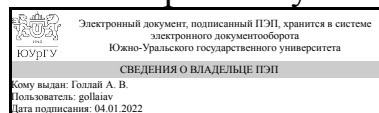


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Высшая школа электроники и  
компьютерных наук



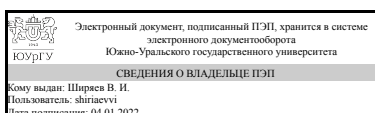
А. В. Голлой

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины Б.1.28 Системы управления летательными аппаратами  
для специальности 24.05.06 Системы управления летательными аппаратами  
уровень специалист тип программы Специалитет  
специализация Системы управления движением летательных аппаратов  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Системы автоматического управления

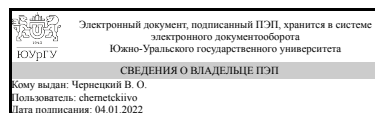
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.06 Системы управления летательными аппаратами, утверждённым приказом Минобрнауки от 11.08.2016 № 1032

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



В. И. Ширяев

Разработчик программы,  
к.техн.н., доцент



В. О. Чернецкий

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель - усвоение основ и принципов работы систем управления летательными аппаратами. Задачи - научить студентов методикам и средствам решения задач по соответствующей области систем управления летательными аппаратами; изложить принципы работы систем управления летательными аппаратами; научить создавать математические модели движения летательных аппаратов и работы их систем управления; научить разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты систем управления.

## Краткое содержание дисциплины

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением систем управления летательными аппаратами, в т.ч. основ динамики - изучением принципов построения и основ расчета автономных систем ориентации, стабилизации, навигации управления расходом топлива, их аппаратного и алгоритмического обеспечения; изучением методов анализа и синтеза подобных систем ориентации, включая их математическое моделирование с помощью современных программных средств.

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

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПК-12 способностью проводить анализ подвижных аппаратов и разрабатывать опытные образцы приборов, систем и комплексов соответствующего профиля	Знать: основные методы получения сигналов с использованием имитационного и полунатурного моделирования
	Уметь: выполнять теоретический анализ математических моделей систем управления летательными аппаратами
	Владеть: навыками математического и полунатурного моделирования СУЛА
ПК-33 способностью проводить наладку, настройку, регулировку, проверку и опытную эксплуатацию приборов и агрегатов систем в соответствии со стандартами и техническими условиями	Знать: принципы построения систем управления ЛА; основные элементы системы управления: датчики, управляющие устройства, исполнительные механизмы
	Уметь: проводить анализ установившихся и переходных режимов работы системы ее устойчивости и показателей качества; синтезировать управляющие и корректирующие устройства СУ
	Владеть: навыками проверки работоспособности оборудования системы управления и его настройки; методикой проведения натурных испытаний
ПСК-9.1 способностью проектировать системы управления движением летательных аппаратов	Знать: характеристики ЛА как объекта управления
	Уметь: рассчитывать или определять экспериментально характеристики элементов и всей системы управления
	Владеть: методами математического и

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.23 Теория автоматического управления, ДВ.1.02.02 Современные вычислительные пакеты, Б.1.08.02 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.1.08.02 Математический анализ	знать методы решения дифференциальных уравнений, основы операционного исчисления, линейной алгебры, теории функций комплексного переменного
Б.1.23 Теория автоматического управления	знать методы построения математических моделей объектов управления, уметь определять временные и частотные характеристики системы управления и ее элементов, владеть методами анализа и синтеза САУ
ДВ.1.02.02 Современные вычислительные пакеты	уметь использовать современные математические пакеты для решения задач ТФУ

### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч.

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)	48	32	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	24	16	8
Лабораторные работы (ЛР)	24	0	24
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	120	60	60
Подготовка к зачету	16	16	0
Подготовка к экзамену	16	0	16
Изучение отдельных разделов дисциплины (8 семестр)	44	44	0
Изучение отдельных разделов дисциплины (9 семестр)	44	0	44
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	экзамен

### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	ЛА как объект управления	32	16	16	0
2	Системы управления и навигации ЛА	64	32	8	24

## 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение. Цели и задачи дисциплины. Особенности ЛА как объекта управления. Ограниченность классической теории управления. Новые методы. Имитационное и полунатурное моделирование	2
2	1	Классификация ЛА: баллистические ракеты; ракеты-носители, КЛА; самолеты и самолеты-снаряды; беспилотные ЛА и др. Особенности СУ, обусловленные целью управления, условиями полета, конструкцией и т. д. Авиационные и ракетные комплексы. Типовые структуры систем управления	2
3	1	ЛА как объект управления. Силы и моменты, действующие на ЛА: сила тяги двигательной установки; сила притяжения; аэродинамическая сила и момент. Силы и моменты, создаваемые органами управления. Способы управления. Уравнения движения, их особенности. Способы определения сил и моментов. Стандартная атмосфера. Возмущенное и невозмущенное движение	2
4	1	Методы интегрирования уравнений движения. Характеристики траекторий (орбит). Упрощение уравнений. Линеаризация. Передаточные функции и частотные характеристики. Моделирование ЛА на аналоговых и цифровых вычислительных машинах	2
5	1	Датчики систем инерциальной навигации. Акселерометры, датчики угловой скорости, сравнительная характеристика ИНС и БИНС, датчики и системы инерциальной навигации на основе MEMS технологии. Современные системы инерциальной навигации и перспективы их развития	2
6	1	Датчики систем спутниковой навигации. ГЛОНАСС и GPS приемники. Алгоритмы обработки сигнала	2
7	1	Управляющие устройства СУЛА. Логическое, аналоговое и цифровое управление. Бортовые цифровые управляющие вычислительные машины. Специализированные информационно вычислительные системы	2
8	1	Исполнительные механизмы систем управления ЛА	2
9	2	Проблемы навигационного обеспечения подвижных объектов в автономных, командных или комбинированных системах управления	2
10	2	Инерциальные радиолокационные, оптические или инфракрасные (тепловые) системы навигации. Корреляционные и интегрированные системы обработки измерительной информации	2
11	2	Параметры ориентации ЛА: направляющие косинусы, углы Эйлера и Крылова, вектор конечного поворота, параметры Родрига - Гамильтона и Кейли – Клейна.	6
12	2	Кинематические и динамические уравнения вращения ЛА. Системы управления углами тангажа, крена, и рысканья (курса)	6
13	2	Системы стабилизации движения ЛА	6
14	2	Задача стабилизации движения ЛА и трудности ее решения. Стабилизация слабо демпфированных или условно устойчивых объектов. Грубые или самонастраивающиеся системы управления? Идентификация параметров объекта управления и алгоритм настройки. Системы с моделью	6
15	2	СУРТ как метод повышения энергоэффективности. Принципы построения и структурные схемы. Алгоритмы управления	4

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Структурная схема ЛА, как твердого тела. Математические модели и структурные схемы силы притяжения, стандартной атмосферы и силы аэродинамического сопротивления, движения тела переменной массы	2
2	1	Структурная схема ЛА как объекта управления. Математические модели датчиков, органов управления и исполнительных механизмов	2
3	1	Траектории движения ЛА на активном и пассивном участке траектории	2
4	1	Математические модели и структурные схемы датчиков угловой скорости	2
5	1	Структурная схема акселерометра. Статические и динамические характеристики	2
6	1	Математические модели и структурные схемы исполнительных механизмов	2
7	1	ИНС на основе ГСП. Структурная схема	2
8	1	Структурные схемы БИНС	2
9	2	Спутниковая навигация	1
10	2	Параметры ориентации ЛА. Преобразование одних параметров в другие	2
11	2	Кинематические уравнения вращения ЛА	1
12	2	Динамические уравнения вращения ЛА	1
13	2	Управляющие и корректирующие и исполнительные устройства систем стабилизации	1
14	2	Структурные схемы систем стабилизации. Частотные характеристики	2

## 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	2	Определение параметров элементов системы управления ЛА по результатам стендовых и летных испытаний	6
2	2	Статические и динамические характеристики систем управления ЛА	6
3	2	Исследование точностных характеристик БИНС на двухступенном моделирующем стенде	6
4	2	Измерение частотных характеристик системы стабилизации продольного движения ЛА	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 экзамену	Основная 1-3. Дополнительная - 2	16
Изучение отдельных разделов дисциплины (8 семестр)	Основная - 1 (с.7-184); 3 (с. 24-39)	44
Подготовка к зачету	Основная 1-3. Дополнительная - 1	16
Изучение отдельных разделов дисциплины (9 семестр)	Основная - 2 (с. 34-563); 1 (с. 254-271)	44

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

Не предусмотрены

## 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-12 способностью проводить анализ подвижных аппаратов и разрабатывать опытные образцы приборов, систем и комплексов соответствующего профиля	Зачет	1-10
Все разделы	ПК-33 способностью проводить наладку, настройку, регулировку, проверку и опытную эксплуатацию приборов и агрегатов систем в соответствии со стандартами и техническими условиями	Зачет	1-10
Все разделы	ПСК-9.1 способностью проектировать системы управления движением летательных аппаратов	Зачет	1-10
Все разделы	ПК-12 способностью проводить анализ подвижных аппаратов и разрабатывать опытные образцы приборов, систем и комплексов соответствующего профиля	Экзамен	1-9
Все разделы	ПК-33 способностью проводить наладку, настройку, регулировку, проверку и опытную эксплуатацию приборов и агрегатов систем в соответствии со стандартами и техническими условиями	Экзамен	10-19
Все разделы	ПСК-9.1 способностью проектировать системы управления движением летательных аппаратов	Экзамен	1-9
ЛА как объект управления	ПК-12 способностью проводить анализ подвижных аппаратов и разрабатывать опытные образцы приборов, систем и комплексов соответствующего профиля	Контрольная работа № 1 (текущий контроль)	1-9
ЛА как объект управления	ПСК-9.1 способностью проектировать системы управления движением летательных аппаратов	Контрольная работа № 2 (текущий контроль)	1-10
ЛА как объект управления	ПСК-9.1 способностью проектировать системы управления движением летательных аппаратов	Контрольная работа № 3	1-9

		(текущий контроль)	
Системы управления и навигации ЛА	ПСК-9.1 способностью проектировать системы управления движением летательных аппаратов	Контрольная работа № 4 (текущий контроль)	1-11

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

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
Зачет	Студенту задается 1 вопрос из перечня. Если студент не отвечает на вопрос, ему задаются уточняющие вопросы	Зачтено: Правильный ответ на вопрос, допускаются неточности Не зачтено: Неправильный ответ на вопрос
Экзамен	Студенту задаются 2 вопроса из 1 и 2 частей. В случае, если студент не отвечает на вопрос, ему задаются уточняющие вопросы по этой части	Отлично: Правильный ответ на 2 вопроса Хорошо: Правильный ответ на 2 вопроса, допускаются незначительные ошибки Удовлетворительно: Правильный ответ на 1 вопрос Неудовлетворительно: Ответ менее, чем на 1 вопрос
Контрольная работа № 1 (текущий контроль)	Проводится письменно. Студенту задаются 2 вопроса. Время на ответ - 1 час	Отлично: Правильный ответ на 2 вопроса Хорошо: Правильный ответ на 2 вопроса, допускаются незначительные ошибки Удовлетворительно: Правильный ответ на 1 вопрос Неудовлетворительно: Ответ менее, чем на 1 вопрос
Контрольная работа № 2 (текущий контроль)	Проводится письменно. Студенту задаются 2 вопроса. Время на ответ - 1 час	Отлично: Правильный ответ на 2 вопроса Хорошо: Правильный ответ на 2 вопроса, допускаются незначительные ошибки Удовлетворительно: Правильный ответ на 1 вопрос Неудовлетворительно: Ответ менее, чем на 1 вопрос
Контрольная работа № 3 (текущий контроль)	Проводится письменно. Студенту задаются 2 вопроса. Время на ответ - 1 час	Отлично: Правильный ответ на 2 вопроса Хорошо: Правильный ответ на 2 вопроса, допускаются незначительные ошибки Удовлетворительно: Правильный ответ на 1 вопрос Неудовлетворительно: Ответ менее, чем на 1 вопрос
Контрольная работа № 4 (текущий контроль)	Проводится письменно. Студенту задаются 2 вопроса. Время на ответ - 1 час	Отлично: Правильный ответ на 2 вопроса Хорошо: Правильный ответ на 2 вопроса, допускаются незначительные ошибки

		Удовлетворительно: Правильный ответ на 1 вопрос Неудовлетворительно: Ответ менее, чем на 1 вопрос
--	--	--

### 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Зачет	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Общие сведения о баллистических ракетах</li> <li>2. Траектории баллистических ракет (основные понятия, элементы траектории)</li> <li>3. Уравнения движения баллистической ракеты на пассивном участке траектории</li> <li>4. Формы траекторий баллистических ракет (математическое описание, характерные особенности)</li> <li>5. Способы управления дальностью полета баллистической ракеты</li> <li>6. Уравнения движения баллистической ракеты на заключительном участке траектории при входе в атмосферу</li> <li>7. Энергетика активного участка траектории баллистической ракеты (уравнение Циолковского, понятие удельного импульса силы)</li> <li>8. Способы увеличения конечной скорости баллистической ракеты на активном участке</li> <li>9. Общие сведения об органах управления полетом баллистической ракеты</li> <li>10. Принципы действия, типы акселерометров, уравнения движения</li> </ol>
Экзамен	<p>I ЧАСТЬ</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Общие сведения о баллистических ракетах</li> <li>2. Траектории баллистических ракет (основные понятия, элементы траектории)</li> <li>3. Уравнения движения баллистической ракеты на пассивном участке траектории</li> <li>4. Формы траекторий баллистических ракет (математическое описание, характерные особенности)</li> <li>5. Эллиптическая дальность и время полета баллистической ракеты</li> <li>6. Коэффициенты ошибок эллиптической дальности</li> <li>7. Способы управления дальностью полета баллистической ракеты</li> <li>8. Уравнения движения баллистической ракеты на заключительном участке траектории при входе в атмосферу</li> <li>9. Энергетика активного участка траектории баллистической ракеты (уравнение Циолковского, понятие удельного импульса силы)</li> </ol> <p>II ЧАСТЬ</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>10. Способы увеличения конечной скорости баллистической ракеты на активном участке</li> <li>11. Программа угла наклона траектории баллистической ракеты</li> <li>12. Общие сведения об органах управления полетом баллистической ракеты</li> <li>13. Системы автоматического управления дальностью полета баллистической ракеты</li> <li>14. Принципы действия, типы акселерометров, уравнения движения</li> <li>15. Система стабилизации угла крена баллистической ракеты</li> <li>16. Система боковой стабилизации баллистической ракеты. Уравнения бокового возмущенного движения</li> <li>17. Система стабилизации угла рыскания БР (уравнения движения, законы управления, оценка устойчивости и качества динамики)</li> <li>18. Влияние упругого изгиба корпуса баллистической ракеты на</li> </ol>



	устойчивость системы стабилизации 19. Влияние колебаний жидких компонентов на динамику ракеты
Контрольная работа № 1 (текущий контроль)	1. Классификации ЛА 2. Баллистические ракеты 3. Ракеты-носители 4. Космические аппараты 5. ЛА самолетного типа 6. Беспилотные ЛА 7. Особенности СУ, обусловленные целью управления 8. Особенности СУ, обусловленные условиями полета 9. Особенности СУ, обусловленные конструкцией
Контрольная работа № 2 (текущий контроль)	1. Силы и моменты, действующие на ЛА 2. Сила тяги двигательной установки 3. Сила земного притяжения 4. Воздушная скорость 5. Аэродинамические силы и моменты 6. Аэродинамические коэффициенты 7. Стандартная атмосфера 8. Управляющие органы БР и РН 9. Управляющие органы ЛА самолетного типа 10. Управляющие силы и моменты
Контрольная работа № 3 (текущий контроль)	1. Характеристики траекторий (орбит). 2. Уравнения возмущенного движения 3. Упрощение уравнений возмущенного движения 4. Передаточные функции и частотные характеристики каналов управления 5. Акселерометры 6. Датчики угловой скорости 7. Сравнительная характеристика ИНС и БИНС 8. Датчики систем спутниковой навигации 9. ГЛОНАСС и GPS приемники. Алгоритмы обработки сигнала
Контрольная работа № 4 (текущий контроль)	1. Инерциальные системы навигации 2. Радиолокационные системы навигации 3. Оптические системы навигации 4. Кинематические уравнения вращения ЛА 5. Динамические уравнения вращения ЛА 6. Системы стабилизации угла тангажа 7. Системы стабилизации угла рыскания 9. Системы стабилизации угла крена 10. Системы стабилизации продольного движения 11. Системы стабилизации нормального и бокового движения

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Долбенков, В. И. Simulink в задачах систем автоматического управления Учеб. пособие В. И. Долбенков; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Системы управления; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2005. - 101, [2] с.

#### б) дополнительная литература:

1. Поршнеv, С. В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB [Текст] учеб. пособие для вузов С. В. Поршнеv. - 2-е изд., испр. - СПб. и др.: Лань, 2011. - 726 с. ил. 1 электрон. опт. диск

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

1. Ракетная техника и космонавтика
2. Теория и системы управления

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Методические указания по освоению дисциплины "Системы управления летательными аппаратами" (в локальной сети кафедры)
2. Методические указания для СРС при освоении дисциплины "Системы управления летательными аппаратами" (в локальной сети кафедры)

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Методические указания для СРС при освоении дисциплины "Системы управления летательными аппаратами" (в локальной сети кафедры)

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Дмитриевский, А.А. Внешняя баллистика: Учебник для студентов вузов. [Электронный ресурс] / А.А. Дмитриевский, Л.Н. Лысенко. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2005. — 608 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/767">http://e.lanbook.com/book/767</a> — Загл. с экрана.
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Сихарулидзе, Ю.Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.Г. Сихарулидзе. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 410 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/70701">https://e.lanbook.com/book/70701</a> . — Загл. с экрана.
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Поршнеv, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB. + CD. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 736 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/650">http://e.lanbook.com/book/650</a> — Загл. с экрана.
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Проектирование исполнительных органов систем управления движением космических летательных аппаратов. В 2 частях. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Зеленцов [и др.] ; под ред. Петрикевича Б.Б.. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. — 115 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/58451">https://e.lanbook.com/book/58451</a> . — Загл. с экрана.
5	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Основы проектирования летательных аппаратов (транспортные системы). Учебное пособие для технических вузов. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.П. Мишин [и др.]. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2005. — 375 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/812">http://e.lanbook.com/book/812</a> — Загл. с экрана.

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

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Math Works-MATLAB, Simulink 2013b(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
Лабораторные занятия	650 (3б)	ЭВМ с системой "Персональный Виртуальный Компьютер" (ЮУрГУ) для доступа к MATLAB