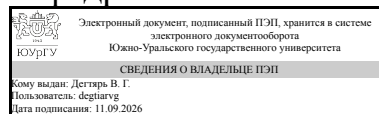


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



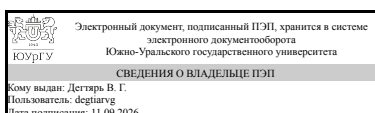
В. Г. Дегтярь

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.С0.08.01 Двигательные установки космических летательных аппаратов
для специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
уровень Специалитет
специализация Проектирование жидкостных ракетных двигателей
форма обучения очная
кафедра-разработчик Авиа- и ракетостроение

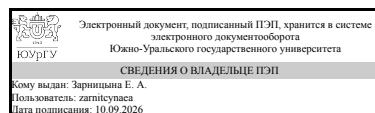
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 979

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



В. Г. Дегтярь

Разработчик программы,
старший преподаватель



Е. А. Зарницына

1. Цели и задачи дисциплины

Цель: способность составлять описания принципов действия и устройства двигательных установок космических летательных аппаратов с обоснованием принятых технических решений
Задачи: ознакомить обучающего с особенностями проектирования, принципами действий и устройства двигательных установок космических летательных аппаратов.

Краткое содержание дисциплины

Космическое движение. Энергосиловая установка ЛА. ДУ КА. Электроракетные двигатели. РДМТ. Ядерные двигатели. Разгонные блоки

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: особенности проектирования двигательных установок космических аппаратов; основные виды конструкций, применяемых в космической технике, их достоинства и недостатки; проводить оценку функциональных возможностей различных типов космических аппаратов и областей их возможного применения; особенности компоновки основных ракетно-космических систем - космических аппаратов, крупногабаритных развертываемых космических конструкций; типы двигателей в составе двигательной установки космических летательных аппаратов Умеет: составлять описания принципов действий и устройства двигательных установок космических летательных аппаратов; анализировать компоновку космических систем, анализировать их параметры и сопоставлять их между собой; оценивать энергетический баланс космического аппарата, осуществлять проектные баллистические расчёты разгонных блоков и космических аппаратов; выбирать тип двигателя двигательных установок космических летательных аппаратов Имеет практический опыт: анализа предлагаемых технических решения с учётом прочностных, весовых, технологических и других ограничений; оценки проектных параметров двигательных установок космических летательных аппаратов

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Конструирование жидкостных ракетных	Не предусмотрены

двигателей, Теория и расчет жидкостных ракетных двигателей, Проектирование ракетных двигателей на твердом топливе, Конструирование летательных аппаратов, Проектная деятельность	
--	--

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

Дисциплина	Требования
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 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
Проектирование ракетных двигателей на твердом топливе	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

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.
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 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
--	--

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)	0	0
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	35,75	35,75
Проработка лекционного материала	15,75	15,75
Подготовка к контрольным точкам	20	20
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
0	Введение	1	1	0	0
1	Космическое движение	2	2	0	0
2	Энергосиловая установка ЛА	2	2	0	0
3	ДУ КА	9	3	0	6
4	Электроракетные двигатели	4	2	0	2
5	РДМТ	6	2	0	4
6	Ядерные двигатели	2	2	0	0
7	Разгонные блоки	6	2	0	4

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	0	Введение	1
2	1	1.1. Общие сведения. 1.2. Законы движения небесных тел. 1.3. Переходы между орбитами. 1.4. Полет в космосе. 1.5. Работа элементов конструкции КА в условиях космического пространства. 1.6. Общие требования к КА.	2

2	2	2.1. Условия работы ЭСУ. 2.2. Требования к ЭСУ. 2.3. Состав ЭСУ. 2.4. Источники массы рабочего тела и энергии на борту КА	2
3	3	3.1. Классификация двигателей. 3.2. Источники массы рабочего тела для работы ДУ. 3.3. Способы ускорения	3
5	4	4.1. Классификация ЭРД. 4.2. Принципиальные схемы ЭРД. 4.3. Основные узлы ЭРДУ. 4.4. Процессы в ЭРД. 4.5. Электротермические двигатели: 4.5.1. Теплообменные двигатели. 4.5.2. Электродуговые двигатели. 4.6. Электростатические двигатели: 4.6.1. Ионные двигатели. 4.7. Основные характеристики ЭРД	2
6	5	Назначение РДМТ. 5.1. Камеры сгорания ЖРДМТ. 5.2. Характеристики РДМТ	2
7	6	Введение. 6.1. Принципиальные схемы ЯРД. 6.2. Назначение, основные требования. 6.3. Пневмогидравлическая схема ЯРД. 6.4. Конструкции реакторов отечественных ЯРД. 6.5. Идеальный ядерный ракетный двигатель	2
8	7	Введение. 7.1. Классификация РБ. 7.2. Конструктивно-компоновочные схемы РБ. 7.3. ККС вариантов РБ, аналогичных ККС блокам серии «ДМ». 7.4. Разгонный блок спутника «Ямал». 7.5. Разгонный блок «Ястреб». РБ «Прорыв».	2

5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	3	Устройство двигательных установок КА	6
2	4	Устройство ЭРД	2
3	5	Конструкции РДМТ	4
4	7	ККС РБ типа ДМ. ККС РБ ДМ-SLB. Система обеспечения теплового режима РБ серии «ДМ». 2. ККС вариантов РБ, аналогичных ККС блокам серии «ДМ». Разгонный блок спутника «Ямал». Разгонный блок «Ястреб». РБ «Прорыв».	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	см. список дополнительной и основной литературы, конспект лекций	10	15,75
Подготовка к контрольным точкам	см. список дополнительной и основной литературы, конспект лекций	10	20

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	Семестр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	10	Текущий контроль	Космическое движение	1	5	Дан правильный ответ на поставленный вопрос – 1 балл, Ответ на поставленный вопрос не полный или содержит не точности – 0,5 балла, Дан неверный ответ на поставленный вопрос, ответ отсутствует – 0 баллов.	зачет
2	10	Текущий контроль	ДУ КА	1	3	Дан правильный ответ на поставленный вопрос – 1 балл, Ответ на поставленный вопрос не полный или содержит не точности – 0,5 балла, Дан неверный ответ на поставленный вопрос, ответ отсутствует – 0 баллов.	зачет
3	10	Текущий контроль	Электроракетные двигатели	1	5	Дан правильный ответ на поставленный вопрос – 1 балл, Ответ на поставленный вопрос не полный или содержит не точности – 0,5 балла, Дан неверный ответ на поставленный вопрос, ответ отсутствует – 0 баллов.	зачет
4	10	Текущий контроль	РДМТ	1	3	Дан правильный ответ на поставленный вопрос – 1 балл, Ответ на поставленный вопрос не полный или содержит не точности – 0,5 балла, Дан неверный ответ на поставленный вопрос, ответ отсутствует – 0 баллов.	зачет
5	10	Текущий контроль	Ядерные двигатели	1	3	Дан правильный ответ на поставленный вопрос – 1 балл, Ответ на поставленный вопрос не полный или содержит не точности – 0,5 балла, Дан неверный ответ на поставленный вопрос, ответ отсутствует – 0 баллов.	зачет
6	10	Текущий контроль	Разгонные блоки	1	3	Дан правильный ответ на поставленный вопрос – 1 балл, Ответ на поставленный вопрос не полный или содержит не точности – 0,5 балла, Дан неверный ответ на поставленный вопрос, ответ отсутствует – 0 баллов.	зачет
7	10	Бонус	Доклад	-	1	Доклад производит выдающееся впечатление и четко выстроен; автор прекрасно ориентируется в демонстрационном материале; показано владение специальным аппаратом; использованы общенаучные и специальные термины, сделаны четкие выводы - 5 баллов. Доклад четко выстроен, но есть неточности; автор ориентируется в демонстрационном материале; показано владение специальным аппаратом; использованы	зачет

						общенаучные и специальные термины, сделаны выводы - 4 балла. Доклад объясняет суть работы, но не полностью отражает содержание работы; представленный демонстрационный материал не полностью используется докладчиком и/или оформлен неграмотно; показано владение базовым аппаратом; выводы имеются, но не доказаны - 3 балла. Доклад не объясняет суть работы, демонстрационный материал при докладе не используется; не показано владение специальным и базовым аппаратом; выводы не доказаны - 1-2 балла	
8	10	Промежуточная аттестация	Зачет	-	1	Прохождение промежуточной аттестации обязательно (при условии рейтинга студента более 60). Досдача или пересдача КТ	зачет

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	Ответы на задания КРМ письменные, время подготовки ответа 25 минут. Вариант задания соответствует порядковому номеру студента в журнале. Бонус (доклад на предложенную тему) по желанию студента. Прохождение промежуточной аттестации обязательно (при условии рейтинга студента более 60)	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	8
ПК-2	Знает: особенности проектирования двигательных установок космических аппаратов; основные виды конструкций, применяемых в космической технике, их достоинства и недостатки; проводить оценку функциональных возможностей различных типов космических аппаратов и областей их возможного применения; особенности компоновки основных ракетно-космических систем - космических аппаратов, крупногабаритных развертываемых космических конструкций; типы двигателей в составе двигательной установки космических летательных аппаратов	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-2	Умеет: составлять описания принципов действий и устройства двигательных установок космических летательных аппаратов; анализировать компоновку космических систем, анализировать их параметры и сопоставлять их между собой; оценивать энергетический баланс космического аппарата, осуществлять проектные баллистические расчёты разгонных блоков и космических аппаратов; выбирать тип двигателя двигательных установок космических летательных аппаратов	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-2	Имеет практический опыт: анализа предлагаемых технических решения с учётом прочностных, весовых, технологических и других ограничений; оценки проектных параметров двигательных установок	+	+	+	+	+	+	+	+

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. Бобков, В. Н. Космические аппараты. - М.: Воениздат, 1983. - 319 с. ил.
2. Конструирование автоматических космических аппаратов [Текст] Д. И. Козлов и др.; под ред. Д. И. Козлова. - М.: Машиностроение, 1996

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

1. Космические исследования науч. журн. Рос. акад. наук, Президиум РАН журнал. - М.: Наука, 1964-2011

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Двигательные установки космических летательных аппаратов: учебное пособие / С.Д. Ваулин, Ю.А. Барановская, Е.А. Зарницына. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2023. – 61 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Двигательные установки космических летательных аппаратов: учебное пособие / С.Д. Ваулин, Ю.А. Барановская, Е.А. Зарницына. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2023. – 61 с.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Мухамедов, Л. П. Основы проектирования транспортных космических систем : учебное пособие / Л. П. Мухамедов. — 2-е изд. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2019. — 266 с. — ISBN 978-5-7038-5129-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/205025 (дата обращения: 25.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Ходосов, В. В. Теплообменные устройства энергетических установок космических аппаратов : учебное пособие / В. В. Ходосов. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2018. — 25 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/122099 (дата обращения: 25.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Основная	ЭБС	Ходосов, В. В. Энергетические установки космических

	литература	издательства Лань	аппаратов : учебное пособие / В. В. Ходосов. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2017. — 55 с. — ISBN 978-5-906920-27-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/121809 (дата обращения: 25.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4	Основная 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.
5	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Надирадзе, А. Б. Взаимодействие электроракетных двигательных установок с космическим аппаратом. Струи электроракетных двигателей : учебное пособие / А. Б. Надирадзе, С. А. Хартов. — Москва : МАИ, 2022. — 98 с. — ISBN 978-5-4316-0887-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/256328 (дата обращения: 25.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Дорофеев, А. А. Ядерные ракетные двигатели и энергетические установки. Введение в теорию, расчет и проектирование : учебное пособие / А. А. Дорофеев ; под редакцией И. И. Федика. — 2-е изд. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2013. — 342 с. — ISBN 978-5-7038-3727-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/106396 (дата обращения: 25.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
7	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Зеленцов, В. В. Конструктивно-компоновочные схемы разгонных блоков : методические указания / В. В. Зеленцов, Г. А. Щеглов. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2018. — 140 с. — ISBN 978-5-7038-4753-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/103280 (дата обращения: 25.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
8	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: 25.04.2025). — 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

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	306 (2)	Мультимедийное оборудование
Практические занятия и семинары	100 (2в)	Изделия УЦ РКТ