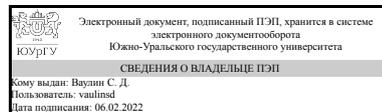


УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Политехнический институт



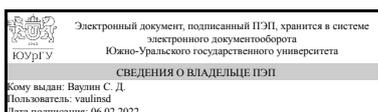
С. Д. Ваулин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.С1.04 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

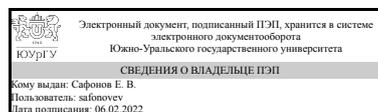
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 979

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



С. Д. Ваулин

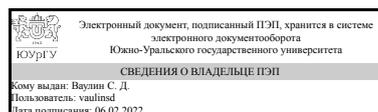
Разработчик программы,  
к.техн.н., доцент



Е. В. Сафонов

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной  
программы  
д.техн.н., проф.



С. Д. Ваулин

## 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
Автоматика и регулирование авиационных и ракетных двигателей,	Не предусмотрены

Проектирование авиационных газотурбинных двигателей, Системы автоматизированного проектирования жидкостных ракетных двигателей, Химическая кинетика и теория горения ракетных топлив, 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
Автоматика и регулирование авиационных и ракетных двигателей	<p>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</p> <p>Умеет: использовать законы линейного управления и регулирования; выбирать методы анализа устойчивости и определения качества регулирования; обосновывать выбор необходимых законов управления двигательной установкой и расстановки элементов автоматики пневмогидравлических схем; рассчитывать статические и динамические характеристики узлов и элементов жидкостной двигательной установки</p> <p>Имеет практический опыт: владения методами расчета параметров систем автоматического регулирования, оценки качества и исследования устойчивости двигательных установок и их систем</p>
Химическая кинетика и теория горения ракетных топлив	<p>Знает: 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, 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</p>

	<p>диссоциированных продуктов сгорания для различных топливных композиций при гомогенном и гетерогенном составе продуктов сгорания Умеет: 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, осуществлять выбор компонентов топлива и оптимальной топливной пары; составлять системы уравнений для конкретной топливной пары, определять коэффициенты в камере и на срезе сопла Имеет практический опыт: классификации ракетных топлив, расчета энергетических характеристик топливной пары, экспериментального и расчётно-теоретического анализа процессов горения и использования современных методик определения параметров процессов в агрегатах двигателя</p>
<p>Теория и расчет газогенераторов</p>	<p>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</p>
<p>Системы автоматизированного проектирования жидкостных ракетных двигателей</p>	<p>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</p>

<p>Проектирование авиационных газотурбинных двигателей</p>	<p>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 проектировочных расчетов, оценивания ресурса и уровня надежности разрабатываемых в процессе проектирования узлов и деталей, систем и 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</p>
--	--

#### 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
		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

Самостоятельная работа (СРС)	51,5	51,5
с применением дистанционных образовательных технологий	0	
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	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Агрегаты автоматике ЖРД: общие сведения и классификация	2	2	0	0
2	Схемы регулирования и расстановка элементов автоматике 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 автоматике ЖРД	8	2	0	6
8	Расчет и конструирование элементов автоматике ЖРД	10	2	0	8

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Агрегаты автоматике ЖРД: общие сведения и классификация	2
2	2	Схемы регулирования и расстановка элементов автоматике 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 автоматике ЖРД	2
8	8	Расчет и конструирование элементов автоматике 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 натуральных 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. / <a href="http://e.lanbook.com/book/106259">e.lanbook.com/book/106259</a>	10	19,5
Оформление отчетной документации по выполнению лабораторных работ по дисциплине	нет	10	32

## 6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

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-мestr	Вид контроля	Название контрольного	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи-тыва-
------	----------	--------------	-----------------------	-----	------------	---------------------------	-----------

			мероприятия			ется 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 оценивается от 1 до 3 баллов. Неправильный ответ на вопрос оценивается в 0 баллов	экзамен
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	экзамен

						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	
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 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
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. Оценочные материалы

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 автоматики, создания моделей и выполнения тепловых, гидравлических и газодинамических расчетов с применением информационно-вычислительных систем и программно-аппаратных средств.		+	+	+	+	+	+

Фонды оценочных средств по каждому контрольному мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Гликман, Б. Ф. Автоматическое регулирование жидкостных ракетных двигателей. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1989. - 296 с. ил.
2. 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.

#### б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

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

Не предусмотрены

#### 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	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Гимадиев, А. Г. Расчёт характеристик регулятора расхода компонента т... : СамГУ, 2020. — 72 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/188986">http://e.lanbook.com/book/188986</a>
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Агрегаты регулирования жидкостных ракетных двигательных установ... изд., испр. и доп. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2017. — 223 с. <a href="http://...">http://...</a>
3	Дополнительная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Салич, В. Л. Жидкостные ракетные двигатели малой тяги [Текст] учеб. летат. аппаратов, Учеб. Центр ракетно-космич. техники им. акад. В. П. <a href="http://virtua.lib.susu.ru/cgi-bin/gw_2011_1_4/chameleon?sessionid=2022020616151512749&amp;skin=def1112_DEFAULT&amp;searchid=2&amp;sourcescreen=INITREQ&amp;pos=1&amp;itempos=1">http://virtua.lib.susu.ru/cgi-bin/gw_2011_1_4/chameleon?sessionid=2022020616151512749&amp;skin=def1112_DEFAULT&amp;searchid=2&amp;sourcescreen=INITREQ&amp;pos=1&amp;itempos=1</a>

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	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)
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
Лабораторные занятия	304а (2)	компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение

