ ракеты 4К22	4
3	3	Изучение РДТТ ракеты 3М8	4
4	3	Изучение РДТТ ракеты 3М9	4

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к контрольным точкам	см. основную и дополнительную литературу, конспект лекций, материалы практических и лабораторных работ	9	21,5
Проработка лекционного материала	см. основную и дополнительную литературу	9	30

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	9	Текущий контроль	Защита лабораторных работ	1	20	На защите каждой лабораторной работы студенту задается 5 вопросов. Всего 4 лабораторных работы. Каждый ответ оценивается: 1 балл - правильный ответ, 0, 5 - неполный ответ, 0 баллов - неправильный ответ или нет ответа.	экзамен
2	9	Текущий контроль	Защита практических работ	1	12	На защите каждой практической работы студенту задается 3 вопросов. Всего 4 защиты. Каждый ответ оценивается: 1 балл - правильный ответ, 0, 5 - неполный ответ, 0 баллов - неправильный ответ или нет ответа.	экзамен
3	9	Текущий контроль	Семестровое задание "Расчет основных проектных параметров РДТТ"	2	4	Критерий 1: решение поставленной задачи. 3 балла – ход решения верный, получен верный ответ; 2 балла – не получен верный ответ, частичное применение несоответствующих формул; 1 – частично приведены формулы, касающиеся решения поставленной задачи. Критерий 2: пояснительная записка. 1	экзамен

						балла - ПЗ выполнена в соответствии с ЕСКД, 0 баллов - ПЗ не выполнена в соответствии с ЕСКД	
4	9	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	8	В билете 2 вопроса. Каждый вопрос оценивается: 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 выстроен; 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.	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
------------------------------	----------------------	---------------------

экзамен	Экзамен письменный. Студент допускается к экзамену при условии успешного прохождения текущего контроля. Время подготовки 1 час	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения
---------	--	---

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ			
		1	2	3	4
ПК-2	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	+		++	
ПК-2	Умеет: использовать методы анализа влияния параметров рабочего процесса на эффективность термодинамического цикла ракетных двигателей на твердом топливе			++	+
ПК-2	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	++	+	++	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Ерохин, Б. Т. Теория внутрикамерных процессов и проектирование РДТТ Учеб. для вузов Б. Т. Ерохин. - М.: Машиностроение, 1991. - 559 с. ил.
2. Липанов, А. М. Проектирование ракетных двигателей твердого топлива Учеб. для вузов по направлению "Авиац. и ракет.-космич. техника" и спец. "Двигатели и энерг. установки космич. техники", "Авиац. и ракет.-космич. теплотехника А. М. Липанов, А. В. Алиев. - М.: Машиностроение, 1995. - 399 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Фахрутдинов И. Х. Ракетные двигатели твердого топлива / Под ред. В. Е. Алемасова. - М. : Машиностроение, 1981. - 223 с. : ил.

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

1. Реферативный журнал. Авиационные и ракетные двигатели. 34. [Текст] предм. указ. Рос. акад. наук, Всерос. ин-т науч. и техн. информ. (ВИНИТИ РАН) реферативный журнал. - М.: ВИНТИ, 1964-1995

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. нет

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. нет

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Ракетные двигатели на твердом топливе : термогазодинамические и энергетические основы рабочего процесса [Текст] : учеб. пособие для бакалавров специальности "Проектирование авиац. и ракет. двигателей" и др. / С. Д. Ваулин, Е. А. Зарницына, Е. В. Сафонов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Двигатели летат. аппаратов ; ЮУрГУ. Челябинск : Издательский Центр ЮУрГУ , 2019 http://lib.susu.ru/
2	Основная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Ракетные двигатели на твердом топливе : основы проектирования, расчет основных характеристик и конструктивных параметров РДТТ [Текст : непосредственный] : учеб. пособие по специальности "Проектирование авиац. и ракет. двигателей" и др. (бакалавриат и магистратура) / С. Д. Ваулин, Е. А. Зарницына, Е. В. Сафонов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Двигатели летат. аппаратов ; ЮУрГУ. Челябинск : Издательский Центр ЮУрГУ , 2019 http://lib.susu.ru/
3	Основная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Ракетные двигатели на твердом топливе : математическое моделирование рабочих процессов в РДТТ [Текст : непосредственный] : учеб. пособие по специальности "Проектирование авиац. и ракет. двигателей" и др. (бакалавриат и магистратура) / С. Д. Ваулин, Е. А. Зарницына, Е. В. Сафонов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Двигатели летат. аппаратов ; ЮУрГУ. Челябинск : Издательский Центр ЮУрГУ , 2019 http://lib.susu.ru/
4	Основная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Ракетные двигатели на твердом топливе : общие сведения [Текст] : учеб. пособие по специальности "Проектирование авиац. и ракет. двигателей" и др. / С. Д. Ваулин, Е. А. Зарницына, Е. В. Сафонов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Двигатели летат. аппаратов ; ЮУрГУ. Челябинск : Издательский Центр ЮУрГУ , 2019 http://lib.susu.ru/
5	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Шевченко, Г. Ю. Устройство и работа ракетного двигателя на твердом топливе : учебное пособие / Г. Ю. Шевченко, М. Г. Лукишин. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2021. — 74 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/195208 (дата обращения: 16.05.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Белов, В. П. Внутрикамерные процессы в ракетных двигателях на твёрдом топливе : учебное пособие / В. П. Белов. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2018. — 56 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/122042 (дата обращения: 16.05.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
7	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Дорофеев, А. А. Основы теории тепловых ракетных двигателей. Теория, расчет и проектирование : учебное пособие / А. А. Дорофеев. — 3-е изд. — Москва : МГТУ им.

			Баумана, 2014. — 571 с. — ISBN 978-5-7038-3746-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/106391 (дата обращения: 16.05.2025). — 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
Практические занятия и семинары	100 (2в)	натурные образцы учебной лаборатории "Аэрокосмические технологии", калькулятор
Лекции	100 (2в)	не требуется
Лабораторные занятия	100 (2в)	натурные образцы учебной лаборатории "Аэрокосмические технологии"