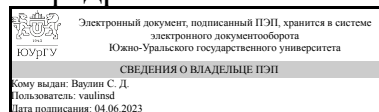


УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



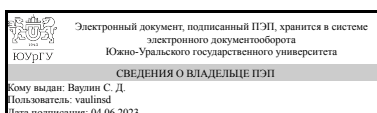
С. Д. Ваулин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.С0.04 Конструирование элементов автоматики жидкостных ракетных двигателей  
**для специальности** 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей  
**уровень** Специалист  
**специализация** Проектирование жидкостных ракетных двигателей  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Двигатели летательных аппаратов

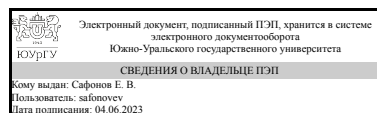
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 979

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



С. Д. Ваулин

Разработчик программы,  
к.техн.н., доцент



Е. В. Сафонов

## 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

Химическая кинетика и теория горения ракетных топлив, Теория и расчет газогенераторов, Системы автоматизированного проектирования жидкостных ракетных двигателей, Проектирование авиационных газотурбинных двигателей	
--	--

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

Дисциплина	Требования
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 диссоциированных продуктов сгорания для различных топливных композиций при гомогенном и гетерогенном составе продуктов сгорания</p> <p>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</p> <p>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>
Системы автоматизированного проектирования жидкостных ракетных двигателей	<p>Знает: системы автоматизированного проектирования и разработки изделий ракетно-космической техники; информационно-</p>

	<p>вычислительные системы и программные комплексы для моделирования тепловых, прочностных, гидравлических, газодинамических и термохимических процессов</p> <p>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</p> <p>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>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</p> <p>Умеет: рассчитывать основные характеристики газогенераторов и их узлов; формулировать задания для расчета для расчета и конструирования газогенератора</p> <p>Имеет практический опыт: владения методами проектирования и расчета газогенераторов и их узлов с использованием информационных технологий</p>
<p>Проектирование авиационных газотурбинных двигателей</p>	<p>Знает: 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, основные принципы действия и устройства проектируемых изделий; методологию разделения двигателя</p> <p>Умеет: 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, разрабатывать рабочую проектную документацию, анализировать и сопоставлять конструктивные и компоновочные схемы проектируемых ГТД</p> <p>Имеет практический опыт: 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-</p>

	педагогическим школам страны и приверженность к корпоративным ценностям отечественной авиационной отрасли, 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
Автоматика и регулирование авиационных и ракетных двигателей	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 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 Имеет практический опыт: владения методами расчета параметров систем автоматического регулирования, оценки качества и исследования устойчивости двигательных установок и их систем

#### 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
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 автоматики ЖРД: общие сведения и классификация	2	2	0	0
2	Схемы регулирования и расстановка элементов автоматики 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 автоматики ЖРД	8	2	0	6
8	Расчет и конструирование элементов автоматики ЖРД	10	2	0	8

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Агрегаты автоматики ЖРД: общие сведения и классификация	2
2	2	Схемы регулирования и расстановка элементов автоматики 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 автоматики ЖРД	2
8	8	Расчет и конструирование элементов автоматики ЖРД	2

### 5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

### 5.3. Лабораторные работы



							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 вопрос оценивается от 3 до 4 баллов.	экзамен



						<p>Ответ с ошибками на вопрос оценивается от 1 до 3 баллов.</p> <p>Неправильный ответ на вопрос оценивается в 0 баллов</p>	
5	10	Текущий контроль	Дроссели и сигнализаторы давления ЖРД: назначение, устройство, конструкция и материалы	1	10	<p>Баллы начисляются за правильный ответ на все вопросы по выполненным лабораторным работам по дисциплине (защита лабораторных работ)</p> <p>Общее количество вопросов - 2.</p> <p>Правильный полный ответ на 1 вопрос оценивается в 5 баллов.</p> <p>Правильный неполный ответ на вопрос оценивается от 3 до 4 баллов.</p> <p>Ответ с ошибками на вопрос оценивается от 1 до 3 баллов.</p> <p>Неправильный ответ на вопрос оценивается в 0 баллов</p>	экзамен
6	10	Текущий контроль	Конструирование и моделирование элемента автоматики ЖРД	1	20	<p>Баллы начисляются за правильный ответ на все вопросы по выполненным лабораторным работам по дисциплине (защита лабораторных работ)</p> <p>Общее количество вопросов - 4.</p> <p>Правильный полный ответ на 1 вопрос оценивается в 5 баллов.</p> <p>Правильный неполный ответ на вопрос оценивается от 3 до 4 баллов.</p> <p>Ответ с ошибками на вопрос оценивается от 1 до 3 баллов.</p> <p>Неправильный ответ на вопрос оценивается в 0 баллов</p>	экзамен
7	10	Промежуточная аттестация	Промежуточная аттестация по курсу за 10 семестр - экзамен	-	30	<p>Баллы начисляются за правильный ответ на все вопросы по билету.</p> <p>Общее количество вопросов - 3.</p> <p>Правильный полный ответ на 1 вопрос оценивается в 10 баллов.</p> <p>Правильный неполный ответ на вопрос оценивается от 7 до 9 баллов.</p> <p>Ответ с ошибками на вопрос оценивается от 2 до 6 баллов.</p> <p>Неправильный ответ на вопрос оценивается в 0 баллов.</p> <p>При прохождении аттестации обязательным условием является защита всех лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.</p> <p>При отсутствии защиты всех лабораторных работ баллы за ответы на вопросы по билету обнуляются.</p>	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. Паспорт фонда оценочных средств

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.	+	+	+	+				+	+

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:*

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 установок... изд., испр. и доп. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2017. — 223 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/106486">http://e.lanbook.com/book/106486</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. Глушкова. — Екатеринбург : ЮУрГУ, 2011. — 112 с. <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>
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Орлин, С. А. Особенности запуска жидкостного ракетного двигателя : монография. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2017. — 112 с. — ISBN 978-5-7038-4548-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <a href="http://e.lanbook.com/book/149121">http://e.lanbook.com/book/149121</a>
5	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Куденцов, В. Ю. Пневмогидравлические системы и автоматика жидкостных ракетных двигателей. — Омск : ОмГТУ, 2015. — 220 с. — ISBN 978-5-8149-2009-6. <a href="http://e.lanbook.com/book/149121">http://e.lanbook.com/book/149121</a>
6	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Шаповалов, А. Б. Системы управления, наведения и приводы. История развития под редакцией А. Б. Шаповалова. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2017. — 106 с. — ISBN 978-5-7038-4548-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <a href="http://e.lanbook.com/book/106486">http://e.lanbook.com/book/106486</a>
7	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Проектирование исполнительных органов систем управления движением ракетных двигателей. А. Г. Минашин, В. Е. Миненко, Ю. О. Ханча ; под редакцией Б. Б. Петрова. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2017. — 106 с. — ISBN 978-5-7038-4548-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="http://e.lanbook.com/book/106486">http://e.lanbook.com/book/106486</a> авториз. пользователей.

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
Лекции	244 (2)	компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, презентация (60 слайдов)
Лабораторные занятия	304a (2)	компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение
Лабораторные занятия	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
Экзамен	100 (2в)	стенды и плакаты пневмогидравлических схем, макеты и натурные образцы ЖРДУ и элементов автоматики