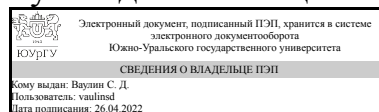


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель специальности



С. Д. Ваулин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.42 Автоматика и регулирование авиационных и ракетных двигателей

для специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

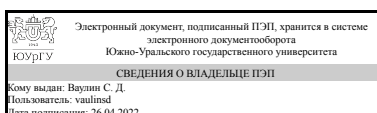
уровень Специалитет

форма обучения очная

кафедра-разработчик Двигатели летательных аппаратов

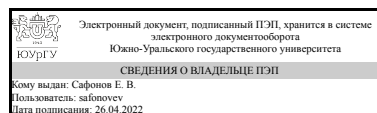
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 979

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 анализа, расчета и разработки систем автоматического регулирования и управления жидкостными ракетными двигателями. Задачи дисциплины: - освоение категориально-понятийного аппарата дисциплины; - изучение основ теории автоматического управления и регулирования; - формирование системы научно-практических представлений о методах математического описания процессов регулирования жидкостных ракетных двигательных установок, методах анализа устойчивости и определения качества регулирования; - получение навыков исследования статических и динамических характеристик жидкостных ракетных двигательных установок; - изучение конструкции, принципов действия и математического описания элементов автоматики, расстановки элементов автоматики для обеспечения функционирования жидкостной ракетной двигательной установки на этапах запуска, стабилизации режима, изменения режима и остановки.

## Краткое содержание дисциплины

Основные принципы автоматического регулирования и управления  
Математическое описание процессов регулирования и управления  
Типовые воздействия на системы регулирования  
Устойчивость систем автоматического регулирования  
Качество регулирования  
Статические характеристики жидкостных ракетных двигательных установок  
Динамические характеристики жидкостных ракетных двигательных установок  
Автоматика и схемы регулирования жидкостных ракетных двигательных установок

## 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 термодинамических расчетов при проектировании узлов и агрегатов двигателей летательных аппаратов, включая элементы автоматики	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 установки 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
--	---

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.Ф.04 Химическая кинетика и теория горения ракетных топлив, 1.Ф.06 Теория и расчет газогенераторов	1.О.46 Проектирование гибридных ракетных двигателей, 1.О.44 Проектирование комбинированных реактивных двигателей

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

Дисциплина	Требования
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
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

	<p>окружающую среду; эксплуатационные, экономические и экологические требования, предъявляемые к ракетным топливам Умеет: осуществлять выбор компонентов топлива и оптимальной топливной пары; составлять системы уравнений для конкретной топливной пары, определять коэффициенты в камере и на срезе сопла, 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 Имеет практический опыт: экспериментального и расчётно-теоретического анализа процессов горения и использования современных методик определения параметров процессов в агрегатах двигателя, классификации ракетных топлив, расчета энергетических характеристик топливной пары</p>
--	--

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч., 96,75 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		8	9
Общая трудоёмкость дисциплины	216	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	96	48	48
Лекции (Л)	32	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	48	24	24
Лабораторные работы (ЛР)	16	8	8
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	105,25	53,75	51,5
с применением дистанционных образовательных технологий	0		
Подготовка к контрольным точкам и промежуточной аттестации	45,25	23,75	21,5
Проработка лекционного материала	60	30	30
Консультации и промежуточная аттестация	14,75	6,25	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	экзамен

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объём аудиторных занятий по видам в часах
-----------	----------------------------------	---

		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Основные принципы автоматического регулирования и управления	2	2	0	0
2	Математическое описание процессов регулирования и управления	16	6	8	2
3	Типовые воздействия на системы регулирования	11	4	4	3
4	Устойчивость систем автоматического регулирования	13	4	6	3
5	Качество регулирования	13	4	6	3
6	Статические характеристики жидкостных ракетных двигательных установок	10	4	6	0
7	Динамические характеристики жидкостных ракетных двигательных установок	12	4	6	2
8	Автоматика жидкостных ракетных двигательных установок	19	4	12	3

## 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Основные принципы автоматического регулирования и управления	2
2	2	Математическое описание процессов регулирования и управления	6
3	3	Типовые воздействия на системы регулирования	4
4	4	Устойчивость систем автоматического регулирования	4
5	5	Качество регулирования	4
6	6	Статические характеристики жидкостных ракетных двигательных установок	4
7	7	Динамические характеристики жидкостных ракетных двигательных установок	4
8	8	Автоматика жидкостных ракетных двигательных установок	4

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Математическое описание процессов регулирования и управления: преобразование Лапласа, решение дифференциальных уравнений операционными методами, разработка и преобразование структурных схем систем регулирования.	4
2	2	Построение АФЧХ элементов автоматики.	4
3	3	Типовые воздействия на системы регулирования: расчет переходной и импульсной характеристики заданной схемы системы регулирования, расчет выходного сигнала системы регулирования для произвольного задающего сигнала на входе с использованием переходной характеристики.	4
5	4	Устойчивость систем автоматического регулирования: определение устойчивости замкнутых и разомкнутых систем автоматического регулирования на основе критериев Рауса-Гурвица, Михайлова и Найквиста; определение области устойчивости для САР методом D-разбиения в плоскости двух параметров.	6
6	5	Качество регулирования: расчетное определение ошибки регулирования в установившемся режиме; определение качества регулирования по переходной характеристике заданного вида.	6

7	6	Определение статических характеристик жидкостного газогенератора заданной конструкции	6
8	7	Определение динамических характеристик жидкостного газогенератора заданной конструкции	6
9	8	Расстановка элементов автоматики в пневмогидравлической схеме регулирования: вариант 1 – ЖРДУ «по закрытой схеме» с дожиганием одного компонента и системой СОБ; вариант 2 – ЖРДУ малой тяги «по открытой схеме», вариант 3 – ЖРДУ большой тяги «по открытой схеме» с системой СОБ.	4
10	8	Построение математической модели стабилизатора соотношения компонентов топлива заданной конструкции.	4
11	8	Расчетное определение АФЧХ стабилизатора соотношения компонентов топлива заданной конструкции.	4

### 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	2	Определение амплитудно-частотной характеристики регулятора соотношения компонентов: устройство регулятора соотношения компонентов, экспериментальное и расчетное определение частотных и временных характеристик.	2
2	3	Определение амплитудно-частотной характеристики регулятора соотношения компонентов: устройство регулятора соотношения компонентов, экспериментальное и расчетное определение частотных и временных характеристик.	3
4	4	Изучение элементов автоматики системы регулирования стендового ЖРД на компонентах: спирт + кислород.	1
5	4	Изучение элементов автоматики и экспериментальное исследование устойчивости системы управления газовым ракетным двигателем Э53 на компонентах: воздух + пропан-бутановая смесь.	2
6	5	Изучение элементов автоматики системы регулирования стендового ЖРД на компонентах: спирт + кислород.	2
7	5	Изучение элементов автоматики и экспериментальное исследование устойчивости системы управления газовым ракетным двигателем Э53 на компонентах: воздух + пропан-бутановая смесь.	1
8	7	Определение амплитудно-частотной характеристики регулятора соотношения компонентов: устройство регулятора соотношения компонентов, экспериментальное и расчетное определение частотных и временных характеристик.	2
9	8	Изучение элементов автоматики системы регулирования стендового ЖРД на компонентах: спирт + кислород.	1
10	8	Изучение элементов автоматики и экспериментальное исследование устойчивости системы управления газовым ракетным двигателем Э53 на компонентах: воздух + пропан-бутановая смесь.	2

### 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 и промежуточной аттестации	см. основную и дополнительную литературу, конспект лекций, материалы практических и лабораторных работ	8	23,75
Проработка лекционного материала	см. основную и дополнительную литературу, конспект лекций	8	30
Проработка лекционного материала	см. основную и дополнительную литературу, конспект лекций	9	30
Подготовка к контрольным точкам и промежуточной аттестации	см. основную и дополнительную литературу, конспект лекций, материалы практических и лабораторных работ	9	21,5

## 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	8	Текущий контроль	Математические методы САР. Преобразование Лапласа	1	8	Должны быть выполнены все задания. Общее количество заданий - 4. Каждое задание оценивается в 2 балла.	зачет
2	8	Текущий контроль	Математическое и структурное описание процессов регулирования и управления	1	8	Баллы начисляются за правильно выполненное задание. Вариант задания назначается в соответствии с порядковым номером студента в списке группы	зачет
3	8	Текущий контроль	Методы исследования устойчивости систем автоматического регулирования	1	6	Баллы начисляются за правильно выполненное задание. Вариант задания назначается в соответствии с порядковым номером студента в списке группы	зачет
4	8	Текущий контроль	Анализ областей устойчивости методами D-разбиения	1	8	Баллы начисляются за правильно выполненное задание. Вариант задания назначается в соответствии с порядковым номером студента в списке группы	зачет
5	8	Текущий контроль	Качество регулирования	1	8	Баллы начисляются за правильно выполненное задание. Вариант задания назначается в соответствии с порядковым номером студента в списке группы	зачет
6	8	Промежуточная	Промежуточная аттестация по	-	40	Баллы начисляются за правильный ответ на билет.	зачет

	аттестация	курсу за 8 семестр - зачет		Билет содержит 2 теоретических вопроса и 1 практическое задание. Номер билета выбирается студентом в при проведении процедуры промежуточной аттестации. Правильный ответ на вопрос оценивается в 10 баллов. Выполнение практического задания оценивается в 20 баллов.
--	------------	----------------------------	--	---

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	Формат проведения промежуточной аттестации - письменный ответ на билет и собеседование. Билет содержит 2 теоретических вопроса по курсу и 1 практическое задание. 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 2, время собеседования не более 10 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
ПК-1	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			+++			+
ПК-1	Умеет: использовать законы линейного управления и регулирования; выбирать методы анализа устойчивости и определения качества регулирования; обосновывать выбор необходимых законов управления двигательной установки и расстановки элементов автоматики пневмогидравлических схем; рассчитывать статические и динамические характеристики узлов и элементов жидкостной двигательной установки					+++	
ПК-1	Имеет практический опыт: владения методами расчета параметров систем автоматического регулирования, оценки качества и исследования устойчивости двигательных установок и их систем	+		+++			+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Бесекерский, В. А. Теория систем автоматического регулирования В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. - 3-е изд., испр. - М.: Наука, 1975. - 767 с. ил.



2. Бесекерский, В. А. Теория систем автоматического управления В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. - СПб.: Профессия, 2004. - 747,[2] с. ил.

*б) дополнительная литература:*

1. Гафиятуллин, Р. Х. Теория автоматического управления Учеб. пособие Р. Х. Гафиятуллин, В. Г. Маурер, В. П. Мацин; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Электропривод и автоматизация пром. установок; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2000. - 44,[2] с. ил. электрон. версия
2. Зайцев, Г. Ф. Теория автоматического управления и регулирования Учеб. пособ. для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Киев: Выща школа, 1988. - 431 с. ил.
3. Ким, Д. П. Теория автоматического управления [Текст] учебник и практикум для вузов по инж.-техн. направлениям и специальностям Д. П. Ким ; Моск. гос. ун-т информ. технологий, радиотехники и электроники (МИРЭА-МГУПИ). - М.: Юрайт, 2016. - 275, [1] с.
4. Ротач, В. Я. Теория автоматического управления [Текст] учебник для вузов по специальности "Автоматизация технол. процессов и производств (энергетика)" В. Я. Ротач. - 4-е изд., стер. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - 399 с. ил.
5. Ротач, В. Я. Теория автоматического управления телоэнергетическими процессами Учеб. для вузов по спец."Автоматизация теплоэнерг. процессов". - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 294 с. ил.
6. Теория автоматического управления Учеб. для вузов по направлению "Автоматизация и управление" С. Е. Душин, Н. С. Зотов, Д. Х. Имаев и др.; Под ред. В. Б. Яковлева. - 2-е изд. перераб. - М.: Высшая школа, 2005. - 566, [1] с.
7. Теория автоматического управления Учеб. для машиностроит. специальностей вузов В. Н. Брюханов, М. Г. Косов, С. П. Протопопов и др.; Под ред. Ю. М. Соломенцева. - 3-е изд., стер. - М.: Высшая школа, 2000. - 267,[1] с. ил.
8. Теория автоматического управления Учебник для вузов Л. С. Гольдфабр и др.; Под ред. А. В. Нетушила. - 2-е изд., доп. и перераб. - М.: Высшая школа, 1976. - 400 с. ил.

*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:*

**Электронная учебно-методическая документация**

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная	Электронно-	Ракетно-космическая техника. Машиностроение.

	литература	библиотечная система издательства Лань	Энциклопедия. Т. IV-22 В двух книгах. Книга первая. [Электронный ресурс] : энцикл. / А.П. Аджян [и др.]. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2012. — 925 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/5808">http://e.lanbook.com/book/5808</a>
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Ельцин, С.И. Инженерное проектирование органов управления летательных аппаратов: учебное пособие для вузов. Часть 1. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — СПб. : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2011. — 98 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/64101">http://e.lanbook.com/book/64101</a>
3	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	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">http://e.lanbook.com/book/106259</a>

Перечень используемого программного обеспечения:

1. PTC-MathCAD(бессрочно)
2. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(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)	Плакаты: пневмогидравлические схемы двигательных установок. Презентация к дисциплине (20 слайдов, комплект CD)
Лабораторные занятия	100 (2в)	Стенд элементов конструкций датчиков давления. Образцы элементов автоматики и регуляторов ракетных двигателей.
Практические занятия и семинары	244 (2)	Компьютерная техника и программное обеспечение