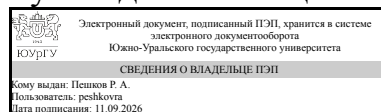


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель специальности



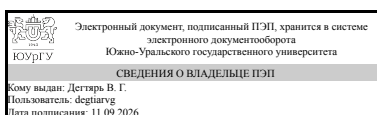
Р. А. Пешков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.38 Проектирование гибридных ракетных двигателей
для специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
уровень Специалитет
форма обучения очная
кафедра-разработчик Авиа- и ракетостроение

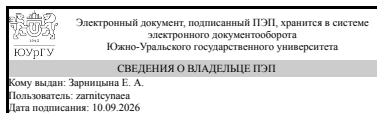
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 979

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., проф.



В. Г. Дегтярь

Разработчик программы,
старший преподаватель



Е. А. Зарницына

1. Цели и задачи дисциплины

Цели: формирование системы профессиональных знаний и практических навыков в области теории и проектирования гибридных реактивных двигателей (ГРД). Задачи дисциплины: освоение категорийно-понятийного аппарата дисциплины; изучение основных методов проектирования основных узлов и агрегатов ГРД; систематизация основных принципов проектирования узлов и агрегатов ГРД

Краткое содержание дисциплины

Общие вопросы теории ГРД, возможные компоненты топлива, их композиции, особенности рабочего процесса ГРД, принципиальные схемы и различные разновидности ГРД.

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: основные виды жидкостных и твердых топлив; основные характеристики рабочих процессов в гибридных ракетных двигателях (ГРД); теорию и расчетные методики по проектированию ГРД; виды КРД и их назначение в составе ЛА; принципы регулирования ГРД Умеет: рассчитывать основные характеристики ГРД, их узлов и агрегатов; формулировать задания для расчета для расчета и конструирования ГРД Имеет практический опыт: владения понятийным аппаратом в среде ГРД; методами проектирования ГРД, их узлов и агрегатов с использованием информационных технологий

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.33 Проектирование авиационных газотурбинных двигателей, 1.О.34 Автоматика и регулирование авиационных и ракетных двигателей, 1.Ф.06 Теория и расчет газогенераторов, 1.О.46 Проектная деятельность, 1.Ф.04 Химическая кинетика и теория горения ракетных топлив	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
------------	------------

1.О.46 Проектная деятельность

Знает: основные виды нормативно-технической документации, применяемой при проектировании авиационных и ракетных двигателей; стадии разработки конструкторской документации по ЕСКД. требования ЕСКД к оформлению технической документации; структуру технических заданий, отчетов и пояснительных записок и прочих видов текстовой конструкторской документации; принципы документирования результатов проектной деятельности., этапы жизненного цикла инженерного проекта; методы планирования, организации и контроля проектной деятельности; инструменты управления сроками, ресурсами и рисками проекта; особенности реализации проектов в области разработки авиационных и ракетных двигателей., физические основы процессов течения рабочих тел, теплообмена и термохимических превращений в авиационных и ракетных двигателях; принципы построения расчетных моделей функциональных и конструктивных элементов в авиационных и ракетных двигателях; исходные данные и ограничения, необходимые для выполнения инженерных расчетов авиационных и ракетных двигателей; назначение и область применения расчетных методов в области авиационных и ракетных двигателей., основные принципы проектирования и конструирования авиационных и ракетных двигателей; требования, предъявляемые к узлам и агрегатам авиационных и ракетных двигателей; последовательность выполнения проектно-конструкторских работ; критерии оценки эффективности и работоспособности проектируемых технических решений. Умеет: оформлять техническую документацию в соответствии с действующими нормативными требованиями; составлять технические задания и программы выполнения проектных работ; представлять результаты проектирования в виде отчетной документации; использовать нормативно-технические документы при обосновании проектных решений., формулировать цели и задачи инженерного проекта; разрабатывать план реализации проекта и контролировать его выполнение; определять необходимые ресурсы и сроки выполнения работ; корректировать ход проекта с учетом возникающих ограничений и рисков., формулировать расчетные задачи, возникающие при выполнении проекта; выбирать адекватные модели и методы расчета процессов в функциональных и конструктивных элементах авиационных и ракетных двигателей; анализировать результаты тепловых,

	гидравлических и газодинамических расчетов; использовать результаты расчетов для обоснования проектных решений., разрабатывать концепцию технического решения в рамках проектной задачи; выполнять выбор и обоснование конструктивных параметров изделия; учитывать ограничения по прочности, массе, технологичности и условиям эксплуатации; проводить сравнительный анализ вариантов конструктивного исполнения. Имеет практический опыт: разработки и оформления проектной документации; подготовки технических отчетов и презентационных материалов; применения стандартов ЕСКД при выполнении проектных работ; ведения документационного сопровождения проекта., подготовки паспорта и плана проекта; применения методов календарного и ресурсного планирования; контроля выполнения этапов проектных работ; участия в реализации инженерного проекта от постановки задачи до представления результатов., выполнения инженерных расчетов отдельных характеристик функциональных и конструктивных элементов авиационных и ракетных двигателей; анализа влияния конструктивных параметров на характеристики двигателя и изделия; использования расчетных данных при проектировании технических объектов; представления результатов расчетов в составе проектной документации., участия в разработке проектных решений для функциональных и конструктивных элементов авиационных и ракетных двигателей; выполнения эскизного проектирования технических объектов; обоснования принятых технических решений на основе инженерных расчетов и анализа.
1.Ф.04 Химическая кинетика и теория горения ракетных топлив	Знает: методы получения и свойствах, 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 при гомогенном 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 компонентовтоплива и оптимальной топливной пары;составлять системы уравнений для конкретнойтопливной пары, определять коэффициенты вкамере и на срезе сопла, правильно подбирать конструкционныематериалы и необходимые конструктивныеисполнения элементов жидкостных ракетныхдвигателей для минимизации вероятностивозникновения чрезвычайной ситуации и степени её неблагоприятного воздействия наокружающую среду и рабочий персонал Имеет практический опыт: экспериментальногои расчётно-теоретического анализа процессовгорения и использования современных методикопределения параметров процессов в агрегатахдвигателя, классификацииракетных топлив, расчета энергетическиххарактеристик топливной пары
1.О.34 Автоматика и регулирование авиационных и ракетных двигателей	Знает: законы и принципы автоматическогоуправления и регулирования ракетныхдвигателей; методы математического описанияпроцессов регулирования в линейных и нелинейных системах; методы исследованияустойчивости и качества линейных системуправления; статические и динамическиехарактеристики основных агрегатов идвигательной установки в целом; элементыавтоматики, их назначение, принцип действия,методы описания и исследования Умеет: использовать законы линейногоуправления и регулирования; выбирать методыанализа устойчивости и определения качестварегулирования; обосновывать выборнеобходимых законов управления двигательнойустановки и расстановки элементов автоматикипневмогидравлических схем; рассчитыватьстатические и динамические характеристикиузлов и элементов жидкостной двигательнойустановки Имеет практический опыт: владения методамирасчета параметров систем автоматическогорегулирования, оценки качества и исследованияустойчивости двигательных установок и ихсистем
1.О.33 Проектирование авиационных газотурбинных двигателей	Знает: основные принципы действия иустройства проектируемых изделий;методологию разделения двигателя, историю отечественной и зарубежнойавиационной техники, место и вкладвыдающихся ведущих инженеров иконструкторов, конструкторских бюро, научно-исследовательских институтов России и мира вобласти 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 выдающим научно-педагогическим школам страны и приверженность к корпоративным ценностям отечественной авиационной отрасли
1.Ф.06 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

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 36,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра

		10
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72
<i>Аудиторные занятия:</i>	32	32
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	35,75	35,75
Подготовка к контрольным точкам	20,75	20,75
Проработка лекционного материала	15	15
Консультации и промежуточная аттестация	4,25	4,25
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Принцип действия гибридных ракетных двигателей	4	4	0	0
2	Гибридные ракетные топлива (ГРТ)	4	4	0	0
3	Горение гибридных ракетных топлив	2	2	0	0
4	Устройство и функционирование ГРД	10	0	10	0
5	Рабочие процессы в ГРД	12	6	6	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол- во часов
1	1	Введение. Особенности ГРД. Классификация ГРД. Области применения ГРД. Краткий обзор развития ГРД.	4
2	2	Основные сведения о топливных компонентах. Критерии выбора топливных пар	2
3	2	Термодинамические характеристики продуктов сгорания	2
4	3	Механизмы горения ГРТ. Модель гетерогенного горения. Горение полимеров	2
5	5	Рабочие процессы в ГРД	6

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	4	Устройство камеры сгорания	2
2	4	Заряды твердого компонента ГРТ	1
3	4	Тепловая защита камеры сгорания	2
4	4	Сопловой блок ГРД	2
5	4	Системы хранения и подачи жидкого и газообразного рабочего тела	2
6	4	Управление вектором тяги	1
6	5	Расчет рабочих процессов в ГРД	6

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

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 по практическим занятиям	10	20,75
Проработка лекционного материала	См. основную и дополнительную литературу, конспект лекций	10	15

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	КТ-1	1	5	КТ-1 содержит 5 вопросов. 1 балл - правильный ответ на вопрос, 0 баллов - неправильный ответ на вопрос или ответ на вопрос отсутствует	зачет
2	10	Текущий контроль	КТ-2	1	5	КТ-2 содержит 5 вопросов. 1 балл - правильный ответ на вопрос, 0 баллов - неправильный ответ на вопрос или ответ на вопрос отсутствует	зачет
3	10	Текущий контроль	КТ-3	1	10	КТ-3 содержит 10 вопросов. 1 балл - правильный ответ на вопрос, 0 баллов - неправильный ответ на вопрос или ответ на вопрос отсутствует	зачет
4	10	Текущий контроль	КТ-4	1	5	КТ-1 содержит 5 вопросов. 1 балл - правильный ответ на вопрос, 0 баллов - неправильный ответ на вопрос или ответ на вопрос отсутствует	зачет
5	10	Текущий контроль	КТ-5	1	8	КТ-5 содержит 8 вопросов из материала практических занятий. 1 балл - правильный ответ на вопрос, 0 баллов - неправильный ответ на вопрос или ответ на вопрос отсутствует	зачет
6	10	Промежуточная аттестация	Зачет	-	5	1 балл - правильный ответ на вопрос, 0 баллов - неправильный ответ на вопрос или ответ на вопрос отсутствует. Максимальное	зачет

					количество вопросов - 5	
--	--	--	--	--	-------------------------	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	Зачет проводится в письменной форме. Время подготовки 1 час. Оценка вопроса: см. критерии оценивания. Билет содержит 5 вопросов.	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
ПК-1	Знает: основные виды жидкостных и твердых топлив; основные характеристики рабочих процессов в гибридных ракетных двигателях (ГРД); теорию и расчетные методики по проектированию ГРД; виды КРД и их назначение в составе ЛА; принципы регулирования ГРД	+	+	+	+	+	+
ПК-1	Умеет: рассчитывать основные характеристики ГРД, их узлов и агрегатов; формулировать задания для расчета для расчета и конструирования ГРД	+		+	+	+	+
ПК-1	Имеет практический опыт: владения понятийным аппаратом в среде ГРД; методами проектирования ГРД, их узлов и агрегатов с использованием информационных технологий	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

Не предусмотрена

б) дополнительная литература:

1. Фахрутдинов, И. Х. Ракетные двигатели твердого топлива [Текст] Под ред. В. Е. Алемасова. - М.: Машиностроение, 1981. - 223 с. ил.
2. Фахрутдинов, И. Х. Конструкция и проектирование ракетных двигателей твердого топлива Учеб. для машиностроит. вузов. - М.: Машиностроение, 1987. - 325 с. ил.
3. Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей Учеб. для вузов по спец. "Авиац. двигатели и энерг. установки" Г. Г. Гахун, В. И. Баулин, В. А. Володин и др.; Под общ. ред. Г. Г. Гахуна. - М.: Машиностроение, 1989. - 424 с. ил.
4. Конструкции ракетных двигателей на твердом топливе Лавров Л. Н., Болотов А. А., Гапаненко В. И. и др.; Под общ. ред. Л. Н. Лаврова. - М.: Машиностроение, 1993. - 215 с. ил.

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

1. Реферативный журнал. Авиационные и ракетные двигатели. 34. отд. вып. Рос. акад. наук, Всерос. ин-т науч. и техн. информ. (ВИНИТИ) реферативный журнал. - М.: ВИНИТИ, 1961-

2. 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	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Ракетно-космическая техника. Машиностроение. Энциклопедия. Т. IV-22 : энциклопедия : в 2 книгах / А. П. Аджян, Э. Л. Аким, О. М. Алифанов, А. Н. Андреев. — Москва : Машиностроение, [б. г.]. — Книга 1 — 2012. — 925 с. — ISBN 978-5-94275-589-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/5808 (дата обращения: 25.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Ковалев, Б. К. Развитие ракетно-космических систем выведения : учебное пособие / Б. К. Ковалев. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2014. — 398 с. — ISBN 978-5-7038-3941-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/106462 (дата обращения: 25.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Конструкция и проектирование комбинированных ракетных двигателей на твердом топливе : учебник / Б. В. Обносков, В. А. Сорокин, Л. С. Яновский [и др.]. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2012. — 303 с. — ISBN 978-5-7038-3984-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/106299 (дата обращения: 26.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей : учебник / А. П. Васильев, В. М. Кудрявцев, В. А. Кузнецов [и др.] ; под редакцией Д. А. Ягодникова, А. И. Коломенцева. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2022. — 774 с. — ISBN 978-5-7038-5721-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/460997 (дата обращения: 26.04.2025). — 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

Не предусмотрено