

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**  
**ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Василенко В.Н.

«25» мая 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**ДИСЦИПЛИНЫ**

**ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Направление подготовки

27.04.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль)

Управление и информатика в технических системах

Квалификация выпускника

**магистр**

---

Воронеж

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины (модуля) является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере исследования, разработки и эксплуатации средств и систем автоматизации и управления различного назначения).

В рамках освоения программы магистратуры выпускники могут готовиться к решению задач профессиональной деятельности следующих типов: *научно-исследовательский; проектно-конструкторский.*

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 27.04.04 Управление в технических системах (уровень образования - магистратура).

## 2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-1	Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности	ИД-1 <sub>ПКв-1</sub> - Анализирует современные программные средства и методы математического моделирования процессов и объектов автоматизации и управления
2	ПКв-6	Способен проводить патентные исследования и определять показатели технического уровня проектируемых систем автоматизации и управления	ИД-1 <sub>ПКв-6</sub> - Определяет показатели технического уровня проектируемых систем автоматизации и управления

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД-1 <sub>ПКв-1</sub> - Анализирует современные программные средства и методы математического моделирования процессов и объектов автоматизации и управления	Знает основы разработки математических моделей, описывающих предметную область
	Умеет: строить модели процессов, оборудования, средств и систем автоматизации
	Имеет навыки: проектировать цифровые системы управления на базе стандартных технических средств автоматизации и выполнять их анализ и настройку для оптимального управления технологическими процессами.
ИД-2 <sub>ПКв-6</sub> - Определяет показатели технического уровня проектируемых систем автоматизации и управления	Знает: нормы и требования к сопровождению разрабатываемых аппаратных и программных средств, систем управления на этапах проектирования
	Умеет: выполнять расчеты блоков и устройств цифровых систем управления на предмет использования в соответствии с техническим заданием с использованием математического аппарата и средств программирования
	Имеет навыки применения результатов моделирования, анализа, синтеза и оптимизации с использованием программных средств для систем управления

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина относится к части, формируемая участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования по направлению подготовки 27.04.04 Управление в технических системах (уровень образования магистратура), направленность/профиль «Управление и информатика в технических системах». Дисциплина является обязательной к изучению.

Изучение дисциплины основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися дисциплин: «Современные проблемы теории управления», «Математическое моделирование объектов и систем управления», «Компьютерные технологии управления в технических системах», «Моделирование и проектирование систем адаптивного управления».

Дисциплина является предшествующей для практик: Учебная практика, ознакомительная практика; «Производственная практика, проектная практика»; «Производственная практика, преддипломная практика».

### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц

Виды учебной работы	Всего, ак. ч	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч
		2 семестр
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	<b>216</b>	<b>216</b>
<b>Контактная работа</b> , в т.ч. аудиторные занятия:	<b>69,7</b>	<b>69,7</b>
Лекции	10	10
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-
Лабораторные занятия	38	38
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	38	38
Практические занятия	19	19
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	19	38
Консультации текущие	0,5	0,5
Консультация перед экзаменом	2	2,2
<b>Вид аттестации (экзамен)</b>	0,2	
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>112,5</b>	<b>112,5</b>
Проработка материалов по конспекту лекций	31	31
Проработка материалов по учебникам	20	20
Разработка математических моделей	12	12
Анализ и расчет по известным математическим моделям	8	8
Создание программ с графической оболочкой	25	25
Расчеты в среде математических пакетов ЭВМ	4,5	4,5
Оформление отчёта к лабораторным работам	12	12
<b>Подготовка к экзамену</b>	<b>33,8</b>	<b>33,8</b>

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

**5.1 Содержание разделов дисциплины (модуля)**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (указываются темы и дидактические единицы)	Трудоемкость раздела, ак. ч
<b>2 семестр</b>			
1.	Введение. Цели, задачи создания ЦСУ	Основные цели и задачи синтеза систем цифрового управления многосвязными технологическими объектами. Характеристика подходов к синтезу ЦСУ многомерными объектами.	3
2.	Структурный и параметрический синтез дискретных моделей многомерных объектов	Топологии физических связей. Дискретное описание непрерывных многомерных объектов при наличии перекрестных связей и возмущений. Скалярная и матричная дискретные формы описаний. Вывод обобщенных форм записи. Получение разностного уравнения для любого канала из матричной формы модели.	26
3.	Синтез многомерных ЦСУ с перекрестными связями	Принципы синтеза ЦСУ многомерными объектами с перекрестными связями. Дискретное описание цифровых регуляторов и компенсаторов в скалярной и матричной формах. Условие автономности. Вывод дискретных передаточных функций компенсаторов перекрестных связей из условия автономности г-мерной системы. Получение сепаратных подсистем автономной ЦСУ. Расчёт компенсаторов перекрёстных связей по желаемым передаточным функциям объекта. Вывод матрицы дискретных передаточных функций эквивалентных объектов автономной многосвязной системы управления. Одновременная оптимизация основных цифровых регуляторов и сепаратных подсистем по эквивалентным объектам. Оптимизация цифровых регуляторов и компенсаторов при невыполнении условия автономности.	29
4.	Синтез многосвязно-комбинированных ЦСУ	Матричная форма описания связно-комбинированной ЦСУ (СКЦСУ). Условие абсолютной инвариантности. Вывод дискретных передаточных функций компенсаторов возмущений из условия инвариантности. Декомпозиция системы на сепаратные подсистемы. Этапы и алгоритм синтеза СКЦСУ.	45
5.	Синтез многосвязно-комбинированной ЦСУ процессом получения аммиака.	Структурная схема и дискретное математическое описание многомерного процесса получения аммиака. Синтез управляющей части системы. Адаптивная система управления. Идентификация каналов многосвязного нестационарного объекта.	25
6.	Техническая реализация ЦСУ	Аспекты практической реализации ЦСУ. Разработка программного обеспечения информационно-управляющей части системы в среде CoDeSys. Подбор технических средств.	51,5
		<i>Консультации текущие</i>	0,5
		<i>Подготовка к экзамену</i>	33,8
		<i>Консультации перед экзаменом</i>	2
		<i>Экзамен</i>	0,2

## 5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, ак. час	ПЗ (или С), ак. час	ЛР, ак. час	СРО, ак. час
<b>2 семестр</b>					
1.	Введение. Цели, задачи создания ЦСУ	1	-	-	2
2.	Структурный и параметрический синтез дискретных моделей многомерных объектов	2	4	-	20
3.	Синтез многомерных ЦСУ с перекрестными связями	2	6	-	21
4.	Синтез многосвязно-комбинированных ЦСУ	2	4	12	27
5.	Синтез многосвязно-комбинированной ЦСУ процессом получения аммиака.	2	4	-	19
6.	Техническая реализация ЦСУ	1	1	26	23,5
	<i>Консультации текущие</i>			0,5	
	<i>Подготовка к экзамену</i>			33,8	
	<i>Консультации перед экзаменом</i>			2	
	<i>Экзамен</i>			0,2	

### 5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, ак. ч
<b>2 семестр</b>			
1.	Введение. Цели, задачи создания ЦСУ	Основные цели и задачи синтеза систем цифрового управления многосвязными технологическими объектами. Характеристика подходов к синтезу ЦСУ многомерными объектами.	1
2.	Структурный и параметрический синтез дискретных моделей многомерных объектов	Топологии физических связей. Дискретное описание непрерывных многомерных объектов при наличии перекрестных связей и возмущений. Скалярная и матричная дискретные формы описаний. Вывод обобщённых форм записи. Получение разностного уравнения для любого канала из матричной формы модели.	2
3.	Синтез многомерных ЦСУ с перекрестными связями	Принципы синтеза ЦСУ многомерными объектами с перекрестными связями. Дискретное описание цифровых регуляторов и компенсаторов в скалярной и матричной формах. Условие автономности. Вывод дискретных передаточных функций компенсаторов перекрестных связей из условия автономности $n$ -мерной системы. Получение сепаратных подсистем автономной ЦСУ. Расчёт компенсаторов перекрёстных связей по желаемым передаточным функциям объекта. Вывод матрицы дискретных передаточных функций эквивалентных объектов автономной многосвязной системы управления. Одновременная оптимизация основных цифровых регуляторов и сепаратных подсистем по эквивалентным объектам. Оптимизация цифровых регуляторов и компенсаторов при невыполнении условия автономности.	2
4.	Синтез многосвязно-комбинированных ЦСУ	Матричная форма описания связно-комбинированной ЦСУ (СКЦСУ). Условие абсолютной инвариантности. Вывод дискретных передаточных функций компенсаторов возмущений из условия инвариантности. Декомпозиция системы на сепаратные подсистемы. Этапы и алгоритм синтеза СКЦСУ.	2
5.	Синтез многосвязно-комбинированной ЦСУ процессом получения аммиака.	Структурная схема и дискретное математическое описание многомерного процесса получения аммиака. Синтез управляющей части системы. Адаптивная система управления. Идентификация каналов многосвязного нестационарного объекта.	2
6.	Техническая реализация ЦСУ	Аспекты практической реализации ЦСУ. Разработка программного обеспечения информационно-управляющей части системы в среде CoDeSys. Подбор технических средств.	1

## 5.2.2 Практические занятия (семинары)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость раздела, ак. час
<b>2 семестр</b>			
1.	Введение. Цели, задачи создания ЦСУ	-	-
2.	Структурный и параметрический синтез дискретных моделей многомерных объектов	Параметрическая и структурная идентификация дискретных моделей каналов регулирования многомерных объектов	4
3.	Синтез многомерных ЦСУ с перекрестными связями	Структурный и параметрический синтез связанных, несвязанных ЦСУ. Исследование и анализ функционирования оптимальных цифровых систем	6
4.	Синтез многосвязно-комбинированных ЦСУ	Структурный и параметрический синтез каскадных и связно-комбинированных ЦСУ. Исследование и анализ функционирования оптимальных цифровых систем	4
5.	Синтез многосвязно-комбинированной ЦСУ процессом получения аммиака.	Идентификация моделей каналов процесса и оценка адекватности. Вывод дискретных передаточных функций автономных и инвариантных цифровых компенсаторов.	4
6.	Техническая реализация ЦСУ	Номенклатура современных технических средств реализации цифровых многосвязных систем управления. Структура аппаратного и программного обеспечения ЦСУ. Особенности реализации.	1

## 5.2.3 Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость раздела, ак. час
<b>2 семестр</b>			
1.	Введение. Цели, задачи создания ЦСУ	-	-
2.	Структурный и параметрический синтез дискретных моделей многомерных объектов	-	-
3.	Синтез многомерных ЦСУ с перекрестными связями	-	-
4.	Синтез многосвязно-комбинированных ЦСУ	Расчет и моделирование трехмерной ЦСУ.	12
5.	Синтез многосвязно-комбинированной ЦСУ процессом получения аммиака.	-	-
6.	Техническая реализация ЦСУ	Изучение технических средств автоматизации исследовательской лабораторной установки: назначение, конструкция, эксплуатационные характеристики, функции, настройка и эксплуатация. Разработка динамической модели исследовательской лабораторной установки. Выбор и расчет законов регулирования. Разработка программы контроля, диагностики и управления технологическими параметрами с использованием SCADA- системы. Реализация и исследование систем автоматизации.	26

## 5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся (СРО)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРС	Трудоемкость раздела, ак. час
<b>2 семестр</b>			
1.	Введение. Цели, задачи создания ЦСУ	Проработка материалов по конспекту лекций	1
		Проработка материалов по учебникам	1
		Разработка математических моделей	-
		Анализ и расчет по известным математическим моделям	-
		Создание программ с графической оболочкой	-
		Расчеты в среде математических пакетов ЭВМ	-
		Оформление отчёта к лабораторным работам	-
2.	Структурный и параметрический синтез дискретных моделей многомерных объектов	Проработка материалов по конспекту лекций	7
		Проработка материалов по учебникам	4
		Разработка математических моделей	2
		Анализ и расчет по известным математическим моделям	2
		Создание программ с графической оболочкой	5
		Расчеты в среде математических пакетов ЭВМ	-
		Оформление отчёта к лабораторным работам	-
3.	Синтез многомерных ЦСУ с перекрестными связями	Проработка материалов по конспекту лекций	7
		Проработка материалов по учебникам	5
		Разработка математических моделей	2
		Анализ и расчет по известным математическим моделям	2
		Создание программ с графической оболочкой	5
		Расчеты в среде математических пакетов ЭВМ	-
		Оформление отчёта к лабораторным работам	--
4.	Синтез многосвязно-комбинированных ЦСУ	Проработка материалов по конспекту лекций	7
		Проработка материалов по учебникам	5
		Разработка математических моделей	4
		Анализ и расчет по известным математическим моделям	2
		Создание программ с графической оболочкой	5
		Расчеты в среде математических пакетов ЭВМ	-
		Оформление отчёта к лабораторным работам	4
5.	Синтез многосвязно-комбинированной ЦСУ процессом получения аммиака.	Проработка материалов по конспекту лекций	7
		Проработка материалов по учебникам	5
		Разработка математических моделей	2
		Анализ и расчет по известным математическим моделям	5
		Создание программ с графической оболочкой	-
		Расчеты в среде математических пакетов ЭВМ	-
		Оформление отчёта к лабораторным работам	-
6.	Техническая реализация ЦСУ	Проработка материалов по конспекту лекций	2
		Проработка материалов по учебникам	-
		Разработка математических моделей	2
		Анализ и расчет по известным математическим моделям	2
		Создание программ с графической оболочкой	5
		Расчеты в среде математических пакетов ЭВМ	4,5
		Оформление отчёта к лабораторным работам	8

## **6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

Для освоения дисциплины обучающийся может использовать:

### **6.1 Основная литература**

Харазов, В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами / В. Г. Харазов. - СПб.: Профессия, 2009. - 592 с.

Карпов, А.Г. Цифровые системы автоматического регулирования : учебное пособие / А. Г. Карпов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск : ТУСУР, 2015. - 216 с. - Библиогр.: с. 210. - ISBN 978-5-86889-716-0; То же [Электронный ресурс].-URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480640>

Кудряшов, В. С. Моделирование и синтез цифровой многосвязной системы управления процессом получения аммиака [Текст]: монография / В. С. Кудряшов, С. В. Рязанцев, А. В. Иванов; Воронеж. гос. технол. акад. - Воронеж: ВГТА, 2011. - 171 с. Кудряшов В. С. Синтез цифровых систем управления технологическими объектами: уч. пособие для вузов / В. С. Кудряшов, В. К. Битюков, М. В. Алексеев, С. В. Рязанцев. - Воронеж: ВГТА, 2005. - 336 с. <http://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web/SearchResult/ToPage/1>

### **6.2 Дополнительная литература**

Кудряшов, В. С. Основы программирования микропроцессорных контроллеров в цифровых системах управления технологическими процессами [Текст]: учебное пособие / В.С. Кудряшов, А.В. Иванов, М. В. Алексеев, С.В. Рязанцев [и др.]. - Воронеж: ВГУИТ, 2014. - 144 с.

Кудряшов, В. С. Основы цифрового управления: теория и практика [Текст]: учебное пособие / В. С. Кудряшов, М. В. Алексеев, С. В. Рязанцев, А. В. Иванов. Воронеж. гос. технол. акад. - Воронеж, 2010. - 197 с.

Сулимов, Ю.И. Электронные промышленные устройства : учебное пособие / Ю.И. Сулимов. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 125 с. - ISBN 978-5-4332-0075-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208671>

Автоматизация технологических процессов и производств: учебное электронное издание : учебное пособие : [16+] / И. А. Елизаров, В. А. Погонин, В. Н. Назаров, А. А. Третьяков ; Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2018. – 226 с. : табл., граф., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=570292> (дата обращения: 13.07.2022). – Библиогр.: с. 221. – ISBN 978-5-8265-1920-2. – Текст : электронный.

Кудряшов, В. С. Настройка и эксплуатация микропроцессорных устройств для систем управления. Теория и практика [Текст] : учеб. пособие / В. С. Кудряшов, А. В. Иванов, М. В. Алексеев, С. В. Рязанцев, И.А Козенко, А.А. Гайдин; Воронеж. гос. ун-в. инж. техн. – Воронеж : ВГУИТ, 2020. – 236 с.



### 6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

Освоение закрепленных за дисциплиной компетенций осуществляется посредством изучения теоретического материала на лекциях, выполнения лабораторных работ, практических занятий. Учебно-методический комплекс дисциплины размещен в Электронной информационно-образовательной среде ВГУИТ <http://education.vsu.ru/>.

Кудряшов В. С. Конфигурирование микропроцессорного контроллера TPM251 .-Воронеж: ВГТА, 2011. -32 с.

Кудряшов В. С. Конфигурирование микропроцессорного контроллера TPM1 .-Воронеж: ВГТА, 2011. -32 с.

Методические указания к самостоятельной работе обучающихся [электронный ресурс]: метод. указания по дисциплине "Цифровые системы управления» / ВГУИТ; сост. В.С. – Воронеж : ВГУИТ, 2021. 33 с. [ЭИ].

Методические указания размещены дополнительно в Электронной информационно-образовательной среде ВГУИТ <http://education.vsu.ru/> Контроль выполнения самостоятельной работы осуществляется в виде тестирований, опросов, устных ответов.

### 6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	<a href="https://www.edu.ru/">https://www.edu.ru/</a>
Научная электронная библиотека	<a href="https://elibrary.ru/defaultx.asp?">https://elibrary.ru/defaultx.asp?</a>
Национальная исследовательская компьютерная сеть России	<a href="https://niks.su/">https://niks.su/</a>
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Электронная библиотека ВГУИТ	<a href="http://biblos.vsu.ru/megapro/web">http://biblos.vsu.ru/megapro/web</a>
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	<a href="https://minobrnauki.gov.ru/">https://minobrnauki.gov.ru/</a>
Портал открытого on-line образования	<a href="https://npoed.ru/">https://npoed.ru/</a>
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ	<a href="https://education.vsu.ru/">https://education.vsu.ru/</a>

### 6.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

*При изучении дисциплины используется программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: ЭИОС университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения 3KL».*

**При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение :**

Программы	Лицензии, реквизиты подтверждающего документа
Microsoft Windows 7 (64 - bit)	Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level #47881748 от 24.12.2010 г. <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a>
Microsoft Windows 8.1 (64 - bit)	Microsoft Open License Microsoft Windows Professional 8 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#61280574 от 06.12.2012 г.

	<a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a>
Microsoft Office Professional Plus 2010	Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #48516271 от 17.05.2011 г. <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a>
MicrosoftOffice 2007	Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a>
MicrosoftOffice 2010	Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #47881748 от 24.12.2010 г. <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a>
AdobeReaderXI	(бесплатноеПО) <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volumedistribution.htm">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volumedistribution.htm</a>
CoDeSys	CODESYS Development System (бесплатное ПО) <a href="https://www.codesys.com/support-training/codesys-support/licensing.html">https://www.codesys.com/support-training/codesys-support/licensing.html</a> <a href="http://www.owen.ru/catalog/codesys_v2/51162335">http://www.owen.ru/catalog/codesys_v2/51162335</a>
Mathcad Prime 3.1	Договор № ТРУБ 27.01.17 с ООО «ВСГ» от 14.02.2017 г. Mathcad Education – University Edition (50 pack) Maintenance Gold

### **7 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Комплект мебели для учебного процесса.

Рабочие станции (IntelCore i5 – 6400) – 14 шт., мультимедийный проектор с аудиоподдержкой, экран.

### **8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

**Оценочные материалы** (ОМ) для дисциплины (модуля) включают в себя:

- перечень компетенций с указанием индикаторов достижения компетенций, этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

ОМ представляются в виде приложения и **входят в состав рабочей программы дисциплины (модуля)**.

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных материалах».

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

**ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

**1. Требования к результатам освоения дисциплины (перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы)**

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-1	Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности	ИД-1 <sub>ПКв-1</sub> – Анализирует современные программные средства и методы математического моделирования процессов и объектов автоматизации и управления
2	ПКв-6	Способен проводить патентные исследования и определять показатели технического уровня проектируемых систем автоматизации и управления	ИД-1 <sub>ПКв-6</sub> - Определяет показатели технического уровня проектируемых систем автоматизации и управления

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД-1 <sub>ПКв-1</sub> – Анализирует современные программные средства и методы математического моделирования процессов и объектов автоматизации и управления	Знает основы разработки математических моделей, описывающих предметную область
	Умеет: строить модели процессов, оборудования, средств и систем автоматизации
	Имеет навыки: проектировать цифровые системы управления на базе стандартных технических средств автоматизации и выполнять их анализ и настройку для оптимального управления технологическими процессами.
ИД-2 <sub>ПКв-6</sub> - Определяет показатели технического уровня проектируемых систем автоматизации и управления	Знает: нормы и требования к сопровождению разрабатываемых аппаратных и программных средств, систем управления на этапах проектирования
	Умеет: выполнять расчеты блоков и устройств цифровых систем управления на предмет использования в соответствии с техническим заданием с использованием математического аппарата и средств программирования
	Имеет навыки применения результатов моделирования, анализа, синтеза и оптимизации с использованием программных средств для систем управления

## 2 Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые модули/разделы/темы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства		Технология оценки (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1	Введение. Цели, задачи создания ЦСУ	ПКв-1, ПКв-6	Собеседование (вопросы к экзамену)	1-6, 32-36, 62-64	Контроль преподавателем
		ПКв-1	Банк тестовых заданий	1-6	Бланочное или компьютерное тестирование
		-	Кейс-задания	-	Проверка преподавателем
2	Структурный и параметрический синтез дискретных моделей многомерных объектов	ПКв-1, ПКв-6	Собеседование (вопросы к экзамену)	7-13, 37-41, 65-67	Контроль преподавателем
		ПКв-1	Банк тестовых заданий	7-10	Бланочное или компьютерное тестирование
		ПКв-1, ПКв-6	Вопросы для собеседования по практическим работам	1-4, 20-23, 40-42	Контроль преподавателем
		ПКв-1	Кейс-задания	1-2,7	Проверка преподавателем
3	Синтез многомерных ЦСУ с перекрестными связями	ПКв-1, ПКв-6	Собеседование (вопросы к экзамену)	13-18, 42-46, 68-69	Контроль преподавателем
		ПКв-6	Банк тестовых заданий	11-20	Бланочное или компьютерное тестирование
		ПКв-1, ПКв-6	Вопросы для собеседования по практическим работам	5-7, 24-27, 43-45	Контроль преподавателем
		ПКв-1, ПКв-6	Кейс-задания	3	Проверка преподавателем
4	Синтез многосвязно-комбинированных ЦСУ	ПКв-1, ПКв-6	Собеседование (вопросы к экзамену)	19-23, 47-51, 70-72	Контроль преподавателем
		ПКв-6	Банк тестовых заданий	21-28	Бланочное или компьютерное тестирование
		ПКв-1, ПКв-6	Вопросы для собеседования по практическим работам	8-10, 28-31, 46-48	Контроль преподавателем
		ПКв-1, ПКв-6	Вопросы для защиты отчета по лабораторной работе	1-6, 11-16, 21-25	Контроль преподавателем
		ПКв-1, ПКв-6	Кейс-задания	4,6-9	Проверка преподавателем
5	Синтез многосвязно-комбинированной ЦСУ процессом получения	ПКв-1, ПКв-6	Собеседование (вопросы к экзамену)	24-27, 52-56, 73-75	Контроль преподавателем
		-	Банк тестовых заданий	-	Бланочное или компьютерное тестирование

	аммиака	ПКв-1,ПКв-6	Вопросы для собеседования по практическим работам	11-15, 32-35, 49-50	Контроль преподавателем
		ПКв-6	Кейс-задания	10	Проверка преподавателем
6	Техническая реализация ЦСУ	ПКв-1,ПКв-6	Собеседование (вопросы к экзамену)	28-31,57-61,76-77	Контроль преподавателем
		-	Банк тестовых заданий	-	Бланочное или компьютерное тестирование
		ПКв-1,ПКв-6	Вопросы для собеседования по практическим работам	16-19, 36-39, 51-52	Контроль преподавателем
		ПКв-1,ПКв-6	Вопросы для защиты отчета по лабораторной работе	7-10, 17-20, 26-29	Контроль преподавателем
		ПКв-1, ПКв-6	Кейс-задания	5,6	Проверка преподавателем

### 3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной

#### 3.1 Тесты (тестовые задания)

3.1.1 ПКв-1 - Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности

№ задания	Тест (тестовое задание)
1.	<p>Приведенное выражение является <math>\frac{y_{i+1} - y_i}{T_0}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> <b>правым конечно-разностным отношением первого порядка</b></li> <li><input type="checkbox"/> левым конечно-разностным отношением первого порядка</li> <li><input type="checkbox"/> центральным конечно-разностным отношением первого порядка</li> </ul>
2.	<p>Приведенное выражение является <math>\frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{T_0^2}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> конечно-разностным отношением первого порядка</li> <li><input type="checkbox"/> конечно-разностным отношением третьего порядка</li> <li><input type="checkbox"/> <b>конечно-разностным отношением второго порядка</b></li> </ul>
3.	<p>Приведенное выражение является <math>y_i = a_1 y_{i-1} + a_2 y_{i-2} + b u_{i-1}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> конечно-разностным уравнением первого порядка с запаздыванием</li> <li><input type="checkbox"/> конечно-разностным уравнением третьего порядка без запаздывания</li> <li><input type="checkbox"/> <b>конечно-разностным уравнением второго порядка без запаздывания</b></li> <li><input type="checkbox"/> конечно-разностным уравнением второго порядка с запаздыванием</li> </ul>

4.	<p>Выражение является формулой расчета <math>d = \frac{\tau}{T_0}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Времени чистого запаздывания</li> <li><input type="checkbox"/> Постоянной времени</li> <li><input type="checkbox"/> <b>Целого числа тактов запаздывания</b></li> <li><input type="checkbox"/> Параметр <math>T_0</math> называется</li> <li><input type="checkbox"/> постоянной времени</li> <li><input type="checkbox"/> настроечным параметром регулятора</li> <li><input type="checkbox"/> тактом квантования</li> <li><input type="checkbox"/> временем чистого запаздывания</li> </ul>
5.	<p>Приведенное выражение является <math>y_i = \sum_{j=1}^n a_j y_{i-j} + b u_{i-1-d}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> конечно-разностным уравнением первого порядка без запаздывания</li> <li><input type="checkbox"/> конечно-разностным уравнением первого порядка с запаздыванием</li> <li><input type="checkbox"/> <b>конечно-разностным уравнением n-го порядка с запаздыванием</b></li> <li><input type="checkbox"/> конечно-разностным уравнением третьего порядка без запаздывания</li> </ul>
6.	<p>Приведенные выражения являются <math>a_1 = \frac{2T_2^2 + T_1 T_0 - T_0^2}{T_2^2 + T_1 T_0}</math> <math>a_2 = \frac{-T_2^2}{T_2^2 + T_1 T_0}</math> <math>b = \frac{k T_0^2}{T_2^2 + T_1 T_0^2}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Формулами взаимосвязи коэффициентов дифференциального и соответствующего конечно-разностного уравнений первого порядка объекта</li> <li><input type="checkbox"/> <b>Формулами взаимосвязи коэффициентов дифференциального и соответствующего конечно-разностного уравнений второго порядка объекта</b></li> <li><input type="checkbox"/> Формулами взаимосвязи коэффициентов дифференциального и соответствующего конечно-разностного уравнений второго порядка регулятора</li> <li><input type="checkbox"/> Формулами взаимосвязи коэффициентов дифференциального и соответствующего конечно-разностного уравнений первого порядка регулятора</li> </ul>
7.	<p>Разработка дискретной динамической модели объекта на основе экспериментально-статистического подхода по экспериментальным данным входа и выхода называется</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Оптимизацией</li> <li><input type="checkbox"/> <b>Идентификацией</b></li> <li><input type="checkbox"/> Дискретизацией</li> <li><input type="checkbox"/> Инвариантностью</li> </ul>
8.	<p>Идентификация осуществляется на основе</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Метода градиента</li> <li><input type="checkbox"/> Принципа автономности</li> <li><input type="checkbox"/> <b>Метода наименьших квадратов</b></li> <li><input type="checkbox"/> Принципа инвариантности</li> </ul>
9.	<p>Выражение является <math>u_i = u_{i-1} + q_0 e_i + q_1 e_{i-1} + q_2 e_{i-2}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> конечно-разностным уравнением ПИ закона регулирования</li> <li><input type="checkbox"/> конечно-разностным уравнением П закона регулирования</li> <li><input type="checkbox"/> <b>конечно-разностным уравнением ПИД закона регулирования</b></li> <li><input type="checkbox"/> конечно-разностным уравнением И закона регулирования</li> </ul>
10.	<p>Приведенные выражения являются <math>q_0 = \frac{T_0 + T_d}{T_0} k_p</math> <math>q_1 = \frac{-T_0 T_u + T_0^2 - 2T_d T_0}{T_0 T_u} k_p</math> <math>q_2 = k_p \frac{T_d}{T_0}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Уравнениями взаимосвязи дискретных и аналоговых настроечных параметров ПИ закона регулирования</li> <li><input type="checkbox"/> Уравнениями взаимосвязи дискретных и аналоговых параметров объекта управления</li> <li><input type="checkbox"/> <b>Уравнениями взаимосвязи дискретных и аналоговых настроечных параметров ПИД закона регулирования</b></li> <li><input type="checkbox"/> Уравнениями взаимосвязи дискретных и аналоговых настроечных параметров П закона регулирования</li> </ul>

3.1.2 ПКв-6 - Способен проводить патентные исследования и определять показатели технического уровня проектируемых систем автоматизации и управления

№ задания	Тест (тестовое задание)
11.	<p>Оптимизация осуществляется на основе</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Метода наименьших квадратов</li> <li><input type="checkbox"/> Принципа автономности</li> <li><input type="checkbox"/> <b>Метода градиента</b></li> <li><input type="checkbox"/> Принципа инвариантности</li> </ul>
12.	<p>Выражение является <math>\frac{\partial S}{\partial q_k} = 2 \sum ((y_i^2 - y_i) \cdot (-\frac{\partial y_i}{\partial q_k}))</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Формулой численного расчета интегральной квадратичной ошибки</li> <li><input type="checkbox"/> Начальными условиями при оптимизации регулятора в одноконтурной системе</li> <li><input type="checkbox"/> Условие окончания итерационной процедуры поиска оптимума</li> <li><input type="checkbox"/> Формулой расчета нормы градиента</li> <li><input type="checkbox"/> <b>Частной производной интегральной квадратичной ошибки по настройке цифрового регулятора</b></li> </ul>
13.	<p>Выражение является <math>q_k^{l+1} = q_k^l - H_k^l \frac{\partial S^l}{\partial q_k}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Начальными условиями при оптимизации регулятора в одноконтурной системе</li> <li><input type="checkbox"/> <b>Формулой расчета оптимальных значений настройки регулятора</b></li> <li><input type="checkbox"/> Формулой расчета нормы градиента</li> <li><input type="checkbox"/> Системой квазианалитических рекуррентных зависимостей</li> <li><input type="checkbox"/> Частной производной интегральной квадратичной ошибки по настройке цифрового регулятора</li> </ul>
14.	<p>Выражение является <math>H_k^l = \begin{cases} k_1 H_k^{l-1}, \frac{\partial S^l}{\partial q_k} \cdot \frac{\partial S^{l-1}}{\partial q_k} &gt; 0 \\ k_2 H_k^{l-1}, \frac{\partial S^l}{\partial q_k} \cdot \frac{\partial S^{l-1}}{\partial q_k} &lt; 0 \end{cases}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Формулой численного расчета интегральной квадратичной ошибки</li> <li><input type="checkbox"/> <b>Формулой расчета коэффициента шага</b></li> <li><input type="checkbox"/> Формулой расчета оптимальных значений настройки регулятора</li> <li><input type="checkbox"/> Формулой расчета нормы градиента</li> <li><input type="checkbox"/> Частной производной интегральной квадратичной ошибки по настройке цифрового регулятора</li> </ul>
15.	<p>Приведенное выражение является <math>\nabla^l &lt; \xi</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Формулой расчета оптимальных значений настройки регулятора</li> <li><input type="checkbox"/> Формулой расчета нормы градиента</li> <li><input type="checkbox"/> <b>Условие окончания итерационной процедуры поиска оптимума</b></li> <li><input type="checkbox"/> Системой квазианалитических рекуррентных зависимостей</li> </ul>
16.	<p>Оператор сдвига z используется для получения</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> непрерывной передаточной функции</li> <li><input type="checkbox"/> <b>дискретной передаточной функции</b></li> <li><input type="checkbox"/> конечно-разностного уравнения</li> <li><input type="checkbox"/> квазианалитических рекуррентных зависимостей</li> </ul>
17.	<p>Выберите дискретную передаточную функцию, соответствующую приведенному конечно-разностному уравнению</p> $y_i = ay_{i-1} + bu_{i-1-d}$ <p>a) <math>W_0(z) = \frac{bz^{-1-d}}{1+az^{-1}}</math>    b) <math>W_0(z) = \frac{bz^{-1-d}}{1-a}</math></p> <p>c) <math>W_0(z) = \frac{bz^{-1-d}}{1-az^{-1}}</math>    d) <math>W_0(z) = \frac{bz^{-1-d}}{-1-az^{-1}}</math></p>



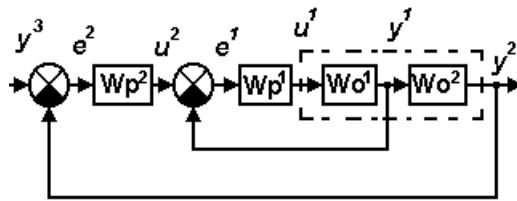
	<input type="checkbox"/> a <input type="checkbox"/> b <input type="checkbox"/> c <input type="checkbox"/> d
18.	<p>Выберите дискретную передаточную функцию, соответствующую приведенному конечно-разностному уравнению</p> $u_i = u_{i-1} + q_0 e_i + q_1 e_{i-1}$ <p> <math>a) W_p(z) = \frac{q_0 - q_1 z^{-1}}{1 - z^{-1}}</math>    <math>b) W_p(z) = \frac{q_0 + q_1 z^{-1}}{1 - z^{-1}}</math>  <math>c) W_p(z) = \frac{q_0 + q_1 z^{-1}}{1 + z^{-1}}</math>    <math>d) W_p(z) = \frac{q_0 - q_1 z^{-1}}{1 + z^{-1}}</math> </p> <input type="checkbox"/> a <input type="checkbox"/> b <input type="checkbox"/> c <input type="checkbox"/> d
19.	<p>Многоконтурные системы используются для объектов, характеризующихся</p> <input type="checkbox"/> существенной инерционностью <input type="checkbox"/> значительными возмущениями <input type="checkbox"/> малой инерционностью <input type="checkbox"/> <b>взаимосвязью регулируемых параметров</b> <input type="checkbox"/> отсутствием возмущений
20.	<p>Укажите формулу для расчета эквивалентного объекта каскадной системы регулирования</p> $a) W_0^{экв} = \frac{W_p^1}{1 + W_p^1 W_0^1} \cdot W_0^2 \quad b) W_0^{экв} = \frac{W_p^1 W_0^1}{1 - W_p^1 W_0^1} \cdot W_0^2$ $c) W_0^{экв} = \frac{W_p^1 W_0^1}{1 + W_p^1 W_0^1} \quad d) W_0^{экв} = \frac{W_p^1 W_0^1}{1 + W_p^1 W_0^1} \cdot W_0^2$ <input type="checkbox"/> a <input type="checkbox"/> b <input type="checkbox"/> c <input type="checkbox"/> d
21.	<p>Выполняя структурные преобразования (свёртку) каскадную систему регулирования можно представить следующей эквивалентной системой:</p> <input type="checkbox"/> <b>Одноконтурной системой</b> <input type="checkbox"/> Комбинированной системой <input type="checkbox"/> Несвязанной системой <input type="checkbox"/> Связанной системой —
22.	<p>Приведенная формула используется для расчета <math>W_k = -\frac{W_0^f}{W_0^u}</math>:</p> <input type="checkbox"/> Автономного компенсатора перекрестных связей <input type="checkbox"/> <b>Инвариантного компенсатора возмущений</b> <input type="checkbox"/> Регулятора каскадной системы <input type="checkbox"/> Эквивалентного объекта связанной системы
23.	<p>Создание систем связанного регулирования заключается в:</p> <input type="checkbox"/> <b>Устранении внутренних связей в объекте</b> <input type="checkbox"/> Выборе объекта без перекрестных связей <input type="checkbox"/> Введении дополнительных внешних компенсирующих связей между регуляторами —
24.	<p>Какие подходы используются при расчете связанной системы:</p> <input type="checkbox"/> метод наименьших квадратов <input type="checkbox"/> метод свертки <input type="checkbox"/> одновременная оптимизация регуляторов и компенсаторов <input type="checkbox"/> метод декомпозиции <input type="checkbox"/> раздельная оптимизация регуляторов и компенсаторов <input type="checkbox"/> метод диагонализации <input type="checkbox"/> принцип инвариантности

	<input type="checkbox"/> <b>на основе принципа автономности</b>
25.	<p>Приведенная система уравнений является</p> $\begin{cases} \bar{e} = \bar{y} - \bar{y} \\ \bar{u}^p = \bar{W}_p \cdot \bar{e} \\ \bar{u} = \bar{W}_k \cdot \bar{u}^p \\ \bar{y} = \bar{W}_0 \cdot \bar{u} \end{cases}$ <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Векторно-матричным описанием каскадной системы</li> <li><input type="checkbox"/> Векторно-матричным описанием одноконтурной системы</li> <li><input type="checkbox"/> Скалярным описанием комбинированной системы</li> <li><input type="checkbox"/> <b>Векторно-матричным описанием связанной системы</b></li> <li><input type="checkbox"/> Скалярным описанием связанной системы</li> <li><input type="checkbox"/> Скалярным описанием несвязанной системы</li> <li><input type="checkbox"/> Векторно-матричным описанием несвязанной системы</li> </ul>
26.	<p>Укажите структуру матрицы передаточных функций регуляторов при использовании векторно-матричным описанием связанной системы регулирования</p> $a) \bar{W}_p = \begin{bmatrix} W_p^1 & W_p^2 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad c) \bar{W}_p = \begin{bmatrix} W_p^1 & 0 \\ 0 & W_p^2 \end{bmatrix}$ $b) \bar{W}_p = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ W_p^1 & W_p^2 \end{bmatrix} \quad d) \bar{W}_p = \begin{bmatrix} 0 & W_p^2 \\ W_p^1 & 0 \end{bmatrix}$ <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> a</li> <li><input type="checkbox"/> b</li> <li><input type="checkbox"/> c</li> <li><input type="checkbox"/> d</li> </ul>
27.	<p>Приведенное выражение является <math>\bar{y} = (I + \bar{W}_0 \bar{W}_k \bar{W}_p)^{-1} \cdot \bar{W}_0 \bar{W}_k \bar{W}_p \bar{y}^3</math>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Скалярным описанием комбинированной системы</li> <li><input type="checkbox"/> Векторно-матричным описанием несвязанной системы</li> <li><input type="checkbox"/> Скалярным описанием несвязанной системы</li> <li><input type="checkbox"/> Векторно-матричным описанием каскадной системы</li> <li><input type="checkbox"/> <b>Векторно-матричным описанием связанной системы</b></li> <li><input type="checkbox"/> Скалярным описанием связанной системы</li> <li><input type="checkbox"/> Векторно-матричным описанием одноконтурной системы</li> </ul>
28.	<p>Приведённое выражение является <math>\bar{W}_k^{u,авт} = -(\bar{W}_0^{u,авт})^{-1} \bar{W}_0^{u,авт}</math>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Скалярным описанием несвязанной системы</li> <li><input type="checkbox"/> Скалярным описанием комбинированной системы</li> <li><input type="checkbox"/> Скалярным описанием связанной системы</li> <li><input type="checkbox"/> Векторно-матричным описанием несвязанной системы</li> <li><input type="checkbox"/> Векторно-матричным описанием каскадной системы</li> <li><input type="checkbox"/> <b>Векторно-матричной формулой расчета автономных компенсаторов связанной системы</b></li> </ul>

### 3.2 Кейс- задания

3.2.1 ПКв-1 - Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности

№ задания	Условие задачи (формулировка задания)
01	<p>Составить структурную схему и записать систему разностных уравнений и начальные условия для расчета переходного процесса по заданию в каскадной ЦСУ с цифровыми ПИ - регуляторами и моделями каналов объекта 2-го порядка с запаздыванием</p> <p>Ответ</p>



$$u_i^2 = u_{i-1}^2 + q_0^2(y_i^3 - y_i^2) + q_1^2(y_{i-1}^3 - y_{i-1}^2),$$

$$u_i^1 = u_{i-1}^1 + q_0^1(u_i^2 - y_i^1) + q_1^1(u_{i-1}^2 - y_{i-1}^1),$$

$$y_{i+d1+1}^1 = a_1^1 y_{i+d1}^1 + a_2^1 y_{i+d1-1}^1 + b^1 u_i^1,$$

$$y_{i+d1+d2+2}^2 = a_1^2 y_{i+d1+d2+1}^2 + a_2^2 y_{i+d1+d2}^2 + b^2 y_{i+d1+1}^1, \quad i = \overline{mc, N}.$$

$mc$  - переменная, принимающая наибольшее значение из порядков разностных уравнений моделей каналов объекта (в данном случае  $mc=2$ )

Расчет динамики проводится при следующих начальных условиях:

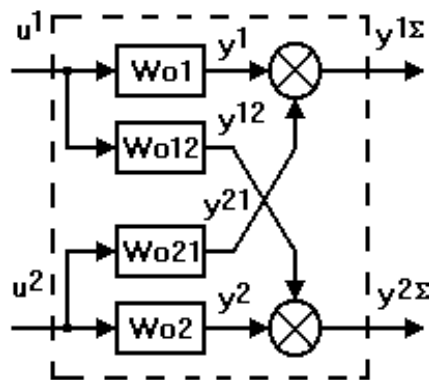
$$y_i^3 = \begin{cases} 0 & \text{при } i < mc \\ y^3 & \text{при } i \geq mc \end{cases}, \quad y^3 - \text{величина задающего воздействия}; \quad u_i^2 = 0, \quad i = \overline{1, mc-1};$$

$$u_i^1 = 0, \quad i = \overline{1, mc-1}; \quad y_i^1 = 0, \quad i = \overline{1, mc+d1}; \quad y_i^2 = 0, \quad i = \overline{1, mc+d1+d2+1}.$$

02

Составить структурную схему и записать систему разностных уравнений для расчета переходного процесса двумерного объекта с перекрестными связями между параметрами (для основных каналов объекта использовать разностные уравнения 2-го порядка, для перекрестных – первого и третьего порядков с транспортным запаздыванием)

Ответ:



$$y_{i+d1+1}^1 = a_1^1 y_{i+d1}^1 + a_2^1 y_{i+d1-1}^1 + b^1 u_i^1,$$

$$y_{i+d12+1}^{12} = a_1^{12} y_{i+d12}^{12} + b^{12} u_i^1,$$

$$y_{i+d2+1}^2 = a_1^2 y_{i+d2}^2 + b_1^2 u_i^2 + b_2^2 u_{i-1}^2,$$

$$y_{i+d21+1}^{21} = a_1^{21} y_{i+d21}^{21} + a_2^{21} y_{i+d21-1}^{21} + a_3^{21} y_{i+d21-2}^{21} + b^{21} u_i^2,$$

$$y_{i+d1+1}^{1\Sigma} = y_{i+d1+1}^1 + y_{i+d1+1}^{21},$$

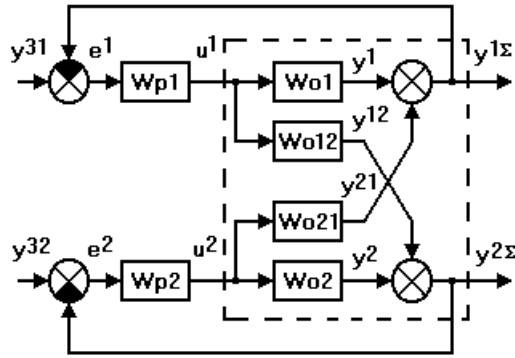
$$y_{i+d2+1}^{2\Sigma} = y_{i+d2+1}^2 + y_{i+d2+1}^{12},$$

03

Составить структурную схему и записать систему разностных уравнений несвязанной системы управления объектом с двумя взаимосвязанными параметрами с перекрестными связями (для основных каналов объекта использовать разностные уравнения 2-го порядка, для перекрестных – первого и

третьего порядков с транспортным запаздыванием, для регуляторов – уравнения второго порядка)

Ответ:



$$u_i^1 = u_{i-1}^1 + q_0^1(y_i^{31} - y_i^{1\Sigma}) + q_1^1(y_{i-1}^{31} - y_{i-1}^{1\Sigma}) + q_2^1(y_{i-2}^{31} - y_{i-2}^{1\Sigma}),$$

$$u_i^2 = u_{i-1}^2 + q_0^2(y_i^{32} - y_i^{2\Sigma}) + q_1^2(y_{i-1}^{32} - y_{i-1}^{2\Sigma}) + q_2^2(y_{i-2}^{32} - y_{i-2}^{2\Sigma}),$$

$$y_{i+d1+1}^1 = a_1^1 y_{i+d1}^1 + a_2^1 y_{i+d1-1}^1 + b^1 u_i^1,$$

$$y_{i+d12+1}^{12} = a_1^{12} y_{i+d12}^{12} + b^{12} u_i^1,$$

$$y_{i+d2+1}^2 = a_1^2 y_{i+d2}^2 + b_1^2 u_i^2 + b_2^2 u_{i-1}^2,$$

$$y_{i+d21+1}^{21} = a_1^{21} y_{i+d21}^{21} + a_2^{21} y_{i+d21-1}^{21} + a_3^{21} y_{i+d21-2}^{21} + b^{21} u_i^2,$$

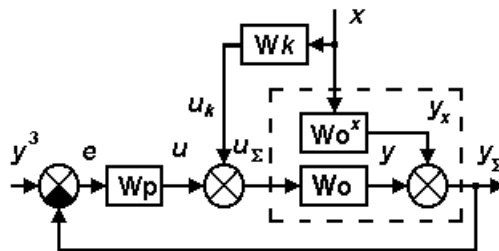
$$y_{i+d1+1}^{1\Sigma} = y_{i+d1+1}^1 + y_{i+d1+1}^{21},$$

$$y_{i+d2+1}^{2\Sigma} = y_{i+d2+1}^2 + y_{i+d2+1}^{12}$$

04

Составить структурную схему, записать систему уравнений и начальные условия для расчета переходного процесса по заданию при наличии возмущения в комбинированной ЦСУ с цифровым ПИ - регулятором, ПД - компенсатором и моделями каналов объекта: основного - 2-го порядка с запаздыванием, возмущения - 1-го порядка с запаздыванием

Ответ:



$$u_i = u_{i-1} + q_0(y_i^3 - y_i) + q_1(y_{i-1}^3 - y_{i-1}),$$

$$u_{ki} = q_0^x(-x_i) + q_1^x(-x_{i-1}),$$

$$u_{\Sigma i} = u_i + u_{ki},$$

$$y_{i+d+1} = a_1 y_{i+d} + a_2 y_{i+d-1} + b u_{\Sigma i},$$

$$y_{i+dx+1}^x = a_1^x y_{i+dx}^x + b^x x_i,$$

$$y_{i+d+1}^{\Sigma} = y_{i+d+1} + y_{i+d+1}^x,$$

Расчет проводится при нулевых начальных условиях:

$$y_i^3 = \begin{cases} 0 & \text{при } i < mc \\ y^3 & \text{при } i \geq mc \end{cases}; x_i = \begin{cases} 0 & \text{при } i < mc \\ x & \text{при } i = mc, \\ 0 & \text{при } i > mc \end{cases}$$

	<p>где <math>y^3, x</math> - величины входных воздействий (ступенчатого и импульсного); <math>mc</math> - переменная, принимающая наибольшее значение из порядков (<math>mc=2</math>);</p> $u_i = 0, u_{k_i} = 0, u_{\Sigma_i} = 0, i = \overline{1, mc-1};$ $y_i = 0, i = \overline{1, mc+d}; y_i^x = 0, i = \overline{1, mc+dx};$ $y_i^\Sigma = 0, i = \overline{1, mc+d},$ <p><math>\bar{d}</math> - наименьшее число тактов чистого запаздывания из <math>d</math> и <math>dx</math></p>
05	<p>Получить вывод разностного уравнения из аналогового ПИД – закона регулирования          Ответ:</p> $u(t) = k_p \left( e(t) + \frac{1}{T_{уз}} \int_0^t e(t) dt + T_{np} \frac{de(t)}{dt} \right)$ $\frac{du(t)}{dt} = k_p \left( \frac{de(t)}{dt} + \frac{1}{T_{уз}} e(t) + T_{np} \frac{d^2e(t)}{dt^2} \right)$ <p>Производные <math>\frac{du(t)}{dt}, \frac{de(t)}{dt}, \frac{d^2e(t)}{dt^2}</math> заменим конечными разностями:</p> $\frac{u_{i+1} - u_i}{T_0} = k_p \left( \frac{e_{i+1} - e_i}{T_0} + \frac{1}{T_{уз}} e_i + T_{np} \frac{e_{i+1} - 2e_i + e_{i-1}}{T_0^2} \right).$ <p>После преобразований получаем рекуррентное разностное уравнение ПИД-регулятора:</p> $u_i = u_{i-1} + q_0 e_i + q_1 e_{i-1} + q_2 e_{i-2},$ <p>где <math>q_0 = k_p \left( 1 + \frac{T_{np}}{T_0} \right); q_1 = -k_p \left( 1 + 2 \frac{T_{np}}{T_0} - \frac{T_0}{T_{уз}} \right);</math></p> $q_2 = k_p \frac{T_{np}}{T_0}.$

### 3.2.2 ПКв-6 - Способен проводить патентные исследования и определять показатели технического уровня проектируемых систем автоматизации и управления

№ задания	Условие задачи (формулировка задания)
06	<p>Записать разностное уравнение ПИД - регулятора, начальные нулевые условия и привести расчёт переходного процесса          Ответ:</p> $u_i = u_{i-1} + q_0 e_i + q_1 e_{i-1} + q_2 e_{i-2}$ <p>Расчёт переходного процесса цифрового ПИД-регулятора при нулевых начальных условиях:</p> $e_i = \begin{cases} 0 & \text{при } i < 3 \\ 1 & \text{при } i \geq 3 \end{cases}, \quad u_1 = u_2 = 0.$ $u_3 = u_2 + q_0 = q_0,$ $u_4 = u_3 + q_0 + q_1 = 2q_0 + q_1,$ $u_5 = u_4 + q_0 + q_1 + q_2 = 2q_0 + q_1 + q_0 + q_1 + q_2 = 3q_0 + 2q_1 + q_2,$ <p>...</p> $u_N = u_{N-1} + q_0 + q_1 + q_2 = (N-2)q_0 + (N-3)q_1 + (N-4)q_2.$

07	<p>Привести расчёт переходного процесса по заданию цифровой одноконтурной системы регулирования для нулевых начальных условий (цифровой регулятор первого порядка, объект - второго порядка с запаздыванием</p> $u_i = u_{i-1} + q_0(y_i^3 - y_i) + q_1(y_{i-1}^3 - y_{i-1}),$ $y_{i+d+1} = a_1 y_{i+d} + a_2 y_{i+d-1} + b u_i, \quad i = \overline{mc, N}.$ <p>Ответ: Расчет проводится при следующих начальных условиях:</p> $y_i^3 = \begin{cases} 0, & i < mc \\ y^3, & i \geq mc \end{cases} \quad (mc = 2), \quad y^3 - \text{величина задающего воздействия};$ $u_i = 0, \quad i = \overline{1, mc-1}; \quad y_i = 0, \quad i = \overline{1, mc+d}.$ $u_2 = u_1 + q_0(y_2^3 - y_2) + q_1(y_1^3 - y_1) = q_0,$ $y_{3+d} = a_1 y_{2+d} + a_2 y_{1+d} + b u_2 = b q_0,$ $u_3 = u_2 + q_0(y_3^3 - y_3) + q_1(y_2^3 - y_2) = q_0 + q_0(1 - b q_0) + q_1,$ $y_{4+d} = a_1 y_{3+d} + a_2 y_{2+d} + b u_3 = a_1 b q_0 + b(2q_0 - b q_0 + q_1),$ $\dots$ $u_N = u_{N-1} + q_0(y_N^3 - y_N) + q_1(y_{N-1}^3 - y_{N-1}),$ $y_{N+d+1} = a_1 y_{N+d} + a_2 y_{N+d-1} + b u_N.$
08	<p>Получить выражения квазианалитических производных разностных уравнений регулятора и канала объекта по настройкам цифрового регулятора первого порядка, модель объекта – уравнение второго порядка с запаздыванием. Показать нулевые начальные условия для расчёта численных значений производных</p> <p>Ответ:</p> $u_i = u_{i-1} + q_0(y_i^3 - y_i) + q_1(y_{i-1}^3 - y_{i-1}),$ $y_{i+d+1} = a_1 y_{i+d} + a_2 y_{i+d-1} + b u_i$ <p>Для вычисления <math>\frac{\partial y_i}{\partial q_0}, \frac{\partial y_i}{\partial q_1}</math>, дифференцируя уравнения, получим следующие квазианалитические рекуррентные выражения:</p> $\frac{\partial u_i}{\partial q_0} = \frac{\partial u_{i-1}}{\partial q_0} + (y_i^3 - y_i) - q_0 \frac{\partial y_i}{\partial q_0} - q_1 \frac{\partial y_{i-1}}{\partial q_0},$ $\frac{\partial u_i}{\partial q_1} = \frac{\partial u_{i-1}}{\partial q_1} - q_0 \frac{\partial y_i}{\partial q_1} + (y_{i-1}^3 - y_{i-1}) - q_1 \frac{\partial y_{i-1}}{\partial q_1},$ $\frac{\partial y_{i+d+1}}{\partial q_0} = a_1 \frac{\partial y_{i+d}}{\partial q_0} + a_2 \frac{\partial y_{i+d-1}}{\partial q_0} + b \frac{\partial u_i}{\partial q_0},$ $\frac{\partial y_{i+d+1}}{\partial q_1} = a_1 \frac{\partial y_{i+d}}{\partial q_1} + a_2 \frac{\partial y_{i+d-1}}{\partial q_1} + b \frac{\partial u_i}{\partial q_1}, \quad i = \overline{mc, N}, \quad (mc = 2)$ <p>Начальные условия для расчета производных:</p> $\frac{\partial u_i}{\partial q_0} = 0, \quad i = \overline{1, mc-1}, \quad \frac{\partial u_i}{\partial q_1} = 0, \quad i = \overline{1, mc-1},$ $\frac{\partial y_i}{\partial q_0} = 0, \quad i = \overline{1, mc+d}, \quad \frac{\partial y_i}{\partial q_1} = 0, \quad i = \overline{1, mc+d}.$

09

Привести вывод передаточной функции эквивалентного объекта внешнего контура каскадной системы регулирования на примере: каналы объекта – разностные уравнения второго порядка с запаздыванием, регулятор внутреннего контура – первого порядка

$$W_o^{\text{экв}}(z) = \frac{y^2(z)}{u^2(z)} = \frac{W_p^1(z)W_o^1(z)}{1 - W_p^1(z)W_o^1(z)} W_o^2(z)$$

Ответ:

$$W_p^1(z) = \frac{u^1(z)}{e^1(z)} = \frac{q_0^1 + q_1^1 z^{-1}}{1 - z^{-1}} = \frac{Q^1(z)}{P^1(z)},$$

$$W_o^1(z) = \frac{y^1(z)}{u^1(z)} = \frac{b^1 z^{-d_1-1}}{1 - a_1^1 z^{-1} - a_2^1 z^{-2}} = \frac{B^1(z)}{A^1(z)},$$

$$W_o^2(z) = \frac{y^2(z)}{y^1(z)} = \frac{b^2 z^{-d_2-1}}{1 - a_1^2 z^{-1} - a_2^2 z^{-2}} = \frac{B^2(z)}{A^2(z)},$$

где  $Q^1(z), P^1(z), B^1(z), A^1(z), B^2(z), A^2(z)$  - полиномы.

Подставляем передаточные функции объекта внутреннего, внешнего контура и регулятора внутреннего контура в эквивалентную передаточную функцию:

$$\begin{aligned} W_o^{\text{экв}}(z) &= \frac{y^2(z)}{u^2(z)} = \frac{\frac{Q^1(z)}{P^1(z)} \frac{B^1(z)}{A^1(z)} \frac{B^2(z)}{A^2(z)}}{1 - \frac{Q^1(z)}{P^1(z)} \frac{B^1(z)}{A^1(z)}} \\ &= \frac{Q^1(z) B^1(z) B^2(z)}{[P^1(z) A^1(z) - Q^1(z) B^1(z)] A^2(z)}. \end{aligned}$$

После подстановки полиномов и проведения аналитических преобразований получим:

$$W_o^{\text{экв}}(z) = \frac{y^2(z)}{u^2(z)} = \frac{\alpha_1 z^{-d_1-d_2-2} + \alpha_2 z^{-d_1-d_2-3}}{1 - \beta_1 z^{-1} - \beta_2 z^{-2} - \beta_3 z^{-3} - \beta_4 z^{-4} - \beta_5 z^{-5} - \beta_6 z^{-d_1-1} - \beta_7 z^{-d_1-2} - \beta_8 z^{-d_1-3} - \beta_9 z^{-d_1-4}},$$

где  $\alpha_1 = q_0^1 b^1 b^2$ ;  $\alpha_2 = q_1^1 b^1 b^2$ ;  $\beta_1 = a_1^1 + a_2^1 + 1$ ;

$\beta_2 = a_2^1 - a_1^1 - a_1^2 a_1^1 - a_2^1$ ;  $\beta_3 = a_2^1 - a_1^2 a_2^1 + a_1^2 a_1^1 - a_2^2 a_1^1 - a_2^2$ ;

$\beta_4 = a_1^2 a_2^1 - a_2^2 a_2^1 + a_2^2 a_1^1$ ;  $\beta_5 = a_2^2 a_2^1$ ;  $\beta_6 = q_0^1 b^1$ ;

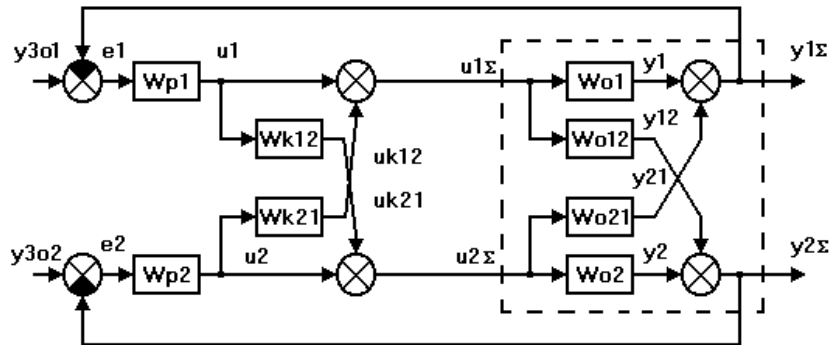
$\beta_7 = q_1^1 - a_1^2 q_0^1 b^1$ ;  $\beta_8 = -a_1^2 q_1^1 - a_2^2 q_0^1 b^1$ ;  $\beta_9 = -a_2^2 q_1^1$ .

Используя обратное преобразование  $z$ , находим разностное уравнение эквивалентного объекта:

$$\begin{aligned} y_{i+d_1+d_2+2}^2 &= \beta_1 y_{i+d_1+d_2+1}^2 + \beta_2 y_{i+d_1+d_2}^2 + \beta_3 y_{i+d_1+d_2-1}^2 + \\ &+ \beta_4 y_{i+d_1+d_2-2}^2 + \beta_5 y_{i+d_1+d_2-3}^2 + \beta_6 y_{i+d_2+1}^2 + \beta_7 y_{i+d_2}^2 + \\ &+ \beta_8 y_{i+d_2-1}^2 + \beta_9 y_{i+d_2-2}^2 + \alpha_1 u_i^2 + \alpha_2 u_{i-1}^2. \end{aligned}$$

10

Составить структурную схему и записать систему разностных уравнений связанной системы управления объектом с двумя взаимосвязанными параметрами с перекрестными связями (для основных каналов объекта использовать разностные уравнения 2-го порядка, для перекрестных – первого и третьего порядков с транспортным запаздыванием, для регуляторов и компенсаторов – уравнения второго порядка)



$$u_i^1 = u_{i-1}^1 + q_0^1(y_i^{31} - y_i^{1\Sigma}) + q_1^1(y_{i-1}^{31} - y_{i-1}^{1\Sigma}) + q_2^1(y_{i-2}^{31} - y_{i-2}^{1\Sigma}),$$

$$u_i^2 = u_{i-1}^2 + q_0^2(y_i^{32} - y_i^{2\Sigma}) + q_1^2(y_{i-1}^{32} - y_{i-1}^{2\Sigma}) + q_2^2(y_{i-2}^{32} - y_{i-2}^{2\Sigma}),$$

$$uk_i^{12} = uk_{i-1}^{12} + q_0^{12}(-u_i^1) + q_1^{12}(-u_{i-1}^1) + q_2^{12}(-u_{i-2}^1),$$

$$uk_i^{21} = uk_{i-1}^{21} + q_0^{21}(-u_i^2) + q_1^{21}(-u_{i-1}^2) + q_2^{21}(-u_{i-2}^2),$$

$$u_i^{1\Sigma} = u_i^1 + uk_i^{21},$$

$$u_i^{2\Sigma} = u_i^2 + uk_i^{12},$$

$$y_{i+d1+1}^1 = a_1^1 y_{i+d1}^1 + a_2^1 y_{i+d1-1}^1 + b^1 u_i^{1\Sigma},$$

$$y_{i+d12+1}^{12} = a_1^{12} y_{i+d12}^{12} + b^{12} u_i^{1\Sigma},$$

$$y_{i+d2+1}^2 = a_1^2 y_{i+d2}^2 + b_1^2 u_i^{2\Sigma} + b_2^2 u_{i-1}^{2\Sigma},$$

$$y_{i+d21+1}^{21} = a_1^{21} y_{i+d21}^{21} + a_2^{21} y_{i+d21-1}^{21} + a_3^{21} y_{i+d21-2}^{21} + b^{21} u_i^{2\Sigma},$$

$$y_{i+d1+1}^{1\Sigma} = y_{i+d1+1}^1 + y_{i+d1+1}^{21},$$

$$y_{i+d2+1}^{2\Sigma} = y_{i+d2+1}^2 + y_{i+d2+1}^{12},$$

### 3.3 Собеседование (вопросы к зачету, экзамену, защите лабораторных работ)

#### 3.3.1 Вопросы по практическим работам

ПКв-1 - Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности

№	Формулировка вопроса
1.	Уравнение материального баланса в равновесном состоянии
2.	Уравнение материального баланса в переходном режиме
3.	Уравнение теплового баланса в равновесном состоянии
4.	Уравнение теплового баланса в переходном режиме.
5.	Линеаризация дифференциального уравнения
6.	Переход от абсолютных величин физических параметров к приращениям при



	разработке математической модели объекта управления
7.	Переход от приращений физических параметров к безразмерным величинам при разработке математической модели объекта управления
8.	Что представляют собой безразмерные величины при разработке математической модели объекта управления
9.	Как выбирают базисные значения величин при разработке модели объекта
10.	Уравнение материального баланса в равновесном состоянии для смесителя.
11.	Уравнение материального баланса в переходном режиме для смесителя.
12.	Уравнение материального баланса в равновесном состоянии для емкости под давлением
13.	Уравнение материального баланса в переходном режиме для емкости под давлением
14.	Уравнение теплового баланса в равновесном состоянии для поверхностного теплообменника.
15.	Уравнение теплового баланса в переходном режиме для поверхностного теплообменника.
16.	По дифференциальному уравнению записать передаточные функции объекта по каждому входу (каналу)
17.	По передаточной функции составить структурную схему объекта.
18.	По полученному дифференциальному уравнению записать зависимости коэффициентов уравнения от физико-химических параметров процесса и характеристик аппаратов
19.	Как по виду графика переходного процесса определить порядок объекта?

ПКв-6 - Способен проводить патентные исследования и определять показатели технического уровня проектируемых систем автоматизации и управления

№	Формулировка вопроса
20.	Как по графику переходного процесса определить постоянную времени, время запаздывания и коэффициент усиления устойчивого объекта первого порядка?
21.	Как по графику переходного процесса определить постоянную времени, время запаздывания и коэффициент усиления устойчивого объекта второго порядка?
22.	Как по графику переходного процесса определить постоянную времени, время запаздывания и коэффициент усиления устойчивого объекта третьего порядка?
23.	Как по графику переходного процесса определить постоянную времени, время запаздывания и коэффициент усиления устойчивого объекта четвертого порядка?
24.	Как по графику переходного процесса определить постоянную времени, время запаздывания и коэффициент усиления устойчивого объекта пятого порядка?
25.	Как по графику переходного процесса определить постоянную времени, время запаздывания и коэффициент усиления нейтрального объекта первого порядка?
26.	Как по графику переходного процесса определить постоянную времени, время запаздывания и коэффициент усиления нейтрального объекта второго порядка?
27.	Как по описанию объекта определить необходимую схему регулирования?
28.	Как по описанию объекта выбрать закон регулирования?
29.	Как по описанию объекта определить настройки закона регулирования?
30.	Какие приближенные модели объектов используются при графоаналитическом методе расчета закона регулирования?
31.	Назовите типовые переходные процессы систем регулирования.
32.	От чего зависит переходной процесс в системе автоматического регулирования?
33.	Какие подходы существуют к определению свойств объектов?
34.	Какие подходы используются для определению свойств простых объектов?

35.	Какие подходы используются для определению свойств сложных объектов?
36.	Какие показатели качества используются при выборе закона регулирования?
37.	Поясните порядок выбора закона регулирования?
38.	Что такое динамический коэффициент регулирования в системах с устойчивыми объектами?
39.	Что такое динамический коэффициент регулирования в системах с нейтральными объектами?
40.	Как выбирают величину амплитуды входного ступенчатого воздействия Хв?
41.	С какого регулятора начинают проверку для систем регулирования с нейтральным объектом?
42.	Для систем с каким регулятором проверяют величину статической ошибки?
43.	Какими свойствами обладают системы автоматического регулирования с И-регуляторами?
44.	Какими свойствами обладают системы автоматического регулирования с П-регуляторами?
45.	Какими свойствами обладают системы автоматического регулирования с ПИ-регуляторами?
46.	Какими свойствами обладают системы автоматического регулирования с ПИД-регуляторами?
47.	Приведите схему выбора регулятора для систем с устойчивыми объектами.
48.	Приведите схему выбора регулятора для систем с нейтральными объектами.
49.	Область применения П-регулятора.
50.	Область применения И-регулятора.
51.	Область применения ПИ-регулятора.
52.	Область применения ПИД-регулятора.

### 3.1.1 Вопросы к защите отчетов по лабораторным работам

ПКв-1 - Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности

№	Формулировка вопроса
1.	Приведите схему учебно-исследовательской лабораторной установки автоматизации технологических параметров процесса.
2.	Назовите составные элементы технологической части учебно-исследовательской лабораторной установки.
3.	Назовите технические средства измерения температуры, используемые в учебно-исследовательской лабораторной установке. Опишите принцип их работы. Назовите технические характеристики.
4.	Назовите технические средства измерения расхода, используемые в учебно-исследовательской лабораторной установке. Опишите принцип их работы. Назовите технические характеристики.
5.	Назовите технические средства измерения уровня, используемые в учебно-исследовательской лабораторной установке. Опишите принцип их работы. Назовите технические характеристики
6.	Назовите технические средства измерения давления, используемые в учебно-исследовательской лабораторной установке. Опишите принцип их работы. Назовите технические характеристики
7.	Назовите устройства связи объекта приборной части учебно-исследовательской лабораторной установки. Опишите принцип их работы. Назовите технические характеристики
8.	Назовите регуляторы приборной части учебно-исследовательской лабораторной установки. Опишите принцип их работы. Назовите технические характеристики

9.	Назовите программируемые логические контроллеры приборной части учебно-исследовательской лабораторной установки. Опишите принцип их работы. Назовите технические характеристики.
10.	Назовите исполнительные устройства приборной части учебно-исследовательской лабораторной установки. Опишите принцип их работы. Назовите технические характеристики
11.	Аппаратно-независимая система программирования контроллеров CoDeSys? Назначении и краткая характеристика.
12.	Программные компоненты и ресурсы CoDeSys.
13.	Создание проекта в CoDeSys.
14.	Разработка приложения в CoDeSys.
15.	Добавление в CoDeSys модулей опроса и записи по протоколу ModBus.
16.	Формирование канала опроса в CoDeSys.
17.	Архивирование данных в CoDeSys.
18.	Построение графиков трендов измеряемых параметров в CoDeSys.
19.	Реализация закона регулирования в CoDeSys системными средствами
20.	Реализация закона регулирования в CoDeSys путем написания собственной программы.

ПКв-6 - Способен проводить патентные исследования и определять показатели технического уровня проектируемых систем автоматизации и управления

№	Формулировка вопроса
21.	Разработка функционального блока (POU).
22.	Операторы языка программирования ST.
23.	Инициализация функционального блока (POU).
24.	Запись разработанного проекта в устройство (ПЛК оло СПК).
25.	Стандартные подзадачи при создании графического пользовательского интерфейса (визуализации) для контроллера СПК207 в среде CoDeSys v3.5.
26.	Графические элементы используемые при создании графического пользовательского интерфейса (визуализации) для контроллера СПК207 в среде CoDeSys v3.5.
27.	Основы визуализации
28.	Изменение свойств графических элементов, используемых при создании графического пользовательского интерфейса (визуализации) для контроллера СПК207 в среде CoDeSys v3.5
29.	Связь переменных проекта с графическими элементами.

### 3.1.2 Вопросы к экзамену

ПКв-1 - Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности

№	Формулировка вопроса
1.	Понятие АСУТП. Назначение, функции.
2.	Классификация АСУТП.
3.	Режимы работы АСУТП.
4.	Подсистемы АСУТП. Назначение, функции.
5.	Типовые схемы автоматизированного регулирования процессов перемещения жидкостей.

6.	Типовые схемы автоматизированного регулирования процессов перемещения газов.
7.	Типовые схемы автоматизированного регулирования процессов разделения и очистки неоднородных систем.
8.	Типовые схемы автоматизированного регулирования тепловых процессов. Теплообменник смешения.
9.	Типовые схемы автоматизированного регулирования тепловых процессов. Поверхностный теплообменник.
10.	Типовые схемы автоматизированного регулирования тепловых процессов. Конденсаторы.
11.	Типовые схемы автоматизированного регулирования тепловых процессов. Трубчатые печи.
12.	Типовые схемы автоматизированного регулирования тепловых процессов. Выпарная установка.
13.	Типовые схемы автоматизации массообменных процессов. Абсорбция.
14.	Типовые схемы автоматизации массообменных процессов. Абсорбция-десорбция.
15.	Типовые схемы автоматизации массообменных процессов. Ректификация.
16.	Типовые схемы автоматизации массообменных процессов. Экстракция.
17.	Типовые схемы автоматизации массообменных процессов. Сушка.
18.	Типовые схемы автоматизации реакторных процессов.
19.	Автоматизация производства аммиачной селитры.
20.	Автоматизация производства бутадиена из бутана.
21.	Автоматизация и основных процессов производства хлеба.
22.	Автоматизация основных процессов производства сахара.
23.	Автоматизация и основных процессов производства молочных продуктов.
24.	Автоматизация основных процессов производства мясных продуктов.
25.	Одноконтурные системы регулирования. Назначение. Структурная схема. Составные элементы.
26.	Каскадные системы регулирования. Назначение. Структурная схема. Составные элементы.
27.	Комбинированные системы регулирования. Назначение. Структурная схема. Составные элементы.
28.	Несвязные системы регулирования. Назначение. Структурная схема. Составные элементы.
29.	Связные системы регулирования. Назначение. Структурная схема. Составные элементы.
30.	Адаптивные системы регулирования. Назначение. Структурная схема. Составные элементы.
31.	Системы регулирования низкой чувствительности. Назначение. Структурная схема. Составные элементы.

ПКв-6 - Способен проводить патентные исследования и определять показатели технического уровня проектируемых систем автоматизации и управления

№	Формулировка вопроса
30.	Системы регулирования объектов с запаздыванием. Назначение. Структурная схема. Составные элементы.
31.	Виды математических описаний объектов химической и пищевой промышленности.
32.	Свойства объектов химической и пищевой промышленности.
33.	Подходы к составлению математического описания объектов химической и пищевой промышленности.

34.	Основные характеристики объектов химической и пищевой промышленности.
35.	Составление математического описания объекта на основе аналитического (детерминированного) подхода на примере смесителя постоянного объема.
36.	Составление математического описания объекта на основе аналитического (детерминированного) подхода на примере аппарата с газом под давлением.
37.	Составление математического описания объекта на основе аналитического (детерминированного) подхода на примере поверхностного теплообменника.
38.	Составление математического описания объекта на основе аналитического (детерминированного) подхода на примере химического реактора непрерывного действия.
39.	Получение временных характеристик на основе экспериментального подхода.
40.	Аппроксимация переходных (временных) характеристик объекта
41.	Измерительные преобразователи и приборы измерения температуры. Математическое описание.
42.	Измерительные преобразователи и приборы измерения давления. Математическое описание.
43.	Измерительные преобразователи и приборы измерения уровня жидкости. Математическое описание.
44.	Измерительные преобразователи и приборы измерения расхода и количества вещества. Математическое описание.
45.	Измерительные преобразователи и приборы измерения состава и концентрации вещества. Математическое описание.
46.	Преобразователи. Математическое описание.
47.	Автоматические регуляторы. Классификация. Описание и характеристики.
48.	Исполнительные устройства. Виды и характеристики.
49.	Составление математического описания и исследование автоматических систем регулирования объектов химической и пищевой технологии.
50.	Выбор типа автоматического регулятора и определение параметров его настройки
51.	Расчет исполнительных устройств
52.	Схема расчета систем стабилизации.
53.	Разработка математической дискретной динамической модели ОУ. Виды и подходы к построению моделей.
54.	Синтез математической модели с использованием экспериментально-статистического подхода. Определения.
55.	Снятие временных характеристик.
56.	Аппроксимация переходных процессов. Замена производных КРО (формула Эйлера). Переход от дифференциальных уравнений к конечно-разностным. КРО для третьей и четвертой производных.
57.	Получение конечно-разностных уравнений типовых динамических звеньев (усилительное звено, звено запаздывания, апериодическое звено первого порядка с запаздыванием и без запаздывания, апериодическое (колебательное, консервативное) звено второго порядка с запаздыванием и без запаздывания). Ограничения на параметры.
58.	Получение конечно-разностных уравнений типовых динамических звеньев (интегрирующее и дифференцирующее реальное и идеальное, звенья третьего и четвертого порядков). Ограничения на параметры.
59.	Расчет переходных процессов объекта управления по дискретной динамической модели объекта. Начальные условия в общем виде и на примере конкретного уравнения.
60.	Параметрическая идентификация дискретной динамической модели методом наименьших квадратов. Общий случай и на примере конкретного звена.
61.	Получение конечно-разностных уравнений цифровых регуляторов и области допустимых изменений параметров (П, И, Д, ПД, ПИД, ПИ). Задание начальных условий и построение их переходных характеристик. Уравнение цифрового регулятора и начальные условия в общем виде.
62.	Расчет переходных процессов в замкнутой цифровой системе

	регулирования по задающему и возмущающему воздействию. Начальные условия. В общем виде и на конкретном примере.
63.	Алгоритм оптимизации настроек цифрового регулятора. Укрупненная схема алгоритма поиска оптимальных настроек цифрового регулятора.
64.	Использование z-преобразования для описания дискретных систем.
65.	Синтез многоконтурных ЦСУ. Каскадные системы регулирования. Общие положения. Подходы к настройке. Алгоритм оптимизации по методу декомпозиции по критерию интегральной квадратичной ошибки с использованием квазианалитических рекуррентных зависимостей.
66.	Синтез многоконтурных ЦСУ. Комбинированные системы регулирования. Общие положения. Подходы к настройке. Принцип инвариантности. Алгоритм оптимизации инвариантных систем по критерию интегральной квадратичной ошибки с использованием квазианалитических рекуррентных зависимостей
67.	Синтез многоконтурных ЦСУ. Комбинированные системы регулирования. Общие положения. Подходы к настройке. Алгоритм последовательной оптимизации комбинированной системы по критерию интегральной квадратичной ошибки с использованием квазианалитических рекуррентных зависимостей
68.	Синтез многоконтурных ЦСУ. Комбинированные системы регулирования. Общие положения. Подходы к настройке. Алгоритм одновременной оптимизации комбинированной системы по критерию интегральной квадратичной ошибки с использованием квазианалитических рекуррентных зависимостей.
69.	Синтез многоконтурных ЦСУ. Системы несвязанного регулирования. Общие положения. Подходы к расчету. Алгоритм последовательной оптимизации по критерию интегральной квадратичной ошибки с использованием квазианалитических рекуррентных зависимостей
70.	Синтез многоконтурных ЦСУ. Системы несвязанного регулирования. Общие положения. Подходы к расчету. Алгоритм одновременной оптимизации по критерию интегральной квадратичной ошибки с использованием квазианалитических рекуррентных зависимостей.
71.	Синтез многоконтурных ЦСУ. Системы связанного регулирования. Общие положения. Подходы к расчету. Принцип автономности. Алгоритм настройки автономной системы связанной регулирования по первому подходу. Использовать скалярное и векторно-матричное описание. По критерию интегральной квадратичной ошибки с использованием квазианалитических рекуррентных зависимостей
72.	Синтез многоконтурных ЦСУ. Системы связанного регулирования. Общие положения. Подходы к расчету. Алгоритм последовательной оптимизации по критерию интегральной квадратичной ошибки с использованием квазианалитических рекуррентных зависимостей
73.	Синтез многоконтурных ЦСУ. Системы связанного регулирования. Общие положения. Подходы к расчету. Алгоритм одновременной оптимизации по критерию интегральной квадратичной ошибки с использованием квазианалитических рекуррентных зависимостей.
74.	Синтез многоконтурных ЦСУ. Системы регулирования объектами со связанными параметрами. Общие положения. Подходы к расчету. Алгоритм последовательной оптимизации по критерию интегральной квадратичной ошибки с использованием квазианалитических рекуррентных зависимостей
75.	Расчет показателей качества регулирования (интегральная квадратичная ошибка, время регулирования, статическая ошибка, перерегулирование, коэффициент затухания)

#### **4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Процедуры оценивания в ходе изучения дисциплины знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, регламентируются

положениями:

- П ВГУИТ 2.4.03 Положение о курсовых, экзаменах и зачетах;
- П ВГУИТ 4.1.02 Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости.

Для оценки знаний, умений, навыков студентов по дисциплине **«Цифровые системы управления»** применяется балльно-рейтинговая система.

**Рейтинговая система** оценки осуществляется в течение всего семестра при проведении аудиторных занятий, показателем ОМ является текущий опрос в виде собеседования, сдачи тестов, кейс-заданий по предложенной преподавателем теме, за каждый правильный ответ студент получает 5 баллов (зачтено - 5, незачтено - 0). Максимальное число баллов по результатам текущей работы в семестре 50.

**Бальная система** служит для получения экзамена и/или зачета по дисциплине.

Максимальное число баллов за семестр – 100.

Максимальное число баллов по результатам текущей работы в семестре – 50.

Максимальное число баллов на экзамене и/или зачете – 50.

Минимальное число баллов за текущую работу в семестре – 30.

Студент, набравший в семестре менее 30 баллов, может заработать дополнительные баллы, отработав соответствующие разделы дисциплины или выполнив обязательные задания, для того, чтобы быть допущенным до экзамена и/или зачета.

Студент, набравший за текущую работу менее 30 баллов, т.к. не выполнил всю работу в семестре по объективным причинам (болезнь, официальное освобождение и т.п.) допускается до экзамена и/или зачета, однако ему дополнительно задаются вопросы на собеседовании по разделам, выносимым на экзамен и/или зачет.

В случае неудовлетворительной сдачи экзамена и/или зачета студенту предоставляется право повторной сдачи в срок, установленный для ликвидации академической задолженности по итогам соответствующей сессии. При повторной сдаче экзамена и/или зачета количество набранных студентом баллов на предыдущем экзамене и/или зачете не учитывается.

Экзамен и/или зачет может проводиться в виде тестового задания и кейс-задач или собеседования и кейс-заданий и/или задач.

Для получения оценки «отлично» суммарная балльно-рейтинговая оценка студента по результатам работы в семестре и на экзамене должна составлять 85 и выше баллов;

- оценки «хорошо» суммарная балльно-рейтинговая оценка студента по результатам работы в семестре и на экзамене должна составлять от 75 до 84,99 баллов;

- оценки «удовлетворительно» суммарная балльно-рейтинговая оценка студента по результатам работы в семестре и на экзамене должна составлять от 60 до 74,99 баллов;

- оценки «неудовлетворительно» суммарная балльно-рейтинговая оценка студента по результатам работы в семестре и на экзамене должна составлять менее 60 баллов.

Для получения оценки «зачтено» суммарная балльно-рейтинговая оценка студента по результатам работы в семестре и на зачете должна быть не менее 60 баллов.

**5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания для каждого результата обучения по дисциплине**

Результаты обучения по этапам формирования компетенций	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	Шкала оценивания	
				Академическая оценка или баллы	Уровень освоения компетенции
<b>ПКв-1 Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности</b>					
<b>ЗНАТЬ:</b> основы разработки математических моделей, описывающих предметную область	Собеседование (экзамен)	Знание об основах разработки математических моделей, описывающих предметную область	обучающийся грамотно решил кейс-задания, ответил на все вопросы, но допустил одну ошибку	Отлично	Освоена (повышенный)
			обучающийся правильно решил кейс-задания, ответил на все вопросы, но допустил две ошибки	Хорошо	Освоена (повышенный)
			обучающийся предложил вариант решения кейс-задания, ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ, не допустил ошибки	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			обучающийся не предложил вариантов решения кейс-задания, в ответе допустил более пяти ошибок	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
	Тест	Результат тестирования	50% и более правильных ответов	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			менее 50% правильных ответов	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
<b>УМЕТЬ:</b> строить модели процессов, оборудования, средств и систем автоматизации	Собеседование (защита лабораторной работы, ответы на вопросы по практическим занятиям)	Умение строить модели процессов, оборудования, средств и систем автоматизации	обучающийся активно участвовал в выполнении работы, получил и обработал результаты эксперимента, проанализировал их, допустил не более 5 ошибок в ответах на вопросы при защите лабораторной работы, ответил на вопросы по практическим занятиям	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			обучающийся выполнял роль	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)



			наблюдателя при выполнении работы, не внес вклад в обработку результатов эксперимента, не защитил лабораторную работу, не ответил на вопросы по практическим занятиям		
<b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками проектировать цифровые системы управления на базе стандартных технических средств автоматизации и выполнять их анализ и настройку для оптимального управления технологическими процессами.	Кейс-задание	Содержание решения	обучающийся грамотно разобрался в ситуации, выявил причины случившейся ситуации, предложил несколько альтернативных вариантов выхода из сложившейся ситуации	зачтено	Освоена (повышенный)
			обучающийся разобрался в ситуации, выявил причины случившейся ситуации, предложил один вариант выхода из сложившейся ситуации	зачтено	Освоена (повышенный)
			обучающийся разобрался в сложившейся ситуации, однако не выявил причины случившегося и не предложил вариантов решения	зачтено	Освоена (базовый)
			обучающийся не разобрался в сложившейся ситуации, не выявил причины случившегося и не предложил вариантов решения	не зачтено	Не освоена (недостаточный)
<b>ПКв-6 - Способен проводить патентные исследования и определять показатели технического уровня проектируемых систем автоматизации и управления</b>					
<b>ЗНАТЬ:</b> нормы и требования к сопровождению разрабатываемых аппаратных и программных средств, систем управления на этапах проектирования	Собеседование (экзамен)	Знание о нормах и требованиях к сопровождению разрабатываемых аппаратных и программных средств, систем управления на этапах проектирования	обучающийся грамотно решил кейс-задания, ответил на все вопросы, но допустил одну ошибку	Отлично	Освоена (повышенный)
			обучающийся правильно решил кейс-задания, ответил на все вопросы, но допустил две ошибки	Хорошо	Освоена (повышенный)
			обучающийся предложил вариант решения кейс-задания, ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ, не	Удовлетворительно	Освоена (базовый)

			допустил ошибки				
			обучающийся не предложил вариантов решения кейс-задания, в ответе допустил более пяти ошибок	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)		
			Тест	Результат тестирования	50% и более правильных ответов	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
					менее 50% правильных ответов	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
<b>УМЕТЬ:</b> выполнять расчеты блоков и устройств цифровых систем управления на предмет использования в соответствии с техническим заданием с использованием математического аппарата и средств программирования	Собеседование (защита лабораторной работы, ответы на вопросы по практическим занятиям)	Умение выполнять расчеты блоков и устройств цифровых систем управления на предмет использования в соответствии с техническим заданием с использованием математического аппарата и средств программирования	обучающийся активно участвовал в выполнении работы, получил и обработал результаты эксперимента, проанализировал их, допустил не более 5 ошибок в ответах на вопросы при защите лабораторной работы, ответил на вопросы по практическим занятиям	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)		
			обучающийся выполнял роль наблюдателя при выполнении работы, не внес вклада в обработку результатов эксперимента, не защитил лабораторную работу, не ответил на вопросы по практическим занятиям	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)		
<b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками применения результатов моделирования, анализа, синтеза и оптимизации с использованием программных средств для систем управления	Кейс-задание	Содержание решения	обучающийся грамотно разобрался в ситуации, выявил причины случившейся ситуации, предложил несколько альтернативных вариантов выхода из сложившейся ситуации	зачтено	Освоена (повышенный)		
			обучающийся разобрался в ситуации, выявил причины случившейся ситуации, предложил один вариант выхода из сложившейся ситуации	зачтено	Освоена (повышенный)		
			обучающийся разобрался в сложившейся ситуации, однако не выявил причины случившегося и не предложил вариантов решения	зачтено	Освоена (базовый)		

			обучающийся не разобрался в сложившейся ситуации, не выявил причины случившегося и не предложил вариантов решения	не зачтено	Не освоена (недостаточный)
--	--	--	---	------------	----------------------------