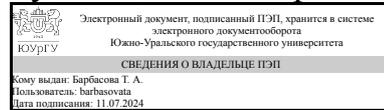


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель направления



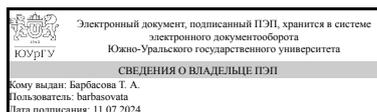
Т. А. Барбасова

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины ФД.02 Цифровые двойники  
для направления 27.03.04 Управление в технических системах  
уровень Бакалавриат  
форма обучения заочная  
кафедра-разработчик Автоматика и управление

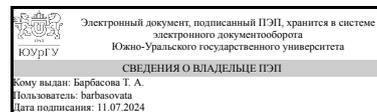
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 27.03.04 Управление в технических системах, утверждённым приказом Минобрнауки от 31.07.2020 № 871

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



Т. А. Барбасова

Разработчик программы,  
д.техн.н., доц., заведующий  
кафедрой



Т. А. Барбасова

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Цель дисциплины «Цифровые двойники» заключается в формировании у специалистов технических и научно обоснованных подходов к решению проблем, связанных с построением математических моделей технических и информационных систем и с дальнейшим использованием их для анализа и синтеза систем, с использованием моделирующих программ и комплексов для исследования полученных моделей. Задачи преподавания и изучения дисциплины состоят в овладении специалистами определенным объемом знаний, умений и навыков в области моделирования систем, в том числе знанием существующих классификаций моделей и видов моделирования; примеров моделей систем; основных положений теории подобия; этапов математического моделирования; принципов построения и основных требования к математическим моделям систем; целей и задач исследования математических моделей систем, общих схем разработки математических моделей; формализации процесса функционирования системы; понятия агрегативной модели; форм представления математических моделей; методов исследования математических моделей систем и процессов; имитационного моделирования; методов упрощения математических моделей; технических и программных средств моделирования; анализа и синтеза систем и средств управления; методов и средств автоматизация моделирования и испытаний электронных систем и средств управления; умением строить математические модели технических систем; разрабатывать регуляторы для управления объектами различной физической природы; анализировать и повышать качество функционирования систем автоматизации и управления; использовать математическое моделирование и системы автоматизированного проектирования при создании и совершенствовании систем автоматизации и управления; в приобретении навыков построения математических моделей технических систем, технологических процессов и производств как объектов автоматизации и управления; разработки математических моделей систем автоматизации и управления объектами различной физической природы; совершенствования методов моделирования, анализа и синтеза систем управления объектами различной природы; работы с существующими программами компьютерного моделирования систем.

### **Краткое содержание дисциплины**

Дисциплина "Цифровые двойники" включает изучение следующих вопросов: классификация моделей и виды моделирования; примеры моделей систем; основные положения теории подобия; этапы математического моделирования; принципы построения и основные требования к математическим моделям систем; цели и задачи исследования математических моделей систем; общая схема разработки математических моделей; формализация процесса функционирования системы; понятие агрегативной модели; формы представления математических моделей; методы исследования математических моделей систем и процессов; имитационное моделирование; методы упрощения математических моделей; технические и программные средства моделирования.

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

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-3 Способен осуществлять проектирование и разработку программно-технического обеспечения для АСУ ТП	Знает: как осуществлять проектирование и разработку программно-технического обеспечения для АСУ ТП с использованием цифровых двойников Умеет: выполнения работ в области проектирования и разработки программно-технического обеспечения для АСУ ТП с использованием цифровых двойников Имеет практический опыт: работ по проектированию и разработке программно-технического обеспечения для АСУ ТП с использованием цифровых двойников

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
ФД.01 Геоинформационные системы	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
ФД.01 Геоинформационные системы	Знает: как осуществлять проектирование и разработку программно-технического обеспечения для АСУ ТП с использованием геоинформационных систем Умеет: выполнять работы в области проектирования и разработки программно-технического обеспечения для АСУ ТП с использованием геоинформационных систем Имеет практический опыт: работы в области разработки программно-технического обеспечения для АСУ ТП с использованием геоинформационных систем

### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 18,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		8
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	12	12
Лекции (Л)	4	4
Практические занятия, семинары и (или) другие виды	8	8

аудиторных занятий (ПЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
Самостоятельная работа (СРС)	89,75	89,75
Выполнение РГР	45,75	23,75
Подготовка к контрольной работе	16	8
Подготовка к зачету	28	28
Консультации и промежуточная аттестация	6,25	6,25
Вид 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 сведения о цифровом моделировании технологических процессов	0,5	0,5	0	0
2	Представление технологических процессов в пространстве состояний	0,5	0,5	0	0
3	Представления процессов в линейных стационарных динамических системах	0,5	0,5	0	0
4	Представление процессов в фазовом пространстве	0,5	0,5	0	0
5	Физическая интерпретация технологических процессов	1	1	0	0
6	Моделирование термодинамических процессов. Моделирование сложных систем	9	1	8	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Общие сведения о цифровом моделировании технологических процессов	0,5
2	2	Представление технологических процессов в пространстве состояний	0,5
3	3	Представления процессов в линейных стационарных динамических системах	0,5
4	4	Представление процессов в фазовом пространстве	0,5
5	5	Физическая интерпретация технологических процессов	1
6	6	Моделирование термодинамических процессов. Моделирование сложных систем	1

### 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1.1	6	Введение. Моделирование СУ, математическая модель (ММСУ), определения. Примеры моделирования простых систем на ПК	0,5
1.2	6	Схемы и приемы моделирования линейных СУ по ДУ. Примеры моделирования простых систем на ПК по ДУ	0,5
2.1	6	Методы численного интегрирования ДУ. Изучение методов численного интегрирования ДУ Эйлера, трапеций и др.	0,5
2.2	6	Канонические формы моделей линейных СУ по ДУ. Проблемы при	0,5

		построении моделей линейных СУ по ДУ. Примеры моделирования простых систем на ПК по ДУ в канонических формах.	
3.1	6	Автоматизация моделирования СУ на ПК. Численное решение ДУ. Методы интегрирования ДУ. Примеры моделирования простых систем на ПК по ДУ. Изучение меню программ для качественного моделирования СУ на ПК.	0,5
3.2	6	Дискретные системы. Числовые последовательности. Примеры z-преобразований числовых последовательностей. Решение задач. Разностные уравнения. Описания дискретных сигналов, блоков и систем. Примеры.	0,5
4	6	Дискретные системы. Моделирование дискретных СУ. Моделирование дискретных СУ по разностному уравнению. Регистр сдвига. Примеры моделирования простых дискретных блоков и систем на ПК	1
5	6	Импульсные системы. Моделирование импульсных СУ. Примеры моделирования простых импульсных систем на ПК	1
6	6	Замкнутые импульсные системы. Моделирование импульсных СУ. Примеры моделирования замкнутых импульсных систем на ПК	1
7	6	Синтез импульсных систем. Моделирование импульсных СУ. Методы синтеза импульсных систем. Моделирование импульсных СУ с различными дискретными регуляторами.	1
8	6	Программы для моделирования СУ. Демонстрация программных продуктов для моделирования СУ	1

### 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
Выполнение РГР	Образовательный математический сайт Exponenta.ru [Электронный ресурс]. Компьютерный лабораторный практикум «Моделирование»; автор Бенькович Е.С. электрон. дан. – М.: Exponenta.ru, 2001. – Режим доступа <a href="http://rrc.dgu.ru/res/exponenta/soft/Others/mvs/stud2/8.asp.htm">http://rrc.dgu.ru/res/exponenta/soft/Others/mvs/stud2/8.asp.htm</a> , свободный. Загл. с экрана – Яз. рус. Дёч Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа и Z-преобразования / Пер. с 3-го немецкого издания. – 1971. – 288 с.	8	23,75
Подготовка к контрольной работе	Лазарев, Ю.Ф. Моделирование процессов и систем в MATLAB : учебный курс / Ю.Ф. Лазарев. – СПб. : Питер : Издательская группа ВНУ, 2005. – 512 с.	8	8
Подготовка к контрольной работе	Филлипс, Ч. Системы управления с обратной связью / Ч. Филлипс, Р. Харбор; пер. с англ. Б.И. Копылова. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001. – 616 с. Дорф, Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп; пер. с	8	8

	англ. Б.И. Копылова. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832 с.		
Выполнение РГР	Дьяконов, В.П. Vissim+Mathcad+Matlab. Визуальное математическое моделирование. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 384 с.	8	22
Подготовка к зачету	Программные средства для моделирования и анализа линейных систем автоматического управления: Учеб. пособ. / Ю.Э. Плешивцева, А.А. Казаков, А.Г. Мандра. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 123 с.: ил.	8	28

## 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-мestr	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	8	Текущий контроль	Контрольная точка 1	0,1	10	Начисляется 10 баллов при грамотном и точном выполнении задания ПЗ1 и ЛР1.	зачет
2	8	Текущий контроль	Контрольная точка 2	0,1	10	Начисляется 10 баллов при грамотном и точном выполнении задания ПЗ2 и ЛР2.	зачет
3	8	Текущий контроль	Контрольная точка 3	0,1	10	Начисляется 10 баллов при грамотном и точном выполнении задания ПЗ3 и ЛР3.	зачет
4	8	Текущий контроль	Контрольная точка 4	0,1	10	Начисляется 10 баллов при грамотном и точном выполнении задания ПЗ4 и ЛР4.	зачет
5	8	Текущий контроль	Контрольная точка 5	0,1	10	Начисляется 10 баллов при грамотном и точном выполнении задания ПЗ5 и ЛР5.	зачет
6	8	Текущий контроль	Контрольная точка 6	0,1	10	Начисляется 10 баллов при грамотном и точном выполнении задания ПЗ6 и ЛР6 .	зачет
7	8	Текущий контроль	Контрольная точка 8	0,1	10	Начисляется 10 баллов при грамотном и точном выполнении задания ПЗ7 и ЛР7.	зачет
8	8	Текущий контроль	Контрольная точка 9	0,1	10	Начисляется до 10 баллов при грамотном и точном выполнении задания ПЗ8 и ЛР8.	зачет
9	8	Промежуточная аттестация	зачет	-	40	Зачетная работа состоит из выполненных практических заданий. Каждое задание (ПЗ) оценивается: в 10 баллов, если оно решено полностью и правильно; и -1 балл, если задание решено с одной вычислительной ошибкой, -2 -3 и т.д.; в 0 баллов в случаях отсутствия отчета по ПЗ. Ответы на зачете оцениваются в 40 баллов. Максимальное возможное количество баллов	зачет

						за работу в семестре составляет 100 баллов.	
--	--	--	--	--	--	---	--

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	Зачетная работа состоит из защиты выполненных ПЗ. Каждое задание (ПЗ) оценивается: в 10 баллов, если оно решено полностью и правильно; и -1 балл, если задание решено с одной вычислительной ошибкой, -2 -3 и т.д.; в 0 баллов в случаях отсутствия отчета по ПЗ и ЛР. Ответы на зачете оцениваются в 40 баллов. Максимальное возможное количество баллов за работу в семестре составляет > 100 баллов.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
ПК-3	Знает: как осуществлять проектирование и разработку программно-технического обеспечения для АСУ ТП с использованием цифровых двойников	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-3	Умеет: выполнения работ в области проектирования и разработки программно-технического обеспечения для АСУ ТП с использованием цифровых двойников	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-3	Имеет практический опыт: работ по проектированию и разработке программно-технического обеспечения для АСУ ТП с использованием цифровых двойников	+	+	+	+	+	+	+	+	+

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:*

Не предусмотрены

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

1. Программные средства для моделирования и анализа линейных систем автоматического управления: Учеб. пособ. / Ю.Э. Плешивцева, А.А. Казаков, А.Г. Мандра. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 123 с.: ил.

2. Озеров, Л.А. О-466 Математическое моделирование систем управления: учебное пособие / Л.А. Озеров. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. — 69 с.

3. Озеров, Л.А. О-466 Математическое моделирование систем управления: учебное пособие по лабораторным работам / Л.А. Озеров. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. — 49 с.

4. Озеров, Л.А. (Шифр в библиотеке О-466) Моделирование систем управления: учебное пособие по лабораторным работам. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 51 с.

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

1. Озеров, Л.А. О-466 Математическое моделирование систем управления: учебное пособие по лабораторным работам / Л.А. Озеров. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. — 49 с.

2. Озеров, Л.А. (Шифр в библиотеке О-466) Моделирование систем управления: учебное пособие по лабораторным работам. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 51 с.

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Григорьев, В.В. Синтез систем автоматического управления методом модального управления. [Электронный ресурс] : Учебные пособия / В.В. Григорьев, Н.В. Журавлёва, Г.В. Лукьянова, К.А. Сергеев. — Электрон. дан. — СПб. : НИУ ИТМО, 2007. — 108 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/43643">http://e.lanbook.com/book/43643</a>
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Макаров, Ю.А. Методические указания к выполнению домашнего задания по курсам «Управление в технических системах» и «Основы теории управления». [Электронный ресурс] : Учебно-методические пособия — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. — 16 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/52140">http://e.lanbook.com/book/52140</a>
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Ощепков, А.Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB. [Электронный ресурс] : Учебные пособия — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 208 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/5849">http://e.lanbook.com/book/5849</a>
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Решмин, Б.И. Имитационное моделирование и системы управления. Учебно-практическое пособие. [Электронный ресурс] : Учебные пособия — Электрон. дан. — Вологда : "Инфра-Инженерия", 2016. — 74 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/80296">http://e.lanbook.com/book/80296</a>
5	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Музипов, Х.Н. Автоматизированное проектирование средств и систем управления. [Электронный ресурс] : Учебные пособия / Х.Н. Музипов, О.Н. Кузяков. — Электрон. дан. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2011. — 168 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/28311">http://e.lanbook.com/book/28311</a>
6	Методические пособия для самостоятельной	Электронно-библиотечная система	Ковалев, П.И. Введение в теорию моделирования систем управления. [Электронный ресурс] : Учебные пособия — Электрон. дан. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2014. — 68 с.

	работы студента	издательства Лань	— Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/64520">http://e.lanbook.com/book/64520</a>
7	Методические пособия для преподавателя	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Оськин, Д.А. Исследование систем автоматического управления: Учебное пособие. [Электронный ресурс] : Учебные пособия / Д.А. Оськин, В.Е. Маркин. — Электрон. дан. — Владивосток : МГУ им. адм. Г.И. Невельского, 2012. — 160 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/20149">http://e.lanbook.com/book/20149</a>
8	Методические пособия для преподавателя	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Шапкарин, А.В. Лабораторный практикум "Теория автоматического управления. Методы исследования нелинейных систем": учебное пособие для вузов. [Электронный ресурс] : Учебные пособия / А.В. Шапкарин, И.Г. Кулло. — Электрон. дан. — М. : НИЯУ МИФИ, 2012. — 92 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/75711">http://e.lanbook.com/book/75711</a>

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)
2. РСК Технологии-Система "Персональный виртуальный компьютер" (ПВК) (MS Windows, MS Office, открытое ПО)(бессрочно)
3. Visual Solution, Inc.-VisSim(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	705 (3б)	Видеопроектор, компьютер
Практические занятия и семинары	712 (3б)	Компьютеры, доска
Самостоятельная работа студента	712 (3б)	Компьютеры