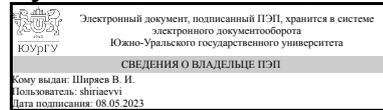


УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель специальности



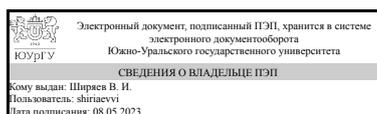
В. И. Ширяев

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.27 Системы управления летательными аппаратами
для специальности 24.05.06 Системы управления летательными аппаратами
уровень Специалитет
форма обучения очная
кафедра-разработчик Системы автоматического управления

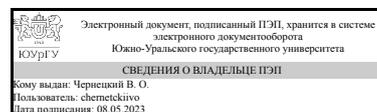
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.06 Системы управления летательными аппаратами, утверждённым приказом Минобрнауки от 04.08.2020 № 874

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 дисциплины - приобретение студентами компетенций в области систем управления летательными аппаратами. Задачи дисциплины: 1. Научить студентов на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательными аппаратами и создавать их математические модели 2. Научить студентов проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления"

Краткое содержание дисциплины

1. Летательные аппараты как объекты управления 2. Синтез систем управления летательными аппаратами на основе классических и современных методов теории автоматического управления

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-7 Способен на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательными аппаратами различного назначения, как объектов ориентации, стабилизации, навигации, управления движением, а также создавать математические модели, позволяющие прогнозировать тенденцию их развития как объектов управления и тактики их применения	Знает: принципы построения систем управления летательных аппаратов; основные элементы системы управления: датчики, управляющие устройства, исполнительные механизмы Умеет: проводить анализ установившихся и переходных режимов работы системы, ее устойчивости и показателей качества; синтезировать управляющие и корректирующие устройства систем управления Имеет практический опыт: анализа и обработки экспериментальных данных для решения задач управления движением летательных аппаратов
ОПК-8 Способен проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)"	Знает: характеристики летательного аппарата как объекта управления Умеет: выполнять расчеты на основе математических моделей систем управления летательными аппаратами Имеет практический опыт: применения методик математического моделирования динамических систем

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.21 Электронные устройства систем управления и навигации, 1.О.35 Электрооборудование летательных аппаратов и средств их подготовки, 1.О.26 Устройство летательных аппаратов, 1.О.17 Аэродинамика, 1.О.34 Теория инерциальных навигационных	Не предусмотрены

приборов и систем	
-------------------	--

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

Дисциплина	Требования
1.О.35 Электрооборудование летательных аппаратов и средств их подготовки	Знает: основные приемы и методы расчета электромеханических систем летательных аппаратов Умеет: формулировать и осуществлять поиск оптимальных режимов и соотношений параметров устройств летательных аппаратов Имеет практический опыт: разработки электромеханических систем летательных аппаратов
1.О.34 Теория инерциальных навигационных приборов и систем	Знает: фигуру и движение Земли в пространстве, иметь представление о гравитационном поле Земли и учете его при использовании метода инерциальной навигации; метод «счисления пути» как метод навигации, алгоритмы функционирования инерциальных систем, ошибки инерциальных систем и способы их уменьшения, параметры и средства определения ориентации подвижного объекта Умеет: выбирать тип и схему построения инерциальной системы навигации в зависимости от типа объекта, требуемой точности и условий движения; выбирать состав приборного оснащения для данной схемы построения инерциальной системы Имеет практический опыт: моделирования динамики инерциальных систем и оценки погрешностей их работы с целью выработки требований к характеристикам чувствительных элементов и оценки необходимости применения средств и способов коррекции
1.О.17 Аэродинамика	Знает: основные понятия аэродинамики, законы формирования аэродинамических сил и моментов, действующих на летательный аппарат Умеет: применять формулы векторного анализа в кинематических и динамических уравнениях для определения сил и моментов, действующих на летательный аппарат Имеет практический опыт: применения разделов аэродинамики в задачах управления движением летательного аппарата
1.О.26 Устройство летательных аппаратов	Знает: конструктивные особенности летательных аппаратов и их элементов, узлов и систем Умеет: использовать знания об устройстве и конструкции ЛА и критериях оценки проектно-конструкторских решений Имеет практический опыт: исследования и анализа проектно-конструкторских решений по различным типам летательных аппаратов
1.О.21 Электронные устройства систем	Знает: методы решения задач анализа и расчета

управления и навигации	характеристик электрических цепей, методы настройки и проверки опытных образцов электронных устройств Умеет: анализировать работу электронных устройств, использовать измерительное оборудование при наладке, настройке, проверке опытных образцов электронных устройств Имеет практический опыт: использовать базовые положения математики, естественных наук при решении социальных и профессиональных задач и критически оценить освоенные теории и концепции, границы их применимости, выполнения теоретических, лабораторных и натуральных исследований и экспериментов для решения конкурентоспособных научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры
------------------------	--

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 з.е., 252 ч., 128,75 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		8	9
Общая трудоёмкость дисциплины	252	108	144
<i>Аудиторные занятия:</i>	112	48	64
Лекции (Л)	48	16	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	32	16	16
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	123,25	53,75	69,5
Подготовка к экзамену	15	0	15
Подготовка к зачету	10	10	0
Подготовка к практическим и лабораторным занятиям	98,25	43,75	54,5
Консультации и промежуточная аттестация	16,75	6,25	10,5
Вид 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	Летательные аппараты как объекты управления	10	6	4	0
2	Синтез систем управления летательными аппаратами на основе классических и современных методов теории автоматического управления	102	42	28	32

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Системы координат	1
2	1	Силы и моменты, действующие на летательный аппарат	1
3	1	Органы управления летательных аппаратов	1
4	1	Уравнения невозмущенного движения летательных аппаратов	1
5	1	Уравнения возмущенного движения летательных аппаратов	2
6	2	Структуры каналов систем управления летательными аппаратами	2
7	2	Уравнения движения в пространстве состояний	5
8	2	Модальное управление при полной информации о векторе состояния	2
9	2	Выбор распределения корней характеристического уравнения	1
10	2	Управляемость и наблюдаемость. Критерии управляемости и наблюдаемости	2
11	2	Асимптотический идентификатор состояния полного порядка в канонической управляемой форме	4
12	2	Каноническая идентификационная форма	4
13	2	Переход от канонической идентификационной формы к канонической управляемой форме	2
14	2	Асимптотический идентификатор состояния в канонической идентификационной форме	4
15	2	Идентификатор состояния Люенбергера	6
16	2	Расширение пространства состояния подключением дополнительных динамических звеньев	6
17	2	Использование принципа подчиненного регулирования в многоконтурных системах управления	4

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Получение уравнений возмущенного бокового движения и рыскания летательного аппарата	4
2	2	Представление объектов управления в пространстве состояния	6
3	2	Выбор корней характеристического уравнения для модального регулятора при полной информации о векторе состояния	2
4	2	Синтез модального регулятора при полной информации о векторе состояния	4
5	2	Синтез системы с модальным регулятором и асимптотическим идентификатором состояния в канонической управляемой форме	4
6	2	Синтез системы с модальным регулятором и асимптотическим идентификатором состояния в канонической идентификационной форме	4
7	2	Синтез системы с модальным регулятором и идентификатором Люенбергера	4
8	2	Синтез системы с модальным регулятором и дополнительными динамическими звеньями	4

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	2	Проверка правильности выбора распределения корней характеристического	0

		уравнения путем моделирования. Уточнение распределения корней.	
2	2	Моделирование системы с модальным регулятором при полной информации о векторе состояния. Занятие № 1	6
3	2	Моделирование системы с модальным регулятором при полной информации о векторе состояния. Занятие № 2	6
4	2	Моделирование системы с модальным регулятором и асимптотическим идентификатором состояния в канонической управляемой форме	4
5	2	Моделирование системы с модальным регулятором и асимптотическим идентификатором состояния в канонической идентификационной форме	4
6	2	Моделирование системы с модальным регулятором и идентификатором Люенбергера	6
7	2	Синтез системы с модальным регулятором и дополнительными динамическими звеньями	6

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 экзамену	1. Сихарулидзе, Ю. Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов : учебное пособие / Ю. Г. Сихарулидзе. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. - С. 1-61, 64-115. 2. Синтез систем автоматического управления методом модального управления : учебное пособие / В. В. Григорьев, Н. В. Журавлёва, Г. В. Лукьянова, К. А. Сергеев. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2007. - С. 9-48, 101-131. 3. Чернецкий, В.О. Модальное управление в следящих системах : учеб. пособие по направлению "Системы упр. движением и навигация" и др. / В. О. Чернецкий, В. Б. Садов. - Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2020. - С. 3-51	9	15
Подготовка к зачету	1. Сихарулидзе, Ю. Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов : учебное пособие / Ю. Г. Сихарулидзе. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. - С. 1-61, 64-115. 2. Чернецкий, В.О. Модальное управление в следящих системах : учеб. пособие по направлению "Системы упр. движением и навигация" и др. / В. О. Чернецкий, В. Б. Садов. - Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2020. - С. 3-51	8	10
Подготовка к практическим и лабораторным занятиям	1. Синтез систем автоматического управления методом модального управления : учебное пособие / В. В. Григорьев, Н. В. Журавлёва, Г. В. Лукьянова, К. А. Сергеев. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2007. - сС 9-48, 101-131. 2. Чернецкий, В.О. Модальное	9	54,5

	управление в следящих системах : учеб. пособие по направлению "Системы упр. движением и навигация" и др. / В. О. Чернецкий, В. Б. Садов. - Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2020. - С. 17-44		
Подготовка к практическим и лабораторным занятиям	1. Сихарулидзе, Ю. Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов : учебное пособие / Ю. Г. Сихарулидзе. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. - С. 1-61, 64-115. 2. Чернецкий, В.О. Модальное управление в следящих системах : учеб. пособие по направлению "Системы упр. движением и навигация" и др. / В. О. Чернецкий, В. Б. Садов. - Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2020. - С. 3-17, 45-51	8	43,75

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	Учитывается в ПА
1	8	Текущий контроль	Выполнение задания № 1 (1 семестр)	1	4	Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задается 1 вопрос). При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - содержание работы соответствует заданию – 1 балл; - выводы логичны и обоснованы – 1 балл; - оформление работы соответствует требованиям – 1 балл; - правильный ответ на вопрос – 1 балл. Максимальный балл – 4. Весовой коэффициент мероприятия – 1.	зачет
2	8	Текущий контроль	Выполнение задания № 2 (1 семестр)	1	4	Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность	зачет

						<p>выводов и ответы на вопросы (задается 1 вопрос). При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - содержание работы соответствует заданию – 1 балл; - выводы логичны и обоснованы – 1 балл; - оформление работы соответствует требованиям – 1 балл; - правильный ответ на вопрос – 1 балл. Максимальный балл – 4. Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>	
3	8	Текущий контроль	Выполнение задания № 3 (1 семестр)	1	4	<p>Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задается 1 вопрос). При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - содержание работы соответствует заданию – 1 балл; - выводы логичны и обоснованы – 1 балл; - оформление работы соответствует требованиям – 1 балл; - правильный ответ на вопрос – 1 балл. Максимальный балл – 4. Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>	зачет
4	8	Текущий контроль	Выполнение задания № 4 (1 семестр)	1	4	<p>Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задается 1 вопрос). При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - содержание работы соответствует заданию – 1 балл; - выводы логичны и обоснованы – 1 балл; - оформление работы соответствует</p>	зачет

						<p>требованиям – 1 балл; - правильный ответ на вопрос – 1 балл. Максимальный балл – 4. Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>	
5	8	Промежуточная аттестация	Зачетная работа	-	10	<p>Зачетная работа проводится в письменной форме. Студенту задается 2 вопроса, на которые он должен дать развернутые ответы. Ответы на вопросы оцениваются по пятибалльной системе: Правильные ответы на вопросы оцениваются в 5 баллов. Правильные ответы на вопросы с незначительными неточностями или упущениями соответствуют 4 баллам. Правильные ответы с незначительными ошибками оцениваются в 3 балла. Правильные ответы с ошибками соответствуют 2 баллам. Правильные ответы с грубыми ошибками оцениваются в 1 балл. Неправильные ответы на вопросы соответствуют 0 баллам. Максимально количество баллов – 10.</p>	зачет
6	9	Текущий контроль	Выполнение задания № 1 (2 семестр)	1	4	<p>Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задается 1 вопрос). При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - содержание работы соответствует заданию – 1 балл; - выводы логичны и обоснованы – 1 балл; - оформление работы соответствует требованиям – 1 балл; - правильный ответ на вопрос – 1 балл. Максимальный балл – 4. Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>	экзамен
7	9	Текущий контроль	Выполнение задания № 2 (2 семестр)	1	4	<p>Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задается 1 вопрос). При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Общий балл при оценке складывается</p>	экзамен

						из следующих показателей: - содержание работы соответствует заданию – 1 балл; - выводы логичны и обоснованы – 1 балл; - оформление работы соответствует требованиям – 1 балл; - правильный ответ на вопрос – 1 балл. Максимальный балл – 4. Весовой коэффициент мероприятия – 1.	
8	9	Текущий контроль	Выполнение задания № 3 (2 семестр)	1	4	Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задается 1 вопрос). При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - содержание работы соответствует заданию – 1 балл; - выводы логичны и обоснованы – 1 балл; - оформление работы соответствует требованиям – 1 балл; - правильный ответ на вопрос – 1 балл. Максимальный балл – 4. Весовой коэффициент мероприятия – 1.	экзамен
9	9	Текущий контроль	Выполнение задания № 4 (2 семестр)	1	4	Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задается 1 вопрос). При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - содержание работы соответствует заданию – 1 балл; - выводы логичны и обоснованы – 1 балл; - оформление работы соответствует требованиям – 1 балл; - правильный ответ на вопрос – 1 балл. Максимальный балл – 4. Весовой коэффициент мероприятия – 1.	экзамен
10	9	Промежуточная аттестация	Экзаменационная работа	-	15	Экзаменационная работа проводится в письменной форме. Студенту задается 3 вопроса, позволяющих оценить сформированность компетенций. На	экзамен

		издательства Лань	— URL: https://e.lanbook.com/book/106331
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Дмитриевский, А. А. Внешняя баллистика : учебник / А. А. Дмитриевский, Лысенко. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 2007. — 200 с. — ISBN 5-217-03252-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/767
3	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Сихарулидзе, Ю. Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов : учебное пособие / Ю. Г. Сихарулидзе. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2007. — 410 с. — ISBN 978-5-00101-663-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/767
4	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Синтез систем автоматического управления методом модального управления : учебное пособие / В. В. Григорьев, Н. В. Журавлёва, Г. В. Лукьянова, К. В. Сергеев. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2007. — 108 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/43643
5	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Микрин, Е. А. Бортовые комплексы управления космических аппаратов : учебное пособие / Е. А. Микрин. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2014. — 245 с. — ISBN 978-5-7038-3983-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/106274
6	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Микрин, Е. А. Введение в механику полета и управление космическими аппаратами : учебник / Е. А. Микрин, Ф. В. Звягин. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2020. — 566 с. — ISBN 978-5-7038-5276-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/172728
7	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Деменков, Н. П. Управление в технических системах : учебное пособие / Н. П. Деменков, Е. А. Микрин. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2017. — 452 с. — ISBN 978-5-7038-4661-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/106397
8	Дополнительная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Чернецкий, В.О. Модальное управление в следящих системах : учеб. пособие по направлению "Системы упр. движением и навигация" и др. / В. О. Чернецкий, Б. Садов. - Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2020. - 52 С. - URL: https://lib.susu.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000568300&dtype=F&

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Math Works-MATLAB (Simulink R2008a, SYMBOLIC MATH)(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
Лабораторные занятия	629 (3б)	ЭВМ с системой "Персональный Виртуальный Компьютер" (ЮУрГУ) для доступа к MATLAB