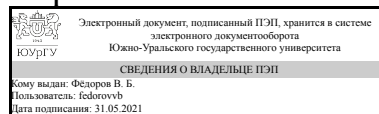


УТВЕРЖДАЮ:  
Декан факультета  
Аэрокосмический



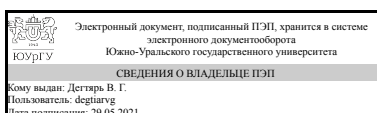
В. Б. Фёдоров

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины Б.1.26 Теория автоматического управления  
для специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей  
уровень специалист тип программы Специалитет  
специализация Проектирование жидкостных ракетных двигателей  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Летательные аппараты

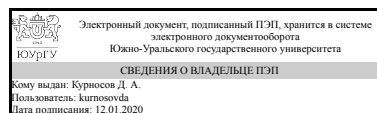
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 16.02.2017 № 141

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



В. Г. Дегтярь

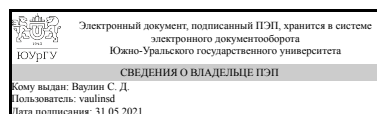
Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., доцент



Д. А. Курносов

СОГЛАСОВАНО

Зав.выпускающей кафедрой  
Двигатели летательных  
аппаратов  
д.техн.н., проф.



С. Д. Ваулин

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель - изучить назначение, состав и содержание систем автоматического управления (САУ) проектируемыми изделиями. Задачи: - оценить реакцию САУ на действие внешних и внутренних возмущений; - определить устойчивость системы регулирования и качество переходных процессов.

## Краткое содержание дисциплины

Рассматриваются принципы контроля положения летательного аппарата в пространстве, формируются принципы и структура канала управления с обратной связью, статическое и астатическое регулирование. Дифференциальные уравнения систем, расчет свободных и вынужденных процессов. Частотные характеристики, ряды Фурье, частотные спектры. Переходные процессы в системах управления, интеграл Фурье, преобразование Лапласа. Передаточные функции систем. Понятие об устойчивости систем автоматического управления. Критерии устойчивости коэффициентные, частотные. Понятие о запасе устойчивости, построение областей устойчивости, устойчивость многоконтурных систем. Качество процессов автоматического регулирования. Оценки качества регулирования с помощью метода преобразования Лапласа, по распределению корней характеристического уравнения, по интегральным характеристикам, по частотным характеристикам, по вещественной характеристике замкнутой системы. Показатель колебательности и диапазон пропускания частот.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПК-5 способностью составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений	Знать:современную проблематику в области эксплуатируемых изделий
	Уметь:применять разнообразные методы исследования к профессиональным проблемам
	Владеть:современными методами анализа и синтеза в профессиональной области
ОК-13 способностью применять прикладные программные средства при решении практических вопросов	Знать:основные подходы к анализу и синтезу систем управления
	Уметь:применять на практике численные методы для решения задач анализа и синтеза систем управления
	Владеть:базовыми навыками работы с прикладными программными средствами

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.06 Физика, Б.1.05.02 Математический анализ	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
Б.1.06 Физика	Траектории движения и воздействия на летательный аппарат
Б.1.05.02 Математический анализ	Формирование и решение дифференциальных уравнений, описывающих управление летательным аппаратом

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		8	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48	
Лекции (Л)	24	24	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	0	0	
Лабораторные работы (ЛР)	24	24	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	60	60	
Проработка теоретического материала	40	40	
Подготовка к зачету	20	20	
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Общие положения о системах автоматического управления	4	4	0	0
2	Анализ систем автоматического управления	18	6	0	12
3	Оценка качества систем автоматического управления	8	8	0	0
4	Синтез систем автоматического управления	18	6	0	12

##### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Понятие о системах управления и регулирования. Дифференциальные уравнения систем автоматического управления (САУ), расчет свободных процессов.	2

2	1	Расчет вынужденных процессов при гармоническом и периодическом воздействии, ряды Фурье и частотные спектры	2
3	2	Переходные процессы в линейных системах автоматического управления, интеграл Фурье, преобразование Лапласа.	2
4	2	Переходная функция, частотные характеристики, передаточные функции САУ при различных включениях звеньев, уравнения разомкнутой и замкнутой систем, связь между передаточными функциями.	2
5	2	Понятие об устойчивости САУ. Алгебраические и частотные критерии устойчивости, понятие о запасе устойчивости.	2
6	3	Качество процессов автоматического управления, метод оценки качества с помощью преобразования Лапласа.	4
7	3	Приближенные, косвенные методы оценки качества, оценки качества САУ по распределению корней.	4
8	4	Синтез САУ.	6

## 5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

## 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	2	Расчёт переходного процесса системы автоматического управления. От передаточной функции перейти к описанию в пространстве состояний с помощью первой и второй канонических форм. Рассчитать аналитически переходный процесс в системе. Провести компьютерное моделирование системы и сравнить с аналитическим решением.	3
2	2	Синтез наблюдателя Льюенбергера полного порядка. Рассчитать наблюдатель полного порядка двумя способами. Провести компьютерное моделирование и сравнительный анализ обоих наблюдателей.	6
3	2	Синтез наблюдателя Льюенбергера пониженного порядка (редуцированного наблюдателя). Рассчитать редуцированный наблюдатель Льюенбергера. Провести компьютерное моделирование и сравнить редуцированный наблюдатель с полноразмерным.	3
4	4	Система с модальным управлением. Выполнить модальный синтез двумя способами. Провести компьютерное моделирование системы управления с модальным регулятором, проанализировать результаты.	6
5	4	Модально-инвариантная система. Выполнить модальный синтез по доминирующей части спектра с учётом неуправляемой части спектра. Рассчитать управление без учёта динамики нижнего (исполнительного) уровня. Провести компьютерное моделирование и сравнительный анализ обеих систем управления.	6

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Подготовка к зачету	Основная и дополнительная литература	20
Проработка теоретического материала	Основная и дополнительная литература	40

## 6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Технология уровневой дифференциации	Лабораторные занятия	Студентам выдаются разноуровневые темы заданий, которые создают условия для продвижения студентов в учебе в соответствии с их возможностями.	15

## Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

## 7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы	ПК-5 способностью составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений	зачёт	1-11
Все разделы	ОК-13 способностью применять прикладные программные средства при решении практических вопросов	лабораторная работа	1-11

### 7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
зачёт	Студент вправе прийти на зачет для улучшения своего рейтинга (приказ ректора от 24.05.2019 г. № 179) и получить оценку с учетом текущего рейтинга и баллов за промежуточное испытание. Рейтинг обучающегося по дисциплине $R_d$ определяется из рейтинга по текущему контролю, рейтинга по промежуточной аттестации и бонус-рейтинга по формуле: $R_d = 0,6 \times R_{тек} + 0,4 \times R_{па} + R_b$ . Зачет проводится в форме устного опроса. Студент выбирает билет, состоящий из трех вопросов. Каждый вопрос относится к соответствующему разделу	Зачтено: Полные и исчерпывающие ответы на три теоретических вопроса соответствуют $R_{па} = 75 \dots 100$ Зачёт выставляется, если $R_d = 0,6 \times R_{тек} + 0,4 \times R_{па} + R_b \geq 60$ Не зачтено: Неверные ответы и беспомощность при наводящих вопросах соответствуют $R_{па} = 0 \dots 59$ Зачёт не выставляется, если $R_d = 0,6 \times R_{тек} + 0,4 \times R_{па} + R_b \leq 59$
лабораторная работа	При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности	Зачтено: Количество баллов больше 59 баллов Не зачтено: Количество баллов

	<p>обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Защита лабораторной работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается полнота выполнения задания, качество оформления, правильность выводов по результатам работы Балл начисляется по нижеприведённым соотношениям (за каждую лабораторную работу): Для каждого контрольно-рейтингового мероприятия <math>i</math> (<math>i=1...n</math>) рассчитывается рейтинг обучающегося по мероприятию <math>R_i</math> по формуле: <math>R_i = B_i \times 100 / B_{i\_max}</math>, где <math>B_i</math> -балл обучающегося за контрольное мероприятие <math>i</math> (лабораторную работу), <math>B_{i\_max}</math> -максимально возможный балл за контрольное мероприятие <math>i</math> (равен 100). Рейтинг обучающегося по текущему контролю <math>R_{тек}</math> (по всем лабораторным занятиям) определяется как средний рейтинг обучающегося по всем контрольно-рейтинговым мероприятиям с учетом их сложности (веса) по формуле: <math>R_{тек} = \sum(W_i \times R_i) / \sum W_i</math>, где <math>W_i</math> -вес (вклад) контрольно-рейтингового мероприятия <math>i</math> в формирование рейтинга. Вес <math>W_i</math> выбирается в диапазоне от 0,1 до 0,3 в зависимости от сложности лабораторной работы, <math>\sum W_i = 1</math>. Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется по результатам текущего контроля по формуле: <math>R_d = R_{тек} + R_b</math>. Здесь <math>R_b</math> - бонус-рейтинг (<math>R_b \leq 15</math>). Для получения зачёта необходимо набрать больше 59 баллов.</p>	<p>меньше 60 баллов</p>
--	--	-------------------------

### 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
зачёт	<p>Типовые контрольные задания:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понятие о системах автоматического управления и регулирования.</li> <li>2. Дифференциальные уравнения систем автоматического регулирования.</li> <li>3. Расчет свободных и вынужденных процессов, ряды Фурье и частотные характеристики.</li> <li>4. Переходные процессы в системах автоматического регулирования, интеграл Фурье и преобразование Лапласа</li> <li>5. Передаточные функции систем при различном включении звеньев.</li> <li>6. Устойчивость систем автоматического регулирования.</li> <li>7. Алгебраические и частотные критерии устойчивости (критерий Гурвица, критерий Найквиста).</li> <li>8. Запасы устойчивости систем, построение областей устойчивости.</li> <li>9. Качество процессов автоматического регулирования. Методы оценки качества.</li> <li>10. Некоторые положения теории вероятностей. Анализ точности систем автоматического регулирования, средняя квадратическая ошибка.</li> <li>11. Синтез корректирующих элементов систем автоматического регулирования.</li> </ol>
лабораторная работа	sula.pdf

### 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

## Печатная учебно-методическая документация

### а) основная литература:

1. Коновалов, Б. И. Теория автоматического управления Текст учеб. пособие для вузов по специальности 210106 - "Промышл. электроника" Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. - 3-е изд., доп. и перераб. - СПб. и др.: Лань, 2010. - 218, [1] с. ил.
2. Петраков, Ю. В. Теория автоматического управления технологическими системами Текст учеб. пособие для вузов по направлению 220100 "Систем. анализ и упр." Ю. В. Петраков, О. И. Драчев. - М.: Машиностроение, 2008. - 336 с. ил. 1 электрон. опт. диск

### б) дополнительная литература:

1. Гузенко, А. И. Основы теории автоматического регулирования Текст учеб. пособие для вузов А. И. Гузенко. - М.: Высшая школа, 1967. - 407 с. черт.
2. Солодовников, В. В. Теория автоматического управления техническими системами Учеб. пособие для машино- и приборостроит. вузов В. В. Солодовников, В. Н. Плотников, А. В. Яковлев. - М.: Издательство МГТУ, 1993. - 492 с. ил.
3. Бесекерский, В. А. Динамический синтез систем автоматического регулирования В. А. Бесекерский. - М.: Наука, 1970. - 575 с. черт.

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

1. нет

### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. нет

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

2. нет

## Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Основная литература	Коновалов Б.И., Лебедев Ю.М. Теория автоматического управления, 3-е изд., 2010 г." - коллекция "Математика - Издательство Лань" ЭБС "Издательства Лань"	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
2	Основная литература	Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления, 3-е изд., 2015 г." - коллекция "Информатика - Издательство Лань" ЭБС "Издательства Лань"	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный

3	Дополнительная литература	Певзнер, Л.Д. Теория автоматического управления. Задачи и решения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.Д. Певзнер. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 604 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/75516">https://e.lanbook.com/book/75516</a> . — Загл. с экрана.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	ЛокальнаяСеть / Авторизованный
---	---------------------------	---	---	--------------------------------

## 9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

## 10. 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)	Гироскопы
Лекции	246 (2)	Оборудование аудитории