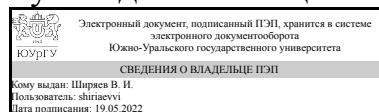


УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель специальности



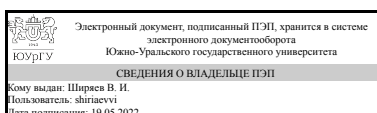
В. И. Ширяев

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.23 Дискретные системы автоматического управления  
для специальности 24.05.06 Системы управления летательными аппаратами  
уровень Специалитет  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Системы автоматического управления

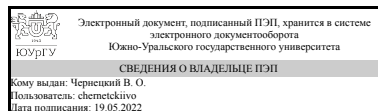
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.06 Системы управления летательными аппаратами, утверждённым приказом Минобрнауки от 04.08.2020 № 874

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 дискретных систем автоматического управления. Задачи дисциплины 1. Изучение методов математического описания и анализа дискретных систем автоматического управления 2. Изучение методов синтеза дискретных систем автоматического управления 3. Изучение методов моделирования дискретных систем автоматического управления

### Краткое содержание дисциплины

Общие сведения о цифровых и импульсных САУ. Эквивалентные расчетные схемы элементов дискретного действия (импульсные элементы, АЦП, ЦАП, ЦВУ). Расчетные структурные схемы дискретных САУ и способы их получения. Математические модели дискретных сигналов и описание их преобразований во временной области. Линейные дискретные динамические звенья (ДДЗ) и их временные характеристики. Описание преобразований дискретных сигналов в комплексной области: дискретные операционные преобразования, их виды и применения, передаточные функции ДДЗ. Описание дискретных сигналов и звеньев методами частотной области: частотные (псевдочастотные) спектры и характеристики ДДЗ. Устойчивость ДСАУ. Методы ее исследования и обеспечения. Качество ДСАУ: понятия, методы исследования и обеспечения. Методы расчета и реализации корректирующих устройств для ДСАУ. Математические модели дискретных СУ в пространстве состояний. Задача о размещении полюсов (модальное управление).

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

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-5 Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач	Знает: методы моделирования технических объектов на основе дифференциальных уравнений; методы z-преобразований; методы анализа дискретных систем на основе передаточных функций Умеет: моделировать дискретные системы управления; применять z-преобразования для многомерных дискретных систем; применять методы анализа дискретных систем на основе передаточных функций Имеет практический опыт: применения методов z-преобразования для многомерных дискретных систем, методов анализа дискретных систем на основе передаточных функций

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.12 Теоретическая механика,	ФД.03 Методы и средства моделирования систем

1.О.18 Теоретические основы электротехники, 1.О.32 Моделирование динамических систем, 1.О.28 Механика полета, 1.О.13 Сопротивление материалов, 1.О.19 Материаловедение и технология конструкционных материалов, 1.О.29 Формализация информационных представлений и преобразований, 1.О.30 Математические основы теории управления	управления с элементами искусственного интеллекта
--	--

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

Дисциплина	Требования
1.О.19 Материаловедение и технология конструкционных материалов	Знает: маркировку, основные эксплуатационные свойства конструкционных материалов Умеет: составлять перечень материалов при серийном производстве образцов новой техники Имеет практический опыт: выбора конструкционных материалов при производстве деталей, узлов и приборов в зависимости от условий эксплуатации и требований, предъявляемых к изделию
1.О.18 Теоретические основы электротехники	Знает: возможности применения электротехнических устройств в большинстве промышленных производственных процессов в качестве наиболее гибких из известных способов поставки энергоносителя к технологическому процессу; допустимые пределы поставок электроэнергии при ограничении по пробивному напряжению и по напряженности магнитного поля; возможности преобразования энергии электромагнитного поля в высокотемпературные поля, в механическую энергию, в электрохимические процессы, основные методы расчетов электрических цепей при стационарных режимах постоянного тока, синусоидального тока, при периодических несинусоидальных токах; критерии оптимальных условий передачи мощностей и энергии между различными частями электрической цепи; способы исследования нестационарных режимов электрических цепей и способы оптимизации их с точки зрения аварийных значений параметров состояния Умеет: применять теоретические знания свойств электромагнитного поля и электрических цепей в проектировании сложных промышленных электротехнических устройств; оценивать уровень реализации практического электротехнического устройства и возможности его совершенствования на основе самых современных представлений о способах использования электроэнергии, выполнять

	<p>расчет параметров состояния электрической цепи в стационарном режиме постоянного тока, синусоидального тока и при периодических несинусоидальных воздействиях; анализировать и получать количественные характеристики нестационарных режимов электрических цепей, их возможные аварийные характеристики; уклонять электрическую цепь от крайних и экстремальных параметров состояния Имеет практический опыт: применения методов теоретического анализа сложных электротехнических устройств и цепей; приемов оптимизации имеющихся практических устройств электротехники: приемов конкурентного сравнения различных вариантов использования электроэнергии и приемов количественного представления всех свойств проектируемых электротехнических устройств, применения методов дискуссионного отстаивания своих вариантов решения технической задачи в электротехнике; обоснования технической и экономической целесообразности собственных технических решений</p>
<p>1.О.30 Математические основы теории управления</p>	<p>Знает: теорию матричного исчисления, линейные пространства и линейные преобразования, евклидовы пространства и квадратичные формы, алгоритмы построения функций матриц и их свойства; теорему существования и единственности решения для нормальной системы дифференциальных уравнений, методы решения систем линейных дифференциальных уравнений; теорему об управляемости объекта, методики составления дифференциальных уравнений подвижных объектов, метод пространства состояний в теории систем, понятие устойчивости движения, методику исследования устойчивости систем по первому приближению и вторым методом Ляпунова; критерии управляемости и наблюдаемости линейных систем, теорему о необходимых условиях оптимальности; принцип максимума Понтрягина Умеет: выполнять различные операции с множествами (арифметические операции, нахождение расстояния между множествами, нахождение образа множества); находить опорные функции различных множеств и их пересечений, находить положения равновесия, определять их характер и изображать фазовые траектории линеаризованных систем в окрестности положений равновесия для автономных систем; исследовать устойчивость положений равновесия с помощью системы первого приближения и вторым методом Ляпунова Имеет практический опыт: применения методик исследования</p>

	<p>движения управляемых объектов, применения принципа максимума Понтрягина, применения методики синтеза оптимального управления для линейной задачи быстродействия</p>
1.О.12 Теоретическая механика	<p>Знает: модели, законы, принципы теоретической механики для применения их в профессиональной деятельности Умеет: применять законы механики, составлять математические модели, решающие задачи механики Имеет практический опыт: решения математических моделей, решающих задачи механики</p>
1.О.29 Формализация информационных представлений и преобразований	<p>Знает: базовые положения дискретной математики для формального представления информационных объектов и процессов; способы их параметризации Умеет: использовать и обосновывать применяемые базовые положения дискретной математики для формального представления информационных объектов и процессов, способы их параметризации Имеет практический опыт: применения базовых положений дискретной математики для формального описания информационных объектов</p>
1.О.32 Моделирование динамических систем	<p>Знает: методы описания динамических систем, объектов и процессов с использованием программных средств моделирования, методы программирования нелинейных нестационарных динамических систем, способы разработки графического интерфейса пользователя с использованием средств моделирования систем Умеет: выполнять построение моделей динамических систем, объектов и процессов в программных продуктах моделирования систем, программировать нестационарные нелинейные динамические системы и разрабатывать графический интерфейс пользователя в средствах моделирования систем Имеет практический опыт: моделирования нелинейных нестационарных динамических систем, объектов и процессов в программных продуктах, разработки программ с графическим интерфейсом пользователя для решения задач профессиональной деятельности в средствах моделирования систем</p>
1.О.28 Механика полета	<p>Знает: основные положения механики, системы координат, уравнения движения летательных аппаратов, методы построения математических моделей движения летательных аппаратов Умеет: применять математический аппарат разделов механики полета для проведения фундаментальных исследований в области систем управления движением летательных аппаратов, применять методы построения математических моделей движения летательных аппаратов Имеет практический опыт:</p>

	применения математических моделей летательных аппаратов в различных условиях полета, разработки математических моделей движения летательных аппаратов
1.О.13 Соппротивление материалов	Знает: методы механического и математического моделирования типовых элементов машин и конструкций; общие принципы и методы инженерных расчетов типовых элементов машин и конструкций на прочность, основные принципы сопротивления материалов, классификацию видов нагружения стержня, механические характеристики материалов Умеет: выполнять расчеты на прочность типовых элементов, моделируемых с помощью стержня при простых видах нагружения, разрабатывать расчетные модели типовых элементов конструкций Имеет практический опыт: навыками решения практических задач расчета на прочность типовых элементов машин и конструкций, разработки расчетных моделей типовых элементов конструкций

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 74,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144	
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	64	
Лекции (Л)	32	32	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	69,5	69,5	
с применением дистанционных образовательных технологий	0		
Подготовка к экзамену	19,5	19,5	
Выполнение индивидуального задания	50	50	
Консультации и промежуточная аттестация	10,5	10,5	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Общие сведения о дискретных (цифровых) САУ.	2	2	0	0

2	Эквивалентные расчетные схемы элементов и устройств дискретного действия	4	4	0	0
3	Расчетные структурные схемы типовых ДСАР и способы их получения	8	4	4	0
4	Математические модели дискретных сигналов и описание их преобразований во временной области	8	4	4	0
5	Описание преобразований дискретных сигналов в комплексной и в частотной областях	8	4	4	0
6	Устойчивость ДСАУ и методы ее исследования и обеспечения	8	2	6	0
7	Качество ДСАУ, методы его исследования и обеспечения	2	2	0	0
8	Методы расчета и реализации корректирующих устройств в цифровых САУ	8	2	6	0
9	Математические модели ДСУ в пространстве состояний	8	4	4	0
10	Методы модального управления. Задача о размещении полюсов	8	4	4	0

## 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Общие сведения о дискретных (цифровых) САУ	2
2	2	Эквивалентные расчетные схемы элементов и устройств дискретного действия	4
3	3	Расчетные структурные схемы типовых ДСАР и способы их получения	4
4	4	Математические модели дискретных сигналов и описание их преобразований во временной области	4
5	5	Описание преобразований дискретных сигналов в комплексной и в частотной областях	4
6	6	Устойчивость ДСАУ и методы ее исследования и обеспечения	2
7	7	Качество ДСАУ, методы его исследования и обеспечения	2
8	8	Методы расчета и реализации корректирующих устройств в цифровых САУ	2
9	9	Математические модели ДСУ в пространстве состояний	4
10	10	Методы модального управления. Задача о размещении полюсов	4

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	3	Расчетные структурные схе-мы типовых ДСАР и способы их получения	4
2	4	Математические модели дискретных сигналов и описание их преобразований во временной области	4
3	5	Описание преобразований дискретных сигналов в комплексной и в частотной областях	4
4	6	Устойчивость ДСАУ и методы ее исследования и обеспечения	6
5	8	Методы расчета и реализации корректирующих устройств в цифровых САУ	6
6	9	Математические модели ДСУ в пространстве состояний	4
7	10	Методы модального управления. Задача о размещении полюсов	4

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 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. Деменков, Н. П. Управление в технических системах : учебное пособие / Н. П. Деменков, Е. А. Микрин. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2017. — С. 90-309. 2. Шапкарина, Г. Г. Основы цифрового управления. Основные понятия и описание цифровых систем управления : учебное пособие / Г. Г. Шапкарина. — Москва : МИСИС, [б. г.]. — Часть 1 — 2009. — С. 6-53. 3. Шапкарина, Г. Г. Основы цифрового управления : учебно-методическое пособие / Г. Г. Шапкарина. — Москва : МИСИС, 2009 — Часть 2 : Анализ и синтез цифровых систем управления — 2009. — С. 5-141	7	19,5
Выполнение индивидуального задания	1. Деменков, Н. П. Управление в технических системах : учебное пособие / Н. П. Деменков, Е. А. Микрин. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2017. - С. 291-299. 2. Шапкарина, Г. Г. Основы цифрового управления : учебно-методическое пособие / Г. Г. Шапкарина. — Москва : МИСИС, 2009 — Часть 2 : Анализ и синтез цифровых систем управления — 2009. - С. 6-141	7	50

### 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	7	Текущий контроль	Защита отчета по индивидуальному заданию	1	5	За две недели до окончания семестра студент сдает отчет на проверку. Преподаватель проверяет отчет и допускает студента к защите. На защиту студент предоставляет: 1. Отчет	экзамен



						<p>в отпечатанном виде, содержащий описание разработки и соответствующие иллюстрации. На защите студент коротко (3-5 мин.) докладывает об основных проектных решениях, принятых в процессе разработки, и отвечает на вопросы. Преподаватель на основе представленной работы и полученных ответов выставляет оценку.</p> <p>Выполненная работа оценивается по пятибалльной системе:</p> <p>5 баллов за высокий уровень выполнения работы и исчерпывающие ответы на задаваемые вопросы.</p> <p>4 балла за уровень выполнения работы выше среднего и правильные, но не развернутые ответы на задаваемые вопросы.</p> <p>3 балла за уровень выполнения работы выше среднего и ответы на задаваемые вопросы с упущениями и неточностями.</p> <p>2 балла за средний уровень выполнения работы и ответы на задаваемые вопросы с ошибками.</p> <p>1 балл за низкий уровень выполнения работы и ответы на задаваемые вопросы с грубыми ошибками.</p> <p>0 баллов за грубые ошибки при выполнении работы и недостаточный уровень понимания материала.</p> <p>Максимальный балл – 5. Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>	
2	7	Текущий контроль	Контрольная работа № 1	1	10	<p>Студенту выдается задание, содержащее 2 вопроса. Время на выполнение - 1 час. Каждый правильный ответ оценивается в 5 баллов.</p> <p>Максимальное количество баллов - 10.</p> <p>Весовой коэффициент мероприятия - 1.</p>	экзамен
3	7	Текущий контроль	Контрольная работа № 2	1	10	<p>Студенту выдается задание, содержащее 2 вопроса. Время на выполнение - 1 час. Каждый правильный ответ оценивается в 5 баллов.</p> <p>Максимальное количество баллов - 10.</p> <p>Весовой коэффициент мероприятия - 1.</p>	экзамен
4	7	Промежуточная аттестация	Экзаменационная работа	-	15	<p>Экзаменационная работа проводится в письменной форме. Студенту задается 3 вопроса, позволяющих оценить сформированность компетенций. На ответы отводится 1 час. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов</p>	экзамен

					<p>учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).</p> <p>Ответ на каждый вопрос оценивается по 5-балльной системе:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– правильный ответ на вопрос оценивается в 5 баллов;</li> <li>– правильный ответ на вопрос с незначительными неточностями или упущениями соответствует 4 баллам;</li> <li>– правильный ответ с незначительными ошибками оценивается в 3 балла;</li> <li>– правильный ответ с ошибками соответствует 2 баллам;</li> <li>– правильный ответ с грубыми ошибками оценивается в 1 балл;</li> <li>– неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллам.</li> </ul> <p>Максимальное количество баллов – 15.</p>
--	--	--	--	--	---

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	На экзамене происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации. Рейтинг обучающегося по дисциплине может формироваться только по результатам текущего контроля. Студент может повысить рейтинг за счет прохождения контрольного мероприятия промежуточной аттестации.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ			
		1	2	3	4
ОПК-5	Знает: методы моделирования технических объектов на основе дифференциальных уравнений; методы z-преобразований; методы анализа дискретных систем на основе передаточных функций	+	+	+	+
ОПК-5	Умеет: моделировать дискретные системы управления; применять z-преобразования для многомерных дискретных систем; применять методы анализа дискретных систем на основе передаточных функций	+	+	+	+
ОПК-5	Имеет практический опыт: применения методов z-преобразования для многомерных дискретных систем, методов анализа дискретных систем на основе передаточных функций	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

## Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

Не предусмотрена

б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

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

1. Известия Академии наук. Теория и системы управления науч. журн. Рос. акад. наук, Отд-ние энергетики, машиностроения, механики и процессов управления, Гос. науч.-исслед. ин-т авиац. систем (ГосНИИАС) журнал. - М.: Наука, 1995-

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Методические указания для СРС при освоении дисциплины "Дискретные системы автоматического управления" (в локальной сети кафедры)

2. Методические указания по освоению дисциплины "Дискретные системы автоматического управления" (в локальной сети кафедры)

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Методические указания для СРС при освоении дисциплины "Дискретные системы автоматического управления" (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	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: <a href="https://e.lanbook.com/book/106397">https://e.lanbook.com/book/106397</a>
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Гайдук, А. Р. Анализ и аналитический синтез цифровых систем управления : монография / А. Р. Гайдук, Е. А. Плаксиенко. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 272 с. — ISBN 978-5-8114-2813-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/169201">https://e.lanbook.com/book/169201</a>
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Жежера, Н. И. Проектирование цифровых систем автоматического управления на основе теории z-преобразований : учебное пособие / Н. И. Жежера. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 244 с. — ISBN 978-5-9729-0549-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/192354">https://e.lanbook.com/book/192354</a>
4	Дополнительная	Электронно-	Емельянов, В. Ю. Теория управления : учебное пособие / В.

	литература	библиотечная система издательства Лань	Ю. Емельянов, А. Ю. Захаров, О. А. Мишина. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2019. — 113 с. — ISBN 978-5-907054-70-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/157058">https://e.lanbook.com/book/157058</a>
5	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Шапкарина, Г. Г. Основы цифрового управления. Основные понятия и описание цифровых систем управления : учебное пособие / Г. Г. Шапкарина. — Москва : МИСИС, [б. г.]. — Часть 1 — 2009. — 63 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/1856">https://e.lanbook.com/book/1856</a>
6	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Шапкарина, Г. Г. Основы цифрового управления : учебно-методическое пособие / Г. Г. Шапкарина. — Москва : МИСИС, 2009 — Часть 2 : Анализ и синтез цифровых систем управления — 2009. — 143 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/116701">https://e.lanbook.com/book/116701</a>
7	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Математические основы теории автоматического управления : учебное пособие : в 3 томах / В. А. Иванов, В. С. Медведев, Б. К. Чемоданов, А. С. Ющенко. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2006 — Том 2 — 2008. — 616 с. — ISBN 978-5-7038-3174-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/106310">https://e.lanbook.com/book/106310</a>

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
Практические занятия и семинары	629 (3б)	ЭВМ с системой "Персональный Виртуальный Компьютер" (ЮУрГУ) для доступа к MATLAB