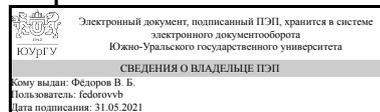


УТВЕРЖДАЮ:  
Декан факультета  
Аэрокосмический



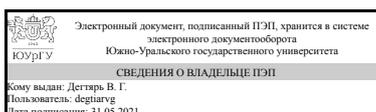
В. Б. Фёдоров

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** Б.1.49 Системы управления ракет  
**для специальности** 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов  
**уровень** специалист **тип программы** Специалитет  
**специализация** Ракетные транспортные системы  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Летательные аппараты

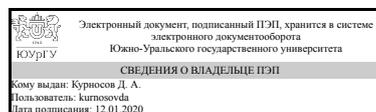
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 01.12.2016 № 1517

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



В. Г. Дегтярь

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



Д. А. Курносов

## 1. Цели и задачи дисциплины

Принципы управления ракетами различных типов и назначения. Состав и содержание каналов систем управления ракетами. Контроль текущих координат, преобразование параметров, исполнительные органы автомата стабилизации. Обеспечение устойчивости систем управления

## Краткое содержание дисциплины

Рассматриваются принципы контроля положения летательного аппарата в пространстве, формируются принципы и структура канала управления с обратной связью, статическое и астатическое регулирование. Принципы построения систем наведения: автономных, самонаведения, телеуправления, командных. Контроль текущих координат изделий, гиросприборы различного назначения. Частотные характеристики элементов и каналов системы управления, 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-8 способностью проводить математическое моделирование разрабатываемого изделия и его подсистем с использованием методов системного подхода и современных программных продуктов для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования изделия в целом, а также его подсистем с учетом используемых материалов, ожидаемых рисков и возможных отказов	Знать: принципы представления разрабатываемого изделия как в виде абстрактных операций, так и с помощью математического моделирования;
	Уметь: строить модели, воспроизводящие существенные аспекты подготовки летательного аппарата к пуску, модели функционирования системы управления летательного аппарата
	Владеть: методами анализа и синтеза летательных аппаратов; математическими методами исследования проблем управления летательными аппаратами
ОК-14 способностью получать и обрабатывать информацию из различных источников, используя самые современные информационные технологии, способностью критически осмысливать полученную информацию выделять в ней главное, создавать на ее основе новые знания	Знать: современные информационные технологии
	Уметь: осмысливать полученную информацию, выделять в ней главное, создавать на ее основе новые знания
ПК-2 способностью анализировать состояние и	Владеть: способностью получать и обрабатывать информацию из различных источников
	Знать: состояние и перспективы развития как

перспективы развития как ракетной и ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных направлений, создавать математические модели функционирования объектов ракетной и ракетно-космической техники	ракетно-космической техники, так и систем управления ракетами
	Уметь: разрабатывать математические модели, описывающие процессы, происходящие в разрабатываемых ракетно-космических комплексах, строить модели функционирования системы управления ракетой
	Владеть: методами анализа и синтеза изделий ракетной и ракетно-космической техники; математическими методами исследования проблем эксплуатации систем управления ракетами

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.45 Акустика летательных аппаратов, Б.1.27 Устройство и конструкция ракет, ДВ.1.05.02 Баллистика ракет, 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.1.45 Акустика летательных аппаратов	Возмущающие нагрузки, действующие на изделие в процессе полета
Б.1.27 Устройство и конструкция ракет	Конструкция элементов и принципы работы систем управления изделий
ДВ.1.05.02 Баллистика ракет	Траектории движения изделий, которые формируют системы управления. Устранение возмущений.
Б.1.06 Физика	Принципы работы элементов и устройств систем управления
Б.1.05.02 Математический анализ	Формирование и решение дифференциальных уравнений, используемых для расчета траектории летательного аппарата

### 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
		11
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)	24	24
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
Самостоятельная работа (СРС)	60	60
Подготовка к зачету	14	14
Формирование системы управления для баллистической (крылатой) ракеты и описание ее функционирования	40	40
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	2	2	0	0
2	Элементы каналов автоматического управления (гироприборы, усилители каналов управления, рулевые машины)	39	4	26	9
3	Оценка устойчивости систем автоматического управления	13	3	10	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Понятие о системах управления и регулирования, функциональные элементы и динамические звенья, статическое и астатическое регулирование. Системы координат, принципы наведения и управления. Автономные системы наведения. Системы самонаведения, телеуправления, командные системы	2
2-3	2	Гироскопические приборы, автопилоты. Исполнительные элементы систем регулирования. Уравнения движения объектов. Передаточные функции звеньев и систем.	4
4-5	3	Понятие об устойчивости систем регулирования. Методы оценки устойчивости, коэффициентные и частотные критерии	3

### 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1-2	2	Гироскопические приборы, компоновка гироблока	4
3-4	2	Системы управления с подвижной гироплатформой.	4
5-6	2	Усилительные механизмы автомата стабилизации	4
7-8	2	Исполнительные (рулевые машины) механизмы автомата стабилизации	4
9-11	2	Расчет параметров рулевых электрогидравлических машин.	5
11-13	2	Расчет параметров рулевых пневматических и гидравлических машин.	5
14-16	3	Задачи по коэффициентному критерию устойчивости.	5
16-18	3	Задачи по частотному критерию устойчивости.	5

### 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1-3	2	Компоновка систем управления баллистических изделий	5
4-5	2	Компоновка систем управления крылатых изделий	4

#### 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	14
Формирование системы управления для баллистической (крылатой) ракеты и описание ее функционирования	Материалы УЦ РКТ ЮУрГУ	40

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

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Использование информационных ресурсов и баз данных	Практические занятия и семинары	Поиск и изучение специальной литературы	4
Проведение интерактивных лекций	Лекции	Использование презентаций при проведении лекционных занятий	9

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

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: При проведении лекционных и практических занятий приводятся примеры расчета конструкций ЛА в рамках проведения совместных научных работ с АО "ГРЦ Макеева"

#### 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	ОК-14 способностью получать и обрабатывать информацию из различных источников, используя самые современные информационные технологии, способностью критически осмысливать полученную информацию выделять в ней главное, создавать на ее основе новые знания	решение задачи	1-9
Все разделы	ПК-8 способностью проводить математическое моделирование разрабатываемого изделия и его	лабораторная работа	1-9

	подсистем с использованием методов системного подхода и современных программных продуктов для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования изделия в целом, а также его подсистем с учетом используемых материалов, ожидаемых рисков и возможных отказов		
Все разделы	ПК-2 способностью анализировать состояние и перспективы развития как ракетной и ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных направлений, создавать математические модели функционирования объектов ракетной и ракетно-космической техники	зачет	1-9

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

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
зачет	<p>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 <math>R_d</math> определяется из рейтинга по текущему контролю, рейтинга по промежуточной аттестации и бонус-рейтинга по формуле: <math>R_d = 0,6 \times R_{тек} + 0,4 \times R_{па} + R_b</math>. Зачет проводится в форме устного опроса. Студент выбирает билет, состоящий из трех вопросов. Каждый вопрос относится к соответствующему разделу.</p>	<p>Зачтено: Полные и исчерпывающие ответы на три теоретических вопроса соответствуют <math>R_{па} = 75 \dots 100</math>. Зачёт выставляется, если <math>R_d = 0,6 \times R_{тек} + 0,4 \times R_{па} + R_b \geq 60</math></p> <p>Не зачтено: Неверные ответы и беспомощность при наводящих вопросах соответствуют <math>R_{па} = 0 \dots 59</math></p> <p>Зачёт не выставляется, если <math>R_d = 0,6 \times R_{тек} + 0,4 \times R_{па} + R_b \leq 59</math></p>
лабораторная работа	<p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности 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 \dots 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 и решённым задачам) определяется как средний рейтинг обучающегося по всем контрольно-рейтинговым мероприятиям с учетом их сложности (веса) по формуле: <math>R_{тек} = \frac{\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</p>	<p>Зачтено: Суммарное количество баллов от всех контрольно-рейтинговых мероприятий больше 59.</p> <p>Не зачтено: Суммарное количество баллов от всех контрольно-рейтинговых мероприятий меньше 60.</p>

	<p>рейтинга. Вес <math>W_i</math> в случае оценивания выполнения лабораторных заданий выбирается в размере 0,15 при 5 лабораторных работах (<math>\sum W_i=1</math> при учёте всех контрольно-рейтинговых мероприятий, включающих помимо 5 лабораторных работ также решение 5 творческих заданий/задач). 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>).</p>	
решение задачи	<p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Задачи выбираются студентом из фиксированного списка. Задача/задачи оформляются отдельным отчетом. Оценивается полнота и правильность решения задачи. Балл начисляется по нижеприведённым соотношениям (за каждую решённую задачу):</p> <p>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=V_i \times 100/V_{i\_max}</math>, где <math>V_i</math> -балл обучающегося за контрольное мероприятие <math>i</math> (решённую задачу), <math>V_{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 и решённым задачам) 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> в случае оценивания решения задач выбирается в размере 0,05 при 5 задачах (<math>\sum W_i=1</math> при учёте всех контрольно-рейтинговых мероприятий, включающих помимо 5 лабораторных работ также решение 5 творческих заданий/задач). 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>).</p>	<p>Зачтено: Суммарное количество баллов от всех контрольно-рейтинговых мероприятий больше 59.</p> <p>Не зачтено: Суммарное количество баллов от всех контрольно-рейтинговых мероприятий меньше 60.</p>

### 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
зачет	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Виды систем управления, принципы работы и контрольные параметры.</li> <li>2. Структура каналов управления по контролируемым параметрам, статическое и астатическое управление.</li> <li>3. Дифференциальные уравнения систем автоматического управления, расчет свободных и вынужденных процессов.</li> <li>4. Переходные процессы в системах управления, интеграл Фурье и преобразование Лапласа. Передаточные функции систем при различном включении звеньев.</li> </ol>

	<p>5. Устойчивость систем управления. Алгебраические и частотные критерии устойчивости. Запасы устойчивости, построение областей устойчивости.</p> <p>6. Качество процессов управления. Оценка качества системы: по расположению корней характеристического уравнения, по интегральным характеристикам, по частотным характеристикам, по вещественным характеристикам замкнутой системы.</p> <p>7. Некоторые положения теории вероятностей: распределение случайных величин, математическое ожидание, дисперсия, корреляционная функция, функция спектральной плотности.</p> <p>8. Анализ точности систем управления при случайных воздействиях, средняя квадратическая ошибка, расчет корреляционной функции ошибки.</p> <p>9. Синтез корректирующих элементов систем управления.</p>
лабораторная работа	sula.pdf
решение задачи	Задания СУ.pdf

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

Не предусмотрена

#### б) дополнительная литература:

1. Разоренов, Г. Н. Системы управления летательными аппаратами (баллистическими ракетами и их головными частями) Учеб. для вузов по специальности "Системы упр. летат. аппаратами" направления подгот. дипломир. специалистов "Системы упр. движением и навигация" Г. Н. Разоренов, Э. А. Бахрамов, Ю. Ф. Титов; Под ред. Г. Н. Разоренова. - М.: Машиностроение, 2003. - 581,[1] с. ил.

2. Ишлинский, А. Ю. Инерциальное управление баллистическими ракетами. Некоторые теоретические вопросы [Текст] А. Ю. Ишлинский ; Акад. наук ССР, Отд-ние механики и процессов управления. - М.: Наука, 1968. - 142 с. черт.

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

1. Ракетная техника.
2. Вопросы ракетной техники.
3. Оборонная техника.
4. Известия ВУЗов: Авиационная техника, ракетная техника и космонавтика.

#### 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	Туманов, А.В. Методы телеуправления и самонаведения в системах управления крылатыми ракетами. [Электронный ресурс] / А.В. Туманов, А.Г. Зуев, Э.Д. Суханов. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. — 122 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/52287">http://e.lanbook.com/book/52287</a> — Загл. с экрана.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
2	Дополнительная литература	Илюхин, С.Н. Формирование облика зенитной управляемой ракеты и динамический анализ ее системы управления: учеб. пособие. [Электронный ресурс] / С.Н. Илюхин, С.В. Беневольский, В.В. Грабин. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 80 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/58424">http://e.lanbook.com/book/58424</a> — Загл. с экрана.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный

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

Перечень используемого программного обеспечения:

1. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

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
Лекции	303 (2)	Оборудование аудитории
Практические занятия и семинары	100 (2в)	Специальная литература и образцы изделий РКТ