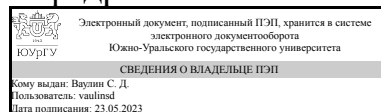


УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



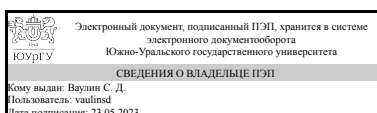
С. Д. Ваулин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.С0.09.01 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** Двигатели летательных аппаратов

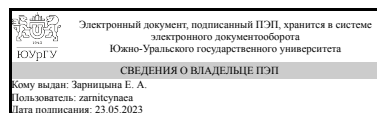
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 979

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



С. Д. Ваулин

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 летательных аппаратов,	Не предусмотрены

Теория и расчет жидкостных ракетных двигателей, Проектирование ракетных двигателей на твердом топливе, Конструирование жидкостных ракетных двигателей	
---	--

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
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
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
Конструирование жидкостных ракетных двигателей	Знает: ЕСКД при выполнении графических и текстовых конструкторских документов, современные тенденции и методики

	<p>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</p>
--	---

#### 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	
Подготовка к контрольным точкам	20	20	
Проработка лекционного материала	15,75	15.75	
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
Подготовка к контрольным точкам	см. список дополнительной и основной литературы, конспект лекций	10	20
Проработка лекционного материала	см. список дополнительной и основной литературы, конспект лекций	10	15,75

## 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	Учи-тыва-ется 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 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	зачет
8	10	Промежуточная аттестация	Зачет	-	1	Прохождение промежуточной аттестации необязательно (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 необязательно (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 космических летательных аппаратов	+	+	+	+	+	+	+	+	+

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. Нет

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Абрамов, И.П. Ракетно-космическая техника. Т. IV+22, В 2 кн. Кн. 2. Часть I. [Электронный ресурс] / И.П. Абрамов, И.В. Алдашкин, Э.В. Алексеев. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2014. — 563 с.



			<a href="http://e.lanbook.com/book/63258">http://e.lanbook.com/book/63258</a>
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Абрамов, И.П. Ракетно-космическая техника. Т. IV+22, В 2 кн. Кн. 2. Часть II. [Электронный ресурс] / И.П. Абрамов, И.В. Алдашкин, Э.В. Алексеев. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2014. — 548 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/63259">http://e.lanbook.com/book/63259</a>
3	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Зеленцов, В. В. Конструктивно-компоновочные схемы разгонных блоков : методические указания / В. В. Зеленцов, Г. А. Щеглов. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. — 140 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/103280">http://e.lanbook.com/book/103280</a>
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Белов, В. П. Сопловые блоки ракетных двигателей : учебное пособие / В. П. Белов. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2019. — 56 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/157054">http://e.lanbook.com/book/157054</a>
5	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Беляев, А. В. Средства выведения космических летательных аппаратов : учебное пособие / А. В. Беляев, В. В. Зеленцов, Г. А. Щеглов. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. — 56 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/58421">http://e.lanbook.com/book/58421</a>
6	Основная литература	Электронно-библиотечная система 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. <a href="http://e.lanbook.com/book/62055">http://e.lanbook.com/book/62055</a>
7	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Туманов, А. В. Основы компоновки бортового оборудования космических аппаратов : учебное пособие / А. В. Туманов, В. В. Зеленцов, Г. А. Щеглов. — 3-е изд. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2018. — 572 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/106385">http://e.lanbook.com/book/106385</a>
8	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Мухамедов, Л. П. Основы проектирования транспортных космических систем : учебное пособие / Л. П. Мухамедов. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2018. — 265 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/172808">http://e.lanbook.com/book/172808</a>
9	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Белоусов, Л. Ю. Оценивание параметров движения космических аппаратов / Л. Ю. Белоусов. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2002. — 214 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/48220">http://e.lanbook.com/book/48220</a>
10	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Корянов, В. В. Основы теории космического полета : учебное пособие / В. В. Корянов, В. П. Казаковцев. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, [б. г.]. — Часть 1 : Системы координат, расчет времени, невозмущенное движение — 2013. — 62 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/58407">http://e.lanbook.com/book/58407</a>

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)	Изделия УЦ РКТ
Лекции	306 (2)	Мультимедийное оборудование