МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе
_____ / О.В. Юсупова
"_____" _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.01.08 «Цифровые системы управления»

Код и направление подготовки (специальность)	27.03.04 Управление в технических системах
Направленность (профиль)	Управление и информатика в технических системах
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная
Год начала подготовки	2022
Институт / факультет	Институт автоматики и информационных технологий
Выпускающая кафедра	кафедра "Автоматика и управление в технических системах"
Кафедра-разработчик	кафедра "Автоматика и управление в технических системах"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	108 / 3
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Экзамен

Самара 2022

Б1.В.01.08 «Цифровые системы управления»

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) **27.03.04 Управление в технических системах**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от № 871 от 31.07.2020 и соответствующего учебного плана.

Разработчик РПД:

Профессор, доктор технических наук, профессор (должность, степень, ученое звание)	Б.К Чостковский (ФИО)
Заведующий кафедрой	С.А. Колпащиков, кандидат технических наук, доцент (ФИО, степень, ученое звание)

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методического совета факультета / института (или учебно-методической комиссии)	Я.Г Стельмах, кандидат педагогических наук (ФИО, степень, ученое звание)
Руководитель образовательной программы	А.Г. Мандра, кандидат технических наук, доцент (ФИО, степень, ученое звание)

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы 4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы 7
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся 7
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий 8
4.1 Содержание лекционных занятий 8
4.2 Содержание лабораторных занятий 9
4.3 Содержание практических занятий 11
4.4. Содержание самостоятельной работы 11
5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю) 12
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения 12
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем 13
8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) 13
9. Методические материалы 13
10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) 14

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Профессиональные компетенции			
Не предусмотрено	ПК-1 Способен разрабатывать математическое обеспечение автоматизированных систем на основе профильных разделов математики, физики, информатики, методов системного и функционального анализа, теории управления	ПК-1.1 Формулирует общие принципы построения моделей технологических объектов и систем управления, способы их упрощения, методы анализа математических моделей систем управления	Владеть методами анализа математических моделей систем управления
			Знать общие принципы построения моделей технологических объектов
			Уметь выбирать способы упрощения математических моделей технологических объектов и систем управления
		ПК-1.10 Использует методы расчета настроек корректирующих и регулирующих устройств в системах автоматического управления	Владеть методами анализа показателей качества переходных процессов систем управления
			Знать методы расчета настроек корректирующих и регулирующих устройств в системах автоматического управления
			Уметь осуществлять выбор структуры регулирующих устройств и метода расчета их настроек в системах автоматического управления
		ПК-1.11 Осуществляет моделирование, анализ, синтез и оптимизацию систем	Владеть Навыками оптимизации систем управления

			Знать методы анализа и синтеза систем управления
			Уметь осуществлять математическое моделирование систем управления
		ПК-1.12 Демонстрирует навыки разработки адекватных моделей	Владеть навыками разработки адекватных моделей
			Знать критерии адекватности математической модели
			Уметь осуществлять верификацию модели
		ПК-1.2 Использует аналитические и экспериментальные методы математического описания систем управления, методы обработки экспериментальных данных	Владеть методами обработки экспериментальных данных
			Знать методы описания систем управления
			Уметь осуществлять математическое описание систем управления аналитическими и экспериментальными методами
		ПК-1.3 Применяет методы определения устойчивости, переходных процессов и показателей качества динамических систем	Владеть навыками оценки качества переходного процесса по типовым показателям
			Знать критерии устойчивости систем управления
			Уметь оценивать устойчивость динамических систем
		ПК-1.4 Применяет методы анализа и синтеза систем автоматического управления, корректирующих и регулирующих устройств в САУ	Владеть методами анализа и синтеза систем автоматического управления
			Знать типовые варианты корректирующих и регулирующих устройств
			Уметь осуществлять выбор корректирующего устройства

		ПК-1.5 Разрабатывает или выбирает математическую модель системы управления или ее компонентов, выбрать целесообразные методы анализа и программные средства для их реализации	Владеть методами идентификации математических моделей
			Знать типовые динамические звенья и их переходную характеристику
			Уметь осуществлять выбор программных средства для математического моделирования
		ПК-1.6 Составляет математические модели объектов управления	Владеть методами разработки моделей систем управления
			Знать основные принципы теории автоматического управления
			Уметь осуществлять математическое моделирование систем управления
		ПК-1.7 Обосновывает выбор структурной схемы системы управления	Владеть навыками разработки структурных схем
			Знать способы соединения элементарных динамических звеньев
			Уметь проектировать структурные схемы системы управления
		ПК-1.8 Производит структурные преобразования многоконтурных систем	Владеть навыками построения структурных схем
			Знать основные положения теории автоматического управления
			Уметь осуществлять эквивалентные преобразования структурных схем
	ПК-2 Способен разрабатывать информационное обеспечение автоматизированных систем управления	ПК-2.1 Демонстрирует владение современными тенденциями развития вычислительной техники, информационных технологий, программного обеспечения	Владеть навыками работы с современным программным обеспечением для решения актуальных задач специальности
			Знать знать современные направления развития вычислительной техники

			Уметь ориентироваться в современных направлениях развития информационных технологий

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы: **часть, формируемая участниками образовательных отношений**

Код компетенции	Предшествующие дисциплины	Параллельно осваиваемые дисциплины	Последующие дисциплины
ПК-1	Интеллектуальное управление роботами; Математические основы теории систем; Структуры и алгоритмы обработки данных	Методы обработки экспериментальных данных; Структуры и алгоритмы обработки данных	Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы; Информационное обеспечение систем управления; Машинное обучение и обработка больших объемов данных; Методы оптимизации; Производственная практика: преддипломная практика; Производственная практика: технологическая (производственно-технологическая) практика; Теоретические основы кибернетики; Типовые регуляторы промышленной автоматики
ПК-2	Интеллектуальное управление роботами; Математические основы теории систем	Программные средства обработки структурированных данных; Системы управления базами данных	Автоматизированные информационно-управляющие системы; Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы; Информационное обеспечение систем управления; Информационные сети и телекоммуникации; Методы оптимизации; Основы теории передачи сигналов; Производственная практика: преддипломная практика; Производственная практика: технологическая (производственно-технологическая) практика; Теоретические основы кибернетики

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов / часов в электронной форме	5 семестр часов / часов в электронной форме

Аудиторная контактная работа (всего), в том числе:	48	48
Лабораторные работы	32	32
Лекции	16	16
Внеаудиторная контактная работа, КСР	3	3
Самостоятельная работа (всего), в том числе:	30	30
подготовка к лабораторным работам	18	18
подготовка к лекциям	12	12
Контроль	27	27
Итого: час	108	108
Итого: з.е.	3	3

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы				
		ЛЗ	ЛР	ПЗ	СРС	Всего часов
1	Дискретные модели объектов и воздействий	6	8	0	10	24
2	Алгоритмизация и анализ цифровых систем управления	6	16	0	10	32
3	Реализация ЦСУ, её моделирование и настройка.	4	8	0	10	22
	КСР	0	0	0	0	3
	Контроль	0	0	0	0	27
	Итого	16	32	0	30	108

4.1 Содержание лекционных занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема лекции	Содержание лекции (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
5 семестр				
1	Дискретные модели объектов и воздействий	Тема 1.1. Цели и задачи курса. Тема 1.2. Методы построения дискретных моделей объектов управления.	Тема 1.1. Квантование по уровню и времени в цифровых системах управления (ЦСУ). z - преобразование. Экстраполятор нулевого порядка. Тема 1.2. Сумма свёртки. Дискретно-совпадающей передаточной функции. Использование таблиц z-преобразований.	2

2	Дискретные модели объектов и воздействий	Тема 1.3. Аппроксимация непрерывных передаточных функций эквивалентными дискретными.	МНК-модель объекта. Свойства дискретных передаточных функций. Их упрощение. Физическая реализация дискретной системы.	2
3	Дискретные модели объектов и воздействий	Тема 1.4. Дискретные модели случайных воздействий ЦСУ.	Дискретный белый шум. Стохастические разностные уравнения и их решение. Авторегрессионный процесс. Процесс со скользящим средним. Формирующий фильтр как параметрическая модель возмущающего воздействия ЦСУ.	2
4	Алгоритмизация и анализ цифровых систем управления	Тема 2.1. Проектирование и виды цифровых регуляторов.	Параметрически и структурно-оптимизируемые регуляторы. Дискретное представление ПИД-регуляторов. Обобщённый линейный алгоритм управления. Алгоритм управления второго порядка и его настройка.	2
5	Алгоритмизация и анализ цифровых систем управления	Тема 2.2. Апериодический регулятор для систем без запаздывания и с запаздыванием.	Апериодический регулятор для систем без запаздывания и с запаздыванием.	2
6	Алгоритмизация и анализ цифровых систем управления	Тема 2.3. Цифровой регулятор с минимальной обобщённой дисперсией.	Статистические характеристики ЦСУ. Эквивалентная схема входного и выходного преобразователей.	2
7	Реализация ЦСУ, её моделирование и настройка.	Тема 3.1. Способы управления исполнительными устройствами в ЦСУ.	Типы исполнительных устройств и особенности управления ими. Эффекты квантования по уровню.	2
8	Реализация ЦСУ, её моделирование и настройка.	Тема 3.1. Способы управления исполнительными устройствами в ЦСУ. Типы	Функциональна и структурная схема ЦСУ. Анализ эффективности ЦСУ.	2
			Итого за семестр:	**16**
			Итого:	**16**

4.2 Содержание лабораторных занятий

№ занятия	**Наименование раздела**	**Тема лабораторного занятия**	**Содержание лабораторного занятия** (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	**Количество часов / часов в электронной форме**
5 семестр				
1	Дискретные модели объектов и воздействий	Изучение программной среды MATLAB Simulink	Создание модели непрерывного объекта управления	2

2	Дискретные модели объектов и воздействий	Изучение программной среды MATLAB Simulink	Имитационное моделирование и регистрация кривой разгона непрерывного объекта управления	2
3	Дискретные модели объектов и воздействий	Имитационное моделирование объекта управления с возмущающим воздействием и регистрация возмущающего воздействия с заданной корреляционной функцией	Создание Simulink-модели объекта управления с возмущающим воздействием. Получение графика белого шума и его корреляционной функции	2
4	Дискретные модели объектов и воздействий	Имитационное моделирование объекта управления с возмущающим воздействием и регистрация возмущающего воздействия с заданной корреляционной функцией	Получение графика окрашенного шума и его корреляционной функции. Сравнение полученных графиков корреляционных функций и графиков окрашенного и белого шумов. (Контрольная точка 1)	2
5	Алгоритмизация и анализ цифровых систем управления	Дискретизация пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора	Создание Simulink-модели объекта управления с ПИД-регулятором	2
6	Алгоритмизация и анализ цифровых систем управления	Дискретизация пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора	Настройка ПИД-регулятора. Оптимальная настройка системы	2
7	Алгоритмизация и анализ цифровых систем управления	Параметрическая настройка цифрового обобщённого линейного регулятора	Построение переходных процессов САУ с цифровым ПИД-регулятором и сравнение их с переходными процессами непрерывной системы	2
8	Алгоритмизация и анализ цифровых систем управления	Параметрическая настройка цифрового обобщённого линейного регулятора	Оптимальная настройка системы по критерию оптимальности. (Контрольная точка 2)	2
9	Алгоритмизация и анализ цифровых систем управления	Исследование управляемой системы с цифровым регулятором с минимальной обобщённой дисперсией	Переход от заданного вида корреляционной функции возмущающего воздействия к его спектральной плотности. Методом расщепления спектральной плотности возмущающего воздействия построение его параметрической модели в виде формирующего фильтра	2
10	Алгоритмизация и анализ цифровых систем управления	Исследование управляемой системы с цифровым регулятором с минимальной обобщённой дисперсией	Синтез передаточной функции регулятора обеспечивающего минимум дисперсии ошибки системы. Оптимальная настройка системы	2
11	Алгоритмизация и анализ цифровых систем управления	Исследование ЦСУ с апериодическим регулятором	Расчет дискретной передаточной функции апериодического регулятора. Регистрация управляемого и возмущенного процессов системы	2
12	Алгоритмизация и анализ цифровых систем управления	Исследование ЦСУ с цифровыми регуляторами компенсационного типа	Расчет дискретной передаточной функции цифрового регулятора компенсационного типа. Регистрация управляемого и возмущенного процессов системы. (Контрольная точка 3)	2
13	Реализация ЦСУ, её моделирование и настройка.	Имитационное моделирование оптимального управления стохастическим объектом	Создание Simulink-модели стохастического объекта управления	2
14	Реализация ЦСУ, её моделирование и настройка.	Имитационное моделирование оптимального управления стохастическим объектом	Оптимальная настройка системы	2
15	Реализация ЦСУ, её моделирование и настройка.	Отчетная лабораторная работа	Отчетная лабораторная работа	2
16	Реализация ЦСУ, её моделирование и настройка.	Отчетная лабораторная работа	Отчетная лабораторная работа. (Контрольная точка 4)	2

Итого за семестр:	**32**
Итого:	**32**

4.3 Содержание практических занятий

Учебные занятия не реализуются.

4.4. Содержание самостоятельной работы

Наименование раздела	**Вид самостоятельной работы**	**Содержание самостоятельной работы** (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	**Количество часов**
5 семестр			
Дискретные модели объектов и воздействий	Подготовка к лабораторной работе №1	Изучение теоретического материала. Изучение порядка выполнения работы	2
Дискретные модели объектов и воздействий	Самостоятельное изучение материала по теме «Методы построения дискретных моделей объектов управления. Сумма свёртки. Дискретно-совпадающей передаточной функции. Использование таблиц z-преобразований»	Выбор метода перехода от известных непрерывных моделей к их дискретным аналогам. Построение разностных уравнений, эквивалентных заданным дифференциальным. Их решение. Изучение z-преобразования и его свойств. Изображение квантованных по времени сигналов	4
Дискретные модели объектов и воздействий	Подготовка к лабораторной работе №2	Изучение теоретического материала. Изучение порядка выполнения работы	2
Дискретные модели объектов и воздействий	Самостоятельное изучение материала по теме «Аппроксимация непрерывных передаточных функций эквивалентными дискретными»	Построение дискретных передаточных функций элементарных звеньев 1-ого и 2-ого порядка. Изучение метода Грама-Шмидта и его применение для оптимизации цифрового регулятора	2
Алгоритмизация и анализ цифровых систем управления	Подготовка к лабораторной работе №3-5	Изучение теоретического материала. Изучение порядка выполнения работы	2
Алгоритмизация и анализ цифровых систем управления	Самостоятельное изучение материала по теме «Апериодический регулятор для систем без запаздывания и с запаздыванием»	Построение цифровой параметрической модели случайного возмущающего воздействия системы	6

Алгоритмизация и анализ цифровых систем управления	Подготовка к лабораторной работе №6-7	Изучение теоретического материала. Изучение порядка выполнения работы	2
Реализация ЦСУ, её моделирование и настройка.	Подготовка к лабораторной работе №8	Изучение теоретического материала. Изучение порядка выполнения работы.	10
		Итого за семестр:	**30**
		Итого:	**30**

5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)

№ п/п	**Библиографическое описание**	**Ресурс НТБ СамГТУ** (ЭБС СамГТУ, IPRbooks и т.д.)
Основная литература		
1	Чостковский, Б.К. Математические методы в задачах оптимизации стохастических систем : Учеб.пособие / Б. К. Чостковский, С. А. Волков; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2007.- 72 с.	Электронный ресурс
2	Чостковский, Б.К. Моделирование и алгоритмизация процессов управления в стохастических системах с цифровыми регуляторами : учеб.пособие / Б. К. Чостковский; Самар.гос.техн.ун-т, Автоматика и управление в технических системах.- Самара, 2013.- 148 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||1449	Электронный ресурс
Дополнительная литература		
3	Бесекерский, В.А. Цифровые автоматические системы / В. А. Бесекерский.- М., Наука, 1976.- 575 с.	Электронный ресурс
Учебно-методическое обеспечение		
4	Чостковский, Б.К. Цифровые системы управления : лаборатор.практикум / Б. К. Чостковский, М. А. Ландфанг; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2015.- 133 с.	Электронный ресурс

Доступ обучающихся к ЭР НТБ СамГТУ (elib.samgtu.ru) осуществляется посредством электронной информационной образовательной среды университета и сайта НТБ СамГТУ по логину и паролю.

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

При проведении лекционных занятий используется мультимедийное оборудование.

Организовано взаимодействие обучающегося и преподавателя с использованием электронной ин-формационной образовательной среды университета.

№ п/п	**Наименование**	**Производитель**	**Способ распространения**

1	MS Office	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование	Краткое описание	Режим доступа
1	Кузнецов С.Д. Основы современных баз данных	http://www.citforum.ru	Ресурсы открытого доступа

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук)
- комплект электронных презентаций/слайдов

Практические занятия null

Лабораторные занятия

- компьютерный класс,
- пакеты ПО общего назначения (текстовые редакторы, графические редакторы),
- специализированное ПО: MATLAB Simulink

Самостоятельная работа

- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет

9. Методические материалы

Методические рекомендации при работе на лекции

До лекции студент должен просмотреть учебно-методическую и научную литературу по теме лекции с тем, чтобы иметь представление о проблемах, которые будут разбираться в лекции.

Перед началом лекции обучающимся сообщается тема лекции, план, вопросы, подлежащие рассмотрению, доводятся основные литературные источники. Весь учебный материал, сообщаемый преподавателем, должен не просто прослушиваться. Он должен быть активно воспринят, т.е. услышан, осмыслен, понят, зафиксирован на бумаге и закреплен в памяти. Приступая к слушанию нового учебного материала, полезно мысленно установить его связь с ранее изученным. Следя за техникой чтения лекции (акцент на существенном, повышение тона, изменение ритма, пауза и т.п.), необходимо вслед за преподавателем уметь выделять основные категории, законы и определять их содержание, проблемы, предполагать их возможные решения, доказательства и выводы. Осуществляя такую работу, можно значительно облегчить себе понимание учебного материала, его конспектирование и дальнейшее изучение.

Конспектирование лекции позволяет обработать, систематизировать и лучше сохранить полученную информацию с тем, чтобы в будущем можно было восстановить в памяти основные, содержательные моменты. Типичная ошибка, совершаемая обучающимся, дословное конспектирование речи преподавателя. Как правило, при записи «слово в слово» не остается времени на обдумывание, анализ и синтез информации. Отбирая нужную информацию, главные мысли, проблемы, решения и выводы, необходимо сокращать текст, строить его таким образом, чтобы потом можно было легко в нем разобраться. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых можно будет делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. С окончанием лекции

работа над конспектом не может считаться завершенной. Нужно еще восстановить отдельные места, проверить, все ли понятно, уточнить что-то на консультации и т.п. с тем, чтобы конспект мог быть использован в процессе подготовки к практическим занятиям, зачету, экзамену. Конспект лекции – незаменимый учебный документ, необходимый для самостоятельной работы.

Методические рекомендации при работе на лабораторном занятии

Проведение лабораторной работы делится на две условные части: теоретическую и практическую.

Необходимыми структурными элементами занятия являются проведение лабораторной работы, проверка усвоенного материала, включающая обсуждение теоретических основ выполняемой работы.

Перед лабораторной работой, как правило, проводится технико-теоретический инструктаж по использованию необходимого оборудования. Преподаватель корректирует деятельность обучающегося в процессе выполнения работы (при необходимости). После завершения лабораторной работы подводятся итоги, обсуждаются результаты деятельности.

Возможны следующие формы организации лабораторных работ: фронтальная, групповая и индивидуальная. При фронтальной форме выполняется одна и та же работа (при этом возможны различные варианты заданий). При групповой форме работа выполняется группой (командой). При индивидуальной форме обучающимися выполняются индивидуальные работы.

По каждой лабораторной работе имеются методические указания по их выполнению, включающие необходимый теоретический и практический материал, содержащие элементы и последовательную инструкцию по проведению выбранной работы, индивидуальные варианты заданий, требования и форму отчётности по данной работе.

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей обучающегося.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий;
- на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания;
- на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.;
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств представлен в приложении № 1.

Приложение 1 к рабочей программе дисциплины
Б1.В.01.08 «Цифровые системы управления»

Фонд оценочных средств
по дисциплине
Б1.В.01.08 «Цифровые системы управления»

Код и направление подготовки (специальность)	27.03.04 Управление в технических системах
Направленность (профиль)	Управление и информатика в технических системах
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная
Год начала подготовки	2022
Институт / факультет	Институт автоматики и информационных технологий
Выпускающая кафедра	кафедра "Автоматика и управление в технических системах"
Кафедра-разработчик	кафедра "Автоматика и управление в технических системах"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	108 / 3
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Экзамен

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Профессиональные компетенции			
Не предусмотрено	ПК-1 Способен разрабатывать математическое обеспечение автоматизированных систем на основе профильных разделов математики, физики, информатики, методов системного и функционального анализа, теории управления	ПК-1.1 Формулирует общие принципы построения моделей технологических объектов и систем управления, способы их упрощения, методы анализа математических моделей систем управления	Владеть методами анализа математических моделей систем управления
			Знать общие принципы построения моделей технологических объектов
			Уметь выбирать способы упрощения математических моделей технологических объектов и систем управления
		ПК-1.10 Использует методы расчета настроек корректирующих и регулирующих устройств в системах автоматического управления	Владеть методами анализа показателей качества переходных процессов систем управления
			Знать методы расчета настроек корректирующих и регулирующих устройств в системах автоматического управления
			Уметь осуществлять выбор структуры регулирующих устройств и метода расчета их настроек в системах автоматического управления
		ПК-1.11 Осуществляет моделирование, анализ, синтез и оптимизацию систем	Владеть Навыками оптимизации систем управления

			Знать методы анализа и синтеза систем управления
			Уметь осуществлять математическое моделирование систем управления
		ПК-1.12 Демонстрирует навыки разработки адекватных моделей	Владеть навыками разработки адекватных моделей
			Знать критерии адекватности математической модели
			Уметь осуществлять верификацию модели
		ПК-1.2 Использует аналитические и экспериментальные методы математического описания систем управления, методы обработки экспериментальных данных	Владеть методами обработки экспериментальных данных
			Знать методы описания систем управления
			Уметь осуществлять математическое описание систем управления аналитическими и экспериментальными методами
		ПК-1.3 Применяет методы определения устойчивости, переходных процессов и показателей качества динамических систем	Владеть навыками оценки качества переходного процесса по типовым показателям
			Знать критерии устойчивости систем управления
			Уметь оценивать устойчивость динамических систем
		ПК-1.4 Применяет методы анализа и синтеза систем автоматического управления, корректирующих и регулирующих устройств в САУ	Владеть методами анализа и синтеза систем автоматического управления
			Знать типовые варианты корректирующих и регулирующих устройств
			Уметь осуществлять выбор корректирующего устройства

		ПК-1.5 Разрабатывает или выбирает математическую модель системы управления или ее компонентов, выбрать целесообразные методы анализа и программные средства для их реализации	Владеть методами идентификации математических моделей
			Знать типовые динамические звенья и их переходную характеристику
			Уметь осуществлять выбор программных средства для математического моделирования
		ПК-1.6 Составляет математические модели объектов управления	Владеть методами разработки моделей систем управления
			Знать основные принципы теории автоматического управления
			Уметь осуществлять математическое моделирование систем управления
		ПК-1.7 Обосновывает выбор структурной схемы системы управления	Владеть навыками разработки структурных схем
			Знать способы соединения элементарных динамических звеньев
			Уметь проектировать структурные схемы системы управления
		ПК-1.8 Производит структурные преобразования многоконтурных систем	Владеть навыками построения структурных схем
			Знать основные положения теории автоматического управления
			Уметь осуществлять эквивалентные преобразования структурных схем
	ПК-2 Способен разрабатывать информационное обеспечение автоматизированных систем управления	ПК-2.1 Демонстрирует владение современными тенденциями развития вычислительной техники, информационных технологий, программного обеспечения	Владеть навыками работы с современным программным обеспечением для решения актуальных задач специальности
			Знать знать современные направления развития вычислительной техники

			Уметь ориентироваться в современных направлениях развития информационных технологий

Матрица соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения

Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	Текущий контроль успеваемости	Промежуточная аттестация
Дискретные модели объектов и воздействий				
ПК-1.1 Формулирует общие принципы построения моделей технологических объектов и систем управления, способы их упрощения, методы анализа математических моделей систем управления	**Владеть** методами анализа математических моделей систем управления			
	Уметь выбирать способы упрощения математических моделей технологических объектов и систем управления			
	Знать общие принципы построения моделей технологических объектов	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
ПК-1.10 Использует методы расчета настроек корректирующих и регулирующих устройств в системах автоматического управления	**Знать** методы расчета настроек корректирующих и регулирующих устройств в системах автоматического управления			
	Уметь осуществлять выбор структуры регулирующих устройств и метода расчета их настроек в системах автоматического управления	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Владеть методами анализа показателей качества переходных процессов систем управления			
ПК-1.11 Осуществляет моделирование, анализ, синтез и оптимизацию систем	**Владеть** Навыками оптимизации систем управления	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Уметь осуществлять математическое моделирование систем управления			
	Знать методы анализа и синтеза систем управления			

ПК-1.12 Демонстрирует навыки разработки адекватных моделей	**Знать** критерии адекватности математической модели			
	Уметь осуществлять верификацию модели			
	Владеть навыками разработки адекватных моделей	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
ПК-1.2 Использует аналитические и экспериментальные методы математического описания систем управления, методы обработки экспериментальных данных	**Владеть** методами обработки экспериментальных данных			
	Уметь осуществлять математическое описание систем управления аналитическими и экспериментальными методами			
	Знать методы описания систем управления	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
ПК-1.3 Применяет методы определения устойчивости, переходных процессов и показателей качества динамических систем	**Знать** критерии устойчивости систем управления	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Владеть навыками оценки качества переходного процесса по типовым показателям			
	Уметь оценивать устойчивость динамических систем			
ПК-1.4 Применяет методы анализа и синтеза систем автоматического управления, корректирующих и регулирующих устройств в САУ	**Уметь** осуществлять выбор корректирующего устройства	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Владеть методами анализа и синтеза систем автоматического управления			
	Знать типовые варианты корректирующих и регулирующих устройств			

ПК-1.5 Разрабатывает или выбирает математическую модель системы управления или ее компонентов, выбрать целесообразные методы анализа и программные средства для их реализации	**Знать** типовые динамические звенья и их переходную характеристику			
	Владеть методами идентификации математических моделей			
	Уметь осуществлять выбор программных средства для математического моделирования	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
ПК-1.6 Составляет математические модели объектов управления	**Уметь** осуществлять математическое моделирование систем управления			
	Владеть методами разработки моделей систем управления			
	Знать основные принципы теории автоматического управления	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
ПК-1.7 Обосновывает выбор структурной схемы системы управления	**Знать** способы соединения элементарных динамических звеньев			
	Владеть навыками разработки структурных схем	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Уметь проектировать структурные схемы системы управления			
ПК-1.8 Производит структурные преобразования многоконтурных систем	**Уметь** осуществлять эквивалентные преобразования структурных схем			
	Знать основные положения теории автоматического управления	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Владеть навыками построения структурных схем			

ПК-2.1 Демонстрирует владение современными тенденциями развития вычислительной техники, информационных технологий, программного обеспечения	**Владеть** навыками работы с современным программным обеспечением для решения актуальных задач специальности	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Знать знать современные направления развития вычислительной техники			
	Уметь ориентироваться в современных направлениях развития информационных технологий			
Алгоритмизация и анализ цифровых систем управления				
ПК-1.1 Формулирует общие принципы построения моделей технологических объектов и систем управления, способы их упрощения, методы анализа математических моделей систем управления	**Уметь** выбирать способы упрощения математических моделей технологических объектов и систем управления			
	Знать общие принципы построения моделей технологических объектов			
	Владеть методами анализа математических моделей систем управления	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
ПК-1.10 Использует методы расчета настроек корректирующих и регулирующих устройств в системах автоматического управления	**Владеть** методами анализа показателей качества переходных процессов систем управления			
	Знать методы расчета настроек корректирующих и регулирующих устройств в системах автоматического управления			
	Уметь осуществлять выбор структуры регулирующих устройств и метода расчета их настроек в системах автоматического управления	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
ПК-1.11 Осуществляет моделирование, анализ, синтез и оптимизацию систем	**Знать** методы анализа и синтеза систем управления	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Владеть Навыками оптимизации систем управления			
	Уметь осуществлять математическое моделирование систем управления			

ПК-1.12 Демонстрирует навыки разработки адекватных моделей	**Уметь** осуществлять верификацию модели			
	Владеть навыками разработки адекватных моделей	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Знать критерии адекватности математической модели			
ПК-1.2 Использует аналитические и экспериментальные методы математического описания систем управления, методы обработки экспериментальных данных	**Знать** методы описания систем управления	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Владеть методами обработки экспериментальных данных			
	Уметь осуществлять математическое описание систем управления аналитическими и экспериментальными методами			
ПК-1.3 Применяет методы определения устойчивости, переходных процессов и показателей качества динамических систем	**Уметь** оценивать устойчивость динамических систем			
	Владеть навыками оценки качества переходного процесса по типовым показателям			
	Знать критерии устойчивости систем управления	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
ПК-1.4 Применяет методы анализа и синтеза систем автоматического управления, корректирующих и регулирующих устройств в САУ	**Знать** типовые варианты корректирующих и регулирующих устройств	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Владеть методами анализа и синтеза систем автоматического управления			
	Уметь осуществлять выбор корректирующего устройства			

ПК-1.5 Разрабатывает или выбирает математическую модель системы управления или ее компонентов, выбрать целесообразные методы анализа и программные средства для их реализации	**Уметь** осуществлять выбор программных средства для математического моделирования	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Знать типовые динамические звенья и их переходную характеристику			
	Владеть методами идентификации математических моделей			
ПК-1.6 Составляет математические модели объектов управления	**Владеть** методами разработки моделей систем управления	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Знать основные принципы теории автоматического управления			
	Уметь осуществлять математическое моделирование систем управления			
ПК-1.7 Обосновывает выбор структурной схемы системы управления	**Уметь** проектировать структурные схемы системы управления			
	Знать способы соединения элементарных динамических звеньев	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Владеть навыками разработки структурных схем			
ПК-1.8 Производит структурные преобразования многоконтурных систем	**Владеть** навыками построения структурных схем	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Знать основные положения теории автоматического управления			
	Уметь осуществлять эквивалентные преобразования структурных схем			
ПК-2.1 Демонстрирует владение современными тенденциями развития вычислительной техники, информационных технологий, программного обеспечения	**Уметь** ориентироваться в современных направлениях развития информационных технологий			

	Знать знать современные направления развития вычислительной техники	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Владеть навыками работы с современным программным обеспечением для решения актуальных задач специальности			
Реализация ЦСУ, её моделирование и настройка.				
ПК-1.1 Формулирует общие принципы построения моделей технологических объектов и систем управления, способы их упрощения, методы анализа математических моделей систем управления	**Уметь** выбирать способы упрощения математических моделей технологических объектов и систем управления			
	Владеть методами анализа математических моделей систем управления	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Знать общие принципы построения моделей технологических объектов			
ПК-1.10 Использует методы расчета настроек корректирующих и регулирующих устройств в системах автоматического управления	**Знать** методы расчета настроек корректирующих и регулирующих устройств в системах автоматического управления			
	Владеть методами анализа показателей качества переходных процессов систем управления			
	Уметь осуществлять выбор структуры регулирующих устройств и метода расчета их настроек в системах автоматического управления	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
ПК-1.11 Осуществляет моделирование, анализ, синтез и оптимизацию систем	**Уметь** осуществлять математическое моделирование систем управления			
	Владеть Навыками оптимизации систем управления			
	Знать методы анализа и синтеза систем управления	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
ПК-1.12 Демонстрирует навыки разработки адекватных моделей	**Знать** критерии адекватности математической модели			

	Владеть навыками разработки адекватных моделей			
	Уметь осуществлять верификацию модели	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
ПК-1.2 Использует аналитические и экспериментальные методы математического описания систем управления, методы обработки экспериментальных данных	**Уметь** осуществлять математическое описание систем управления аналитическими и экспериментальными методами			
	Знать методы описания систем управления	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Владеть методами обработки экспериментальных данных			
ПК-1.3 Применяет методы определения устойчивости, переходных процессов и показателей качества динамических систем	**Владеть** навыками оценки качества переходного процесса по типовым показателям			
	Знать критерии устойчивости систем управления			
	Уметь оценивать устойчивость динамических систем	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
ПК-1.4 Применяет методы анализа и синтеза систем автоматического управления, корректирующих и регулирующих устройств в САУ	**Уметь** осуществлять выбор корректирующего устройства	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Знать типовые варианты корректирующих и регулирующих устройств			
	Владеть методами анализа и синтеза систем автоматического управления			

ПК-1.5 Разрабатывает или выбирает математическую модель системы управления или ее компонентов, выбрать целесообразные методы анализа и программные средства для их реализации	**Владеть** методами идентификации математических моделей			
	Знать типовые динамические звенья и их переходную характеристику	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Уметь осуществлять выбор программных средства для математического моделирования			
ПК-1.6 Составляет математические модели объектов управления	**Уметь** осуществлять математическое моделирование систем управления			
	Знать основные принципы теории автоматического управления	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Владеть методами разработки моделей систем управления			
ПК-1.7 Обосновывает выбор структурной схемы системы управления	**Владеть** навыками разработки структурных схем	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Знать способы соединения элементарных динамических звеньев			
	Уметь проектировать структурные схемы системы управления			
ПК-1.8 Производит структурные преобразования многоконтурных систем	**Уметь** осуществлять эквивалентные преобразования структурных схем			
	Знать основные положения теории автоматического управления			
	Владеть навыками построения структурных схем	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет

ПК-2.1 Демонстрирует владение современными тенденциями развития вычислительной техники, информационных технологий, программного обеспечения	**Владеть** навыками работы с современным программным обеспечением для решения актуальных задач специальности			
	Знать знать современные направления развития вычислительной техники	Собеседование, тестирование, отчеты по лабораторным работам в форме собеседования	Да	Нет
	Уметь ориентироваться в современных направлениях развития информационных технологий			

Типовые контрольные задания или иные материалы для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения ОПОП

Темы для собеседования

Контрольная точка 1.
Раздел.1. Дискретные модели объектов и воздействий.

1.1 Временные и частотные формы дискретных моделей объектов управления.
1.2 Построение модели временного ряда по реализации воздействия. Выбор интервалов квантования по времени и уровню.
1.3 Z-преобразование и его свойства.
1.4 Z-изображение управляющего воздействия системы. Операторы временного сдвига отсчётов сигнала и вычисление обратных разностей.
1.5 Разностное уравнение, описывающее свободное и вынужденное движение цифровой управляемой системы.
1.6 Статическая характеристика преобразователя аналог-код цифровой системы и её линеаризация.
1.7 Статическая характеристика преобразователя код-аналог цифровой системы и ее линеаризация.
1.10 Дискретная передаточная функция и ее свойства.
1.11 Сумма свертки и ее z-преобразование.
1.12 Цифровые рекуррентные алгоритмы.
1.13 Переход от дифференциального уравнения к эквивалентному разностному.

Контрольная точка 2.
Раздел 2. Алгоритмизация и анализ цифровых систем управления.
2.1 Эквивалентные схемы АЦП и ЦАП.
2.2 Структурная схема цифровой системы управления.
2.3 Методы построения дискретных моделей объектов управления.
2.4 Использование графика переходного процесса объекта для построения его дискретно-совпадающей модели.
2.5 Дискретные модели интегрирующего звена.
2.6 Цифровой ПИД-регулятор.

Контрольная точка 3.
2.7 Обобщенный линейный цифровой регулятор.
2.8 Цифровой компенсационный регулятор.
2.9 Устойчивость цифровой системы управления.
2.10 Эффекты квантования по уровню в цифровых системах управления.
2.11 Периодические режимы в цифровых системах управления.
2.12 Цифровые модели возмущающих воздействий. Формирующий фильтр.
2.13 Методика построения переходного процесса цифровой системы управления по задающему и возмущающему воздействиям.

Контрольная точка 4.
Раздел 3. Реализация ЦСУ, её моделирование и настройка.

3.1 Апериодический регулятор для ЦСУ без запаздывания в контуре.
3.2 Апериодический регулятор для ЦСУ с запаздыванием в контуре.
3.3 Регулятор с минимальной обобщённой дисперсией.
3.4 Оптимизация цифровых систем управления методом Грама-Шмидта.
3.5 Имитационное моделирование стохастического объекта управления.
3.6 Имитационное моделирование цифровой управляемой системы.
3.7 Зависимость качества управления цифровых систем от величин интервала квантования по уровню и времени.

Тестовые задания для контроля остаточных знаний по курсу «Цифровые системы управления»

Тест 1

№ п/	Вопрос	Ответ
1	Главные требования к управляющему вычислительному комплексу в режиме реального времени	1. Работа УВК в режиме реального времени. 2. Физическое сопряжение УВК с объектом управления через устройства сопряжения с объектом
2	Два типа дискретных САУ	1. Импульсные САУ 2. Цифровые САУ
3	Два вида квантования сигналов в цифровых системах	Квантование по уровню Квантование по времени
4	Как из непрерывного воздействия x(t) формируется временной ряд x(k)	$x(k) = x(t)\Big\|_{t=kT_0}$
5	Передаточная функция экстраполятора нулевого порядка	$W_e(p) = \frac{1-e^{-T_0 p}}{p}$
6	Как определить Z-преобразование x(z) временного ряда x(k)	$x(z) = \sum_{k=0}^{\infty} x(k) \cdot z^{-k}$

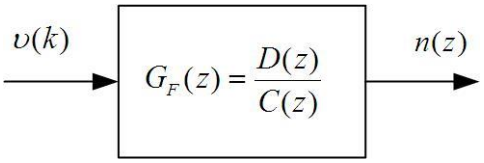
№ п/	Вопрос	Ответ
7	Какой смысл имеет применение z^{-d} в качестве оператора	Смысл оператора сдвига: $Z^{-1}\left[z^{-d}x(z)\right]=x(k-d)$
8	Как перейти от дискретной передаточной функции объекта к его частотной характеристике	$G(j\omega)=G(z)\Big\|_{z=e^{i\omega T_0}}$
9	На каком отрезке частот определяется рабочая часть амплитудно-частотной характеристики цифровой системы управления	На отрезке $f\in[0,\ f_k]$, где $f_k=\dfrac{1}{2T_0}$
10	Какой вид имеет дискретная передаточная функция экстраполятора нулевого порядка	$G_e(z)=(1-z^{-1})\cdot Z\left\{\dfrac{1}{p}\right\}$
11	Как разбивается передаточная функция экстраполятора нулевого порялка в структурной схеме дискретных САУ	Множитель $(1-z^{-1})$ относится к цифровому регулятору, а $\dfrac{1}{p}$ относится к передаточной функции объекта управления
12	Пример рекуррентного соотношения	Дискретная модель интегратора: $y(k)=y(k-1)+T_0\cdot x(k)$
13	Что такое дискретная передаточная функция объекта	$G_0(z)=\dfrac{y(z)}{x(z)}=\dfrac{B(z)}{A(z)}$
14	Дискретная передаточная функция интегратора, полученная дискретной аппроксимацией операции интегрирования: 1) $G_n(z)=\dfrac{T_0}{1-z^{-1}}$; 2) $G_n(z)=\dfrac{T_0z^{-1}}{1-z^{-1}}$.	$G_n(z)=\dfrac{T_0}{1-z^{-1}}$

№ п/	Вопрос	Ответ
15	Дискретная передаточная функция интегратора, полученная дискретной аппроксимацией дифференциального уравнения: 1) $G_n(z)=\frac{T_0}{1-z^{-1}}$; $G_n(z)=\frac{T_0 z^{-1}}{1-z^{-1}}$	$G_n(z)=\frac{T_0 z^{-1}}{1-z^{-1}}$
16	Правая и левая (прямая и обратная) конечные разности	$\Delta_n x(k)=x(k+1)-x(k);$ $\Delta_л x(k)=x(k)-x(k-1)$
17	Разность 2-го порядка и её операторная замена	$\Delta^2 x(k)=x(k)-2x(k-1)+x(k-2)$ $\Delta^2 x(z)=(1-z^{-1})^2\cdot x(z)$
18	Оператор вычисления n-ной разности	$\Delta^m=(1-z^{-1})^m$
19	Разностное уравнение n-ого порядка	$y(k)+a_1 y(k-1)+...+a_n y(k-n)=$ $=b_0 x(k)+...+b_m x(k-m)$
20	Сумма свертки: 1) $y(k)=\sum_{n=0}^{\infty} g(n)$; 2) $y(k)=\sum_{n=0}^{\infty} x(k-n)$; 3) $y(k)=\sum_{n=0}^{\infty} g(n)x(k-n)$.	3) $y(k)=\sum_{n=0}^{\infty} g(n)x(k-n)$
21	Дискретно-совпадающая модель объекта	$y(k)=\sum_{n=0}^{\infty} g'(n)x(k-n),$ где $g'(n)=\int_{nT_0}^{(n+1)T_0} g(\tau)d\tau$
22	Дискретная передаточная функция, полученная из суммы свертки	$G(z)=\sum_{n=0}^{\infty} g(n)z^{-n}$

№ п/	Вопрос	Ответ
23	Дискретная передаточная функция, полученная из разностного уравнения	$G(z)=\frac{b_0+b_1z^{-1}+...+b_mz^{-m}}{1+a_1z^{-1}+...+a_nz^{-n}}$
24	Определение коэффициента передачи объекта в статике по его дискретной передаточной функции	$K_0=\frac{\sum_{i=0}^{m}b_i}{1+\sum_{i=1}^{n}a_i}=G_0(z)\big\vert_{z=1}$
25	Физическая реализуемость дискретной модели	$G(z)=\frac{b_0+b_1z^{-1}+...+b_mz^{-m}}{1+a_1z^{-1}+...+a_nz^{-n}}=$ $=\frac{b'_0+b'_1z^{-1}+...+b'_mz^{-m'}}{a'_0+a'_1z^{-1}+...+a'_nz^{-n'}}$ $m'\le n$ – условие реализуемости

Тест 2.

№ п/п	Вопрос	Ответ
1	Условие, обеспечивающее устойчивость дискретной системы	$\vert z_i\vert<1,\ i=\overline{1,n}$
2	Использование таблиц Z-преобразований	$G(z)=(1-z^{-1})\cdot Z\left\{\frac{W(p)}{p^2}\right\}$, где второй сомножитель определяется по таблице z -преобразований
3	Способы построения дискретных моделей объекта по его кривой разгона	1. Построение дискретно-совпадающей модели 2. Построение МНК-модели

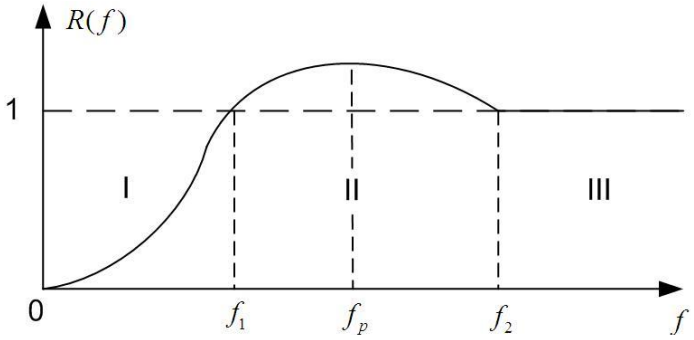
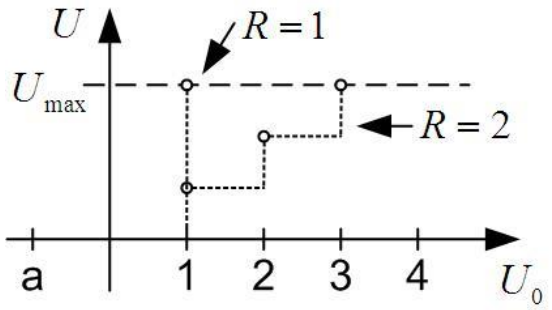
№ п/	Вопрос	Ответ
4	МНК- модель объекта управления	Для модели 2-го порядка $y(k) = b_1 x(k-1) - a_1 y^*(k-1) - a_2 y^*(k-2)$ МНК-оценка вектора неизвестных параметров: $\hat{\beta} = (b_{1i} - a_{1i} - a_2)' = (V'V)^{-1} V'Y^*$ где V - совмещённая матрица входов-выходов
5	Переход от непрерывной передаточной функции к дискретной методом подстановки	$G(z) = W(p)\Big\|_{p=\frac{1-z^{-1}}{T_0}}$
6	Дискретные модели случайных воздействий	 $\upsilon(k)$ - дискретный белый шум $n(z)$ - окрашенный шум $G_F(z)$ - формирующий фильтр
7	Корреляционная функция дискретного белого шума	$R_\upsilon(r) = c \cdot S(r)$, где $S(r)$ - функция Кронекера $S(r) = \begin{cases} 1 \text{ при } r = 0 \\ 0 \text{ ппр } r \neq 0 \end{cases}$
8	Цифровой формирующий фильтр как параметрическая модель возмущающего воздействия	$G_F(z) = \frac{d_0 + d_1 z^{-1} + ... + d_m z^{-m}}{1 + c_1 z^{-1} + ... + c_n z^{-n}} = \frac{n(z)}{\upsilon(z)}$
9	Упорядочите МНК- модели объекта управления по мере возрастания порядка: 1) $y(k) = b_1 x(k-1) - a_1 y^*(k-1) - a_2 y^*(k-2)$ 2) $y(k) = b_1 x(k-1) - a_1 y^*(k-1)$ 3) $y(k) = b_1 x(k-1) - a_1 y^*(k-1) - a_2 y^*(k-2) - a_3 y^*(k-3)$	2, 1, 3

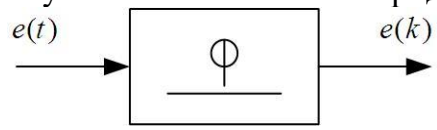
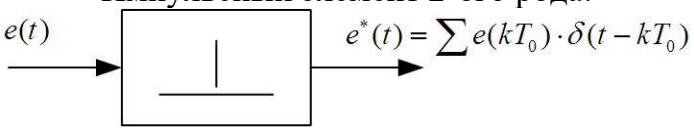
№ п/	Вопрос	Ответ
10	Формирующий фильтр, как модель воздействия с экспоненциальной корреляционной функцией	$G_F(z) = \left.\frac{K_F}{T_F p + 1}\right\|_{p=\frac{1-z^{-1}}{T_0}}$ $K_F = \frac{\sigma_x\sqrt{2}}{\sqrt{\alpha}};\ T_F = \frac{1}{\alpha}$
11	Виды цифровых регуляторов: 1)Структурно-оптимизируемые; 2)Параметрически-оптимизируемые;	3) Все перечисленные.
12	Цифровой аналог непрерывного ПИД-регулятора	$G_p(z)\frac{q_0 + q_1 z^{-1} + q_2 z^{-2}}{1 - z^{-1}}$, $q_0 > 0,\ q_1 < 0,\ q_2 > 0$ $-(q_0 + q_1) < q_2 < q_0 < -(q_1)$
13	Обобщенный линейный алгоритм управления: 1) $G_p(z) = \frac{q_0 + q_1 z^{-1} + ... + q_\nu z^{-\nu}}{z^{-1}}$ 2) $G_p(z) = q_0 + q_1 z^{-1} + ... + q_\nu z^{-\nu}$ 3) $G_p(z) = \frac{q_0 + q_1 z^{-1} + ... + q_\nu z^{-\nu}}{1 - z^{-1}}$	3) $G_p(z) = \frac{q_0 + q_1 z^{-1} + ... + q_\nu z^{-\nu}}{1 - z^{-1}}$
14	1) Апериодический регулятор для САУ с запаздыванием 2) Апериодический регулятор для САУ без запаздывания А) $G_p(z) = \frac{q_0 A(z)}{1 - q_0 B(z) \cdot z^{-d}}$ Б) $G_p(z) = \frac{q_0 A(z)}{1 - q_0 B(z)}$	1-А; 2-Б
15	Упорядочите по убыванию значения такта квантования: 1) $G(z) = z^{-2}$; 2) $G(z) = z^{-1}$; 3) $G(z) = z^{-24*2/12}$; 4) $G(z) = z^{-5}$	4, 3, 1, 2

№ п/	Вопрос	Ответ

Тест 3

№ п/п	Вопрос	Ответ
1	Критерий оптимизации САУ с цифровым регулятором	$S^2 = \sum_{k=0}^{M}\left[e^2(k) + r \cdot \overset{\circ}{U}^2(k)\right]$
2	Требования к параметрам цифрового регулятора, обеспечивающие максимальность первого отсчета управляющего воздействия u(0)>u(1)	Для САУ с запаздыванием: $q_1 < -q_0$ Для САУ без запаздывания: $q_1 < -q_0\ (1 - q_0 b_1)$
3	Передаточная функция цифрового компенсационного регулятора САУ с малыми возмущающими воздействиями	$G_p(z) = \frac{1}{G_0(z)} G_s(z)$, где $G_S(z)$ обеспечивает реализуемость САУ
4	Передаточная функция цифрового компенсационного регулятора для САУ с обратной связью	$G_p(z) = \frac{1}{G_0(z)} \cdot \frac{G(z)}{1 - G(z)}$, где $G(z)$ - желаемая передаточная функция САУ
5	Передаточная функция цифрового регулятора-предиктора	$G_p(z) = \frac{1}{G_0(z)} \cdot \frac{\frac{1}{K_0} G_0(z)}{1 - \frac{1}{K_0} G_0(z)}$
6	Цифровой апериодический регулятор	$G_p(z) = \frac{q_0 A(z)}{1 - q_0 B(z)}$, где $\frac{B(z)}{A(z)} = G_0(z);\ q_0 = \frac{1}{\sum b_i}$
7	Апериодический регулятор для САУ с запаздыванием	$G_p(z) = \frac{q_0 A(z)}{1 - q_0 B(z) \cdot z^{-d}}$, где $\frac{B(z) z^{-d}}{A(z)} = G_0(z)$

№ п/	Вопрос	Ответ
8	Цифровой регулятор с минимальной обобщенной дисперсией	$I(k+1)=M\left[y^2(k+1)+rU^2(k)\right]=\min$ $G_p(z)=\dfrac{A(z)\left[D(z)-C(z)\right]}{B(z)C(z)+r\cdot A(z)D(z)z^{-1}}$
9	График динамического показателя управления цифровой САУ	
10	Соотнесите: 1) МНК- модель объекта управления 2-го порядка; 2) МНК-оценка вектора неизвестных параметров А) $\hat{\beta}=(b_{1i}-a_{1i}-a_2)'=(V'V)^{-1}V'Y^*$ Б) $y(k)=b_1x(k-1)-a_1y^*(k-1)-a_2y^*(k-2)$	1-Б; 2-А
11	Статическая характеристика выходного преобразователя (ЦАП) цифровой САУ	
12	Дисперсия ошибки цифровой САУ за счет квантования воздействий по уровню: 1) $\sigma_\delta^2=\dfrac{\Delta^2}{12}$; 2) $\sigma_\delta^2=\Delta^2$; 3) $\sigma=\dfrac{\Delta^2}{6}$.	1) $\sigma_\delta^2=\dfrac{\Delta^2}{12}$, где Δ - интервал квантования

№ п/	Вопрос	Ответ
13	Соотнесите: 1)Коэффициент передачи линеаризованных АЦП; 2)Общий линеаризованный коэффициент передачи управляющего вычислительного комплекса; 3)Коэффициент передачи линеаризованных ЦАП. а) $K = \frac{\Delta_2}{\Delta_1} K_{ЦР}$; б) $K = \Delta_2$;	$K_{АЦП} = \frac{1}{\Delta_1}$ $K_{ЦАП} = \Delta_2$ $K_{УВК} = \frac{\Delta_2}{\Delta_1} K_{ЦР}$
14	Эффекты квантования по уровню в цифровых управляемых системах	Статическая ошибка Δ_2. Автоколебания с амплитудой Δ_2.
15	Импульсный элемент в структурных схемах цифровых САУ	Импульсный элемент 1-ого рода:  Импульсный элемент 2-ого рода: 
16	Функции цифровой системы обработки данных в АСУ ТП: 1)Цифровая фильтрация; 2)Управление объектом; 3)Корреляционно-спектральный анализ; 4)Устранение трендов.	1)Цифровая фильтрация; 3)Корреляционно-спектральный анализ; 4)Устранение трендов.
17	Цифровая фильтрация сигналов	$G_F(z) = \frac{D(z)}{C(z)} = \lvert G_F(f) \rvert e^{i\varphi(f)}$ $S_y(f) = \lvert G_F(f) \rvert^2 S_x(f)$

№ п/	Вопрос	Ответ
18	Нерекурсивные цифровые фильтры	$G_F(z) = B(z)$ $y(k) = b_0 x(k) + ... + b_m x(k-m)$ Симметричные фильтры:
19	Рекурсивные цифровые фильтры	$y(k) = \sum_{n=-l}^{m} b_n x(k-n)$ $y(k) = -a_1 y(k-1) - ... - a_n y(k-n) +$ $+ b_0 x(k) + ... + b_m x(k-m)$
20	Частотная характеристика симметричного нерекурсивного цифрового фильтра	$\left\|G_F(f)\right\|^2 = 0{,}5(1-\cos 2\pi\, fT_0)$ $\varphi_F(f) = arctg \dfrac{\sin 2\pi\, fT_0}{1-\cos 2\pi\, fT_0}$
21	Выбрать основные типы цифровых фильтров: 1)Фильтры нижних частот; 2)Фильтры высоких частот; 3)Полосовые фильтры;	7) Все перечисленные
22	Соотнести частоты среза цифрового фильтра: 1)ФНЧ а) $\left\|G_F(f_{cp})\right\|^2 = 0{,}5\left\|G_F(\infty)\right\|$ 2)ФВЧ б) $\left\|G_F(f_{cp})\right\|^2 = 0{,}5\left\|G_F(0)\right\|$	Для ФНЧ: $\left\|G_F(f_{cp})\right\|^2 = 0{,}5\left\|G_F(0)\right\|$ Для ФВЧ: $\left\|G_F(f_{cp})\right\|^2 = 0{,}5\left\|G_F(\infty)\right\|$
23	Цифровой фильтр 1-ой разности	$y(k) = 0{,}5[x(k) - x(k-1)]$ $G_F(z) = 0{,}5(1-z^{-1})$ $f_{cp} = 0{,}5\, f_k = \dfrac{1}{4T_0}$
24	Рекурсивные фильтры 1-ого порядка	$y(k) + a_1 y(k-1) = \sum_{n=0}^{m} b_n x(k-n)$ При $m = 1$: $y(k) = b_0 x(k) + b_1 x(k-1) - a_1 y(k-1)$

№ п/	Вопрос	Ответ
25	Выбрать Z-преобразование временного ряда x(k)={1,2,3,0,0...}: 1) $x(z)=1+2z^{-2}+3z^{-1}$; 2) $x(z)=1z^{-1}+2+3z^{-2}$; 3) $x(z)=1+2z^{-1}+3z^{-2}$;	3) $x(z)=1+2z^{-1}+3z^{-2}$
26	Записать цифровой алгоритм оценки 2-ой производной сигнала x(k)	$y(k)=\left[x(k)-2x(k-1)+x(k-2)\right]\cdot\frac{1}{T_0^2}$
27	Записать эквивалентную дискретную передаточную функцию апериодического звена с параметрами: k=2, T=0.5с. Интервал квантования по времени T_o=0,1.	$G(z)=\frac{b_0}{1+a_1z^{-1}}$, где $b_0=\frac{2T_0}{T+T_0}=0{,}333$; $a_1=-\frac{T}{T+T_0}=-0{,}833$
28	Записать дискретную передаточную функцию звена запаздывания, если τ=2с., T_o=0,5с	$G(z)=z^{-d}$, где $d=\frac{\tau}{T_0}=\frac{2c}{0{,}5c}=4$
29	При цифровой фильтрации сигнала x(k) он последовательно обрабатывается звеньями с цифровыми алгоритмами: y(k)=x(k)+x(k-1), z(k)=y(k)-y(k-1) определить эквивалентную передаточную функцию	$G_F(z)=G_1(z)\cdot G_2(z)$, где $G_1(z)=1+z^{-1}$ $G_2(z)=1-z^{-1}$, отсюда $G_F(z)=(1+z^{-1})(1-z^{-1})=1-z^{-2}$

Перечень вопросов для промежуточной аттестации
Вопросы к экзамену

1. Временные и частотные формы дискретных моделей объектов управления.
2. Построение модели временного ряда по реализации воздействия. Выбор интервалов квантования по времени и уровню.
3. Z-преобразование и его свойства.
4. Z-изображение управляющего воздействия системы. Операторы временного сдвига отсчётов сигнала и вычисление обратных разностей.
5. Разностное уравнение, описывающее свободное и вынужденное движение цифровой управляемой системы.
6. Статическая характеристика преобразователя аналог-код цифровой системы и её линеаризация.
7. Статическая характеристика преобразователя код-аналог цифровой системы и ее линеаризация.
8. Эквивалентные схемы АЦП и ЦАП.
9. Структурная схема цифровой системы управления.
10. Дискретная передаточная функция и ее свойства.
11. Сумма свертки и ее z-преобразование.
12. Цифровые рекуррентные алгоритмы.
13. Переход от дифференциального уравнения к эквивалентному разностному.
14. Методы построения дискретных моделей объектов управления.
15. Использование графика переходного процесса объекта для построения его дискретно-совпадающей модели.
16. Дискретные модели интегрирующего звена.
17. Устойчивость цифровой системы управления.
18. Эффекты квантования по уровню в цифровых системах управления.
19. Периодические режимы в цифровых системах управления.
20. Цифровые модели возмущающих воздействий. Формирующий фильтр.
21. Методика построения переходного процесса цифровой системы управления по задающему и возмущающему воздействиям.
22. Цифровой ПИД-регулятор.
23. Обобщенный линейный цифровой регулятор.
24. Цифровой компенсационный регулятор.
25. Апериодический регулятор для ЦСУ без запаздывания в контуре.
26. Апериодический регулятор для ЦСУ с запаздыванием в контуре.
27. Регулятор с минимальной обобщённой дисперсией.
28. Оптимизация цифровых систем управления методом Грама-Шмидта.
29. Имитационное моделирование стохастического объекта управления.
30. Имитационное моделирование цифровой управляемой системы.
31. Зависимость качества управления цифровых систем от величин интервала квантования по уровню и времени.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

1-й этап процедуры оценивания: оценивание уровня достижения каждого из запланированных результатов обучения – дескрипторов (знаний, умений, владений) в соответствии со шкалами и критериями, установленными картами компетенций ОПОП. Экспертной оценке преподавателя подлежит сформированность отдельных дескрипторов, для оценивания которых предназначена данная оценочная процедура текущего контроля и промежуточной аттестации согласно матрице соответствия оценочных средств результатам обучения.

2-й этап процедуры оценивания: интегральная оценка достижения обучающимся запланированных результатов обучения по итогам отдельных видов текущего контроля и промежуточной аттестации.

Характеристика процедуры промежуточной аттестации по дисциплине

Наименование оценочного средства		Периодичность и способ проведения процедуры оценивания	Методы оценивания	Виды выставляемых оценок	Способ учета индивидуальных достижений обучающихся
1.	Собеседование	3 раза в семестр, устно	экспертный	зачет/незачет	журнал учета успеваемости, рабочая книжка преподавателя
2.	Текущая аттестация – тестирование	3 раза в семестр, письменно	экспертный	зачет/незачет	журнал учета успеваемости, рабочая книжка преподавателя
3.	Отчет по лаб. работам 1-8	Систематически 8 раз в семестр, письменно	экспертный	зачет/незачет	журнал учета успеваемости, рабочая книжка преподавателя
4.	Промежуточная аттестация – экзамен	На этапе промежуточной аттестации	экспертный	по пятибалльной шкале	экзаменационная ведомость

Шкала и процедура оценивания сформированности компетенций

На этапе промежуточной аттестации используется система оценки успеваемости обучающихся, которая позволяет преподавателю оценить уровень освоения материала обучающимися. Критерии оценивания сформированности планируемых результатов обучения (дескрипторов) представлены в карте компетенции ОПОП.

Форма оценки знаний: оценка – 5 «отлично»; 4 «хорошо»; 3 «удовлетворительно»; 2 «неудовлетворительно». Лабораторные работы, текущая аттестация, собеседование оцениваются: «зачет», «незачет». Возможно использование балльно-рейтинговой оценки.

Соответствие систем оценок критериям оценивания сформированности планируемых результатов обучения (дескрипторов) представлено в таблице.

Интегральная оценка

Критерии	Традиционная оценка	Балльно-рейтинговая оценка
5	5	80-100
4	4	60-79
3	3	50-59
2 и 1	2, Незачет	0-49
Зачет	Зачет	50-100

Обучающиеся обязаны сдавать все задания в сроки, установленные преподавателем. Обучающиеся, сдавшие отчеты по лабораторным работам, прошедшие собеседования и прошедшие тестирование допускаются к экзамену (промежуточная аттестация). Обучающиеся, набравшие <50 баллов в течение семестра, не допускаются к промежуточной аттестации.