

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 МНОГОМЕРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Направление подготовки

27.03.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль)

Системы автоматизированного управления

Квалификация выпускника

Бакалавр

1. Цель и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины «Цифровые многомерные системы управления» является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сферах: обеспечения выпуска (поставки) продукции, соответствующей требованиям нормативных документов и технических условий; метрологического обеспечения разработки, производства, испытаний и эксплуатации продукции; исследования, разработки и эксплуатации средств и систем автоматизации и управления различного назначения; повышения эффективности производства продукции с оптимальными технико-экономическими показателями путем применения средств автоматизации и механизации)

Дисциплина направлена на решение задач профессиональной деятельности следующих типов:

- проектно-конструкторский;
- производственно-технологический;
- сервисно-эксплуатационный.

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 27.03.04 Управление в технических системах, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 31.07.2020 № 871.

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-2	Способен производить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления в соответствии с техническим заданием	ИД-1 _{ПКв-2} – Производит расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления
1	ПКв-3	Способен проводить техническое оснащение рабочих мест и внедрение результатов разработок средств и систем автоматизации и управления в производство	ИД-2 _{ПКв-3} – Участвует во внедрении результатов разработок отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД-1 _{ПКв-2} – Производит расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления	Знает: математический аппарат, методы и программные продукты для расчета и проектирования систем автоматизации
	Умеет: выполнять расчеты блоков и устройств цифровых многомерных систем управления на предмет использования в соответствии с техническим заданием с использованием математического аппарата и средств программирования
	Имеет навыки: проектировать системы управления на базе стандартных технических средств автоматизации и выполнять их анализ и настройку для оптимального управления технологическими процессами.

ИД-2 _{ПКв-3} – Участвует во внедрении результатов разработок отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления	Знает: основы теории измерений; метрологические характеристики технических средств измерений
	Умеет: на практике оценивать погрешности результатов измерений систем управления
	Имеет навыки применения результатов моделирования, анализа, синтеза и оптимизации систем с использованием программных средств для цифровых систем управления

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» ОП ВО. Дисциплина является обязательной к изучению.

Дисциплина базируется на знаниях, умениях и компетенциях, сформированных при изучении дисциплин: «Программирование и основы алгоритмизации»; «Математические модели и численные методы в решении задач АСУТП»; «Микропроцессоры и микроконтроллеры в системах управления»; «Идентификация и диагностика систем».

Дисциплина является завершающей при подготовке бакалавров по направлению 27.03.04 «Управление в технических системах».

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **5** зачетных единиц.

Виды учебной работы	Всего ак. ч	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч	
		7 семестр	8 семестр
Общая трудоемкость дисциплины	180	72	108
Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:	75,05	30,85	44,2
Лекции	25	15	10
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	–	–	–
Лабораторные работы (ЛР)	15	15	–
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	15	15	–
Практические занятия (ПЗ)	30	–	30
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	30	–	30
Консультации текущие	1,25	0,75	0,5
Консультации перед экзаменом	2	–	2
Вид аттестации (курсовая работа)	1,5	–	1,5
Вид аттестации (зачет)	0,1	0,1	–
Вид аттестации (экзамен)	0,2	–	0,2
Самостоятельная работа:	71,15	41,15	30
Проработка материалов по конспекту лекций	13,15	9,15	4
Проработка материалов по учебникам	15	10	5
Подготовка к практическим занятиям	3	–	3
Подготовка к лабораторным работам	10	10	–
Подготовка отчетов по практическим работам	6	–	6
Подготовка отчетов по лабораторным работам	12	12	–
Курсовая работа	12	–	12
Подготовка к экзамену	33,8	–	33,8

5 Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием количества академических часов и видов учебных занятий

5.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость раздела, ак. ч
7 семестр			
1	Введение. Цели, задачи создания ЦМСУ	Основные цели и задачи синтеза систем цифрового управления многосвязными технологическими объектами. Характеристика подходов к синтезу ЦСУ многомерными объектами.	8
2	Структурный и параметрический синтез дискретных моделей многомерных объектов	Дискретное описание непрерывных многомерных объектов при наличии перекрестных связей и возмущений. Обобщённые формы записи.	30,15
3	Синтез многомерных ЦСУ с перекрестными связями	Принципы синтеза ЦСУ многомерными объектами. Дискретное описание цифровых регуляторов и компенсаторов в скалярной форме. Описание системы. Условие автономности. Вывод дискретных передаточных функций компенсаторов перекрестных связей из условия автономности. Примеры реализации. Получение сепаратных подсистем автономной ЦСУ. Расчёт компенсаторов перекрестных связей по желаемым передаточным функциям объекта. Преимущества и недостатки. Вывод матрицы дискретных передаточных функций эквивалентных объектов многосвязной системы управления при выполнении условия автономности. Одновременная оптимизация основных цифровых регуляторов и сепаратных подсистем по эквивалентным объектам. Оптимизация цифровых регуляторов и компенсаторов при невыполнении условия автономности.	33
<i>Консультации текущие</i>			<i>0,75</i>
<i>Зачет</i>			<i>0,1</i>
8 семестр			
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.	23
5	Синтез многосвязно-комбинированной ЦСУ процессом получения аммиака.	Постановка задач управления. Структурная схема и дискретное математическое описание многомерного процесса получения аммиака. Синтез управляющей части системы. Адаптивная система управления. Идентификация каналов многосвязного нестационарного объекта.	21
6	Техническая реализация ЦСУ	Аспекты практической реализации ЦСУ. Разработка программного обеспечения информационно-управляющей части системы в среде CoDeSys. Подбор стандартных средств автоматизации, измерительной и вычислительной техники. Сертификация технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов.	17
<i>Консультации текущие</i>			<i>0,5</i>
<i>Курсовая работа</i>			<i>1,5</i>
<i>Подготовка к экзамену</i>			<i>33,8</i>
<i>Консультации перед экзаменом</i>			<i>2</i>
<i>Экзамен</i>			<i>0,2</i>

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, ак. ч	ПЗ, ак. ч	ЛР, ак. ч	СРО, ак. ч
7 семестр					
1	Введение. Цели, задачи создания ЦМСУ	2	-	-	6
2	Структурный и параметрический синтез дискретных моделей многомерных объектов	6	-	7	17,15
3	Синтез многомерных ЦСУ с перекрестными связями	7	-	8	18
	<i>Консультации текущие</i>				0,75
	<i>Зачет</i>				0,1
8 семестр					
4	Синтез многосвязно-комбинированных ЦСУ	6	10	-	7
5	Синтез многосвязно-комбинированной ЦСУ процессом получения аммиака.	5	10	-	6
6	Техническая реализация ЦСУ	2	10	-	5
	Курсовая работа	-	-	-	12
	<i>Консультации текущие</i>				0,5
	<i>Курсовая работа</i>				1,5
	<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 раздела, ак. ч
7 семестр			
1	Введение. Цели, задачи создания ЦМСУ	Основные цели и задачи синтеза систем цифрового управления многосвязными технологическими объектами. Характеристика подходов к синтезу ЦСУ многомерными объектами.	2
2	Структурный и параметрический синтез дискретных моделей многомерных объектов	Дискретное описание непрерывных многомерных объектов при наличии перекрестных связей и возмущений. Обобщенные формы записи.	6
3	Синтез многомерных ЦСУ с перекрестными связями	Принципы синтеза ЦСУ многомерными объектами. Дискретное описание цифровых регуляторов и компенсаторов в скалярной форме. Описание системы. Условие автономности. Вывод дискретных передаточных функций компенсаторов перекрестных связей из условия автономности. Примеры реализации. Получение сепаратных подсистем автономной ЦСУ. Расчёт компенсаторов перекрестных связей по желаемым передаточным функциям объекта. Преимущества и недостатки. Вывод матрицы дискретных передаточных функций эквивалентных объектов многосвязной системы управления при выполнении условия автономности. Одновременная оптимизация основных цифровых регуляторов и сепаратных подсистем по эквивалентным объектам. Оптимизация цифровых регуляторов и компенсаторов при невыполнении условия автономности.	7
8 семестр			
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.	6

5	Синтез многосвязно-комбинированной ЦСУ процессом получения аммиака.	Постановка задач управления. Структурная схема и дискретное математическое описание многомерного процесса получения аммиака. Синтез управляющей части системы. Адаптивная система управления. Идентификация каналов многосвязного нестационарного объекта.	5
6	Техническая реализация ЦСУ	Аспекты практической реализации ЦСУ. Разработка программного обеспечения информационно-управляющей части системы в среде CoDeSys. Подбор стандартных средств автоматики, измерительной и вычислительной техники. Сертификация технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов.	2

5.2.2 Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость раздела, ак. ч
8 семестр			
4	Синтез многосвязно-комбинированных ЦСУ	Структурный и параметрический синтез каскадных и связно-комбинированных ЦСУ. Исследование и анализ функционирования оптимальных цифровых систем	10
5	Синтез многосвязно-комбинированной ЦСУ процессом получения аммиака.	Идентификация моделей каналов процесса и оценка адекватности. Вывод дискретных передаточных функций автономных и инвариантных цифровых компенсаторов.	10
6	Техническая реализация ЦСУ	Номенклатура и подбор стандартных средств автоматики, измерительной и вычислительной техники для реализации цифровых многосвязных систем управления. Структура аппаратного и программного обеспечения ЦСУ. Особенности реализации. Сертификация технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов.	10

5.2.3 Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость раздела, ак. ч
7 семестр			
1.	Введение. Цели, задачи создания ЦМСУ	-	-
2.	Структурный и параметрический синтез дискретных моделей многомерных объектов	Параметрическая и структурная идентификация дискретных моделей каналов регулирования многомерных объектов	7
3.	Синтез многомерных ЦСУ с перекрестными связями	Структурный и параметрический синтез связанных, несвязанных ЦСУ. Исследование и анализ функционирования оптимальных цифровых систем	8

5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся (СРО)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость раздела, ак. ч
7 семестр			
1	Введение. Цели, задачи создания ЦМСУ	Проработка материалов по конспекту лекций Проработка материалов по учебникам	6
2.	Структурный и параметрический синтез дискретных моделей многомерных объектов	Проработка материалов по конспекту лекций Проработка материалов по учебникам Подготовка к лабораторным работам Отчет по лабораторным работам	17,15

3.	Синтез многомерных ЦСУ с перекрестными связями	Проработка материалов по конспекту лекций Проработка материалов по учебникам Подготовка к лабораторным работам Отчет по лабораторным работам	18
8 семестр			
4.	Синтез многосвязно-комбинированных ЦСУ	Проработка материалов по конспекту лекций Проработка материалов по учебникам Подготовка к практическим работам Отчет по практическим работам	7
5.	Синтез многосвязно-комбинированной ЦСУ процессом получения аммиака.	Проработка материалов по конспекту лекций Проработка материалов по учебникам Подготовка к практическим работам Отчет по практическим работам	6
6.	Техническая реализация ЦСУ	Проработка материалов по конспекту лекций Проработка материалов по учебникам Подготовка к практическим работам Отчет по практическим работам	5
Курсовая работа			12

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Для освоения дисциплины обучающийся может использовать:

6.1 Основная литература

Настройка и эксплуатация микропроцессорных устройств для систем управления (Теория и практика) [Текст] : учеб. пособие / В. С. Кудряшов, С. В. Рязанцев, А. В. Иванов [и др.]; Воронеж. гос. унив. инж. техн. – Воронеж : ВГУИТ, 2020. – 235 с.

Настройка и программирование цифровых систем управления с использованием контролеров, панелей оператора и частотных преобразователей (Теория и практика) [Текст] : учеб. пособие / В. С. Кудряшов, А. В. Иванов, М. В. Алексеев [и др.]; Воронеж. гос. унив. инж. техн. – Воронеж : ВГУИТ, 2020. – 215 с.

Методы синтеза цифровых систем управления многосвязными технологическими объектами [Текст] : монография / В. С. Кудряшов [и др.]; ВГУИТ, Кафедра информационных и управляющих систем. - Воронеж : ВГУИТ, 2018. - 333 с. - 31 экз. + Электрон. ресурс. - Библиогр.: с. 320-331. - ISBN 978-5-00032-303-8 : 400-00.

Карпов, А. Г. Цифровые системы автоматического регулирования : учебное пособие / А. Г. Карпов ; Томский Государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР). – Томск : ТУСУР, 2015. – 216 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480640>

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

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.

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. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208671>

Синтез цифровых систем управления технологическими объектами [Текст] : учебное пособие для студ. вузов (гриф МО) / Владимир Сергеевич Кудряшов [и др.]; Воронеж. гос. технол. акад. ; науч. ред. В. К. Битюков. - Воронеж, 2005. - 304 с. - 275 экз. - Библиогр.: с. 327-335 (57 назв.). - ISBN 5-89448-362-X : 104-00.

6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

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

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплин (модулей) в ФГБОУ ВО ВГУИТ [Электронный ресурс] : методические указания для обучающихся на всех уровнях высшего образования / М. М. Данылиев, Р. Н. Плотникова; ВГУИТ, Учебно-методическое управление. - Воронеж : ВГУИТ, 2015. – Режим доступа : <http://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web/SearchResult/MarcFormat/100813>. - Загл. с экрана

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

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

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

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

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 ЗКЛ».

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.

	http://eopen.microsoft.com
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. http://eopen.microsoft.com
Microsoft Office Professional Plus 2010	Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #48516271 от 17.05.2011 г. http://eopen.microsoft.com
MicrosoftOffice 2007	Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 http://eopen.microsoft.com
MicrosoftOffice 2010	Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #47881748 от 24.12.2010 г. http://eopen.microsoft.com
AdobeReaderXI	(бесплатное ПО) https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volumedistribution.htm
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
CODESYS Development System	(бесплатное ПО) https://www.codesys.com/support-training/codesys-support/licensing.html http://www.owen.ru/catalog/codesys_v2/51162335

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория для проведения учебных занятий № 324

Комплект мебели для учебного процесса.

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

Учебная аудитория для проведения учебных занятий № 327

Комплект мебели для учебного процесса.

Рабочие станции (Intel Core i5 - 6400) – 14 шт.,

Стеллажи с описанием приборов ОВЕН и примерами схем автоматизации, шкафы автоматического управления с микропроцессорными приборами: цифровые регуляторы ТРМ1, ТРМ101, ТРМ251, модули ввода/вывода МВ110, МВА8, МВУ8, программируемые логические контроллеры ПЛК110, операторские сенсорные панели СП270, счетчики импульсов СИ8, блоки питания БП14, эмуляторы печи ЭП10, термометры сопротивления дТС035-50М.В3.120, термопары ДТПЛ015-010.100, преобразователи интерфейсов АС4).

Учебная аудитория для проведения учебных занятий № 405

Комплект мебели для учебного процесса.

Проектор Epson EB-X41.

Допускается использование других аудиторий в соответствии с расписанием учебных занятий и оснащенных соответствующим материально-техническим или программным обеспечением.

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ
к рабочей программе

1. Организационно-методические данные дисциплины для заочной формы обучения

1.1 Объемы различных форм учебной работы и виды контроля в соответствии с учебным планом

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 5 зачетных единиц.

Виды учебной работы	Всего ак. ч	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч	
		8 семестр	9 семестр
Общая трудоемкость дисциплины	180	72	108
Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:	30,6	11,5	19,1
Лекции	8	4	4
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	–	–	–
Лабораторные работы (ЛР)	6	6	–
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	6	6	–
Практические занятия (ПЗ)	10	–	10
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	10	–	10
Консультации текущие	1,2	0,6	0,6
Рецензирование контрольной работы	1,6	0,8	0,8
Консультации перед экзаменом	2	–	2
Вид аттестации (курсовая работа)	1,5	–	1,5
Вид аттестации (зачет)	0,1	0,1	–
Вид аттестации (экзамен)	0,2	–	0,2
Самостоятельная работа:	138,7	56,6	82,1
Проработка материалов по конспекту лекций	16,7	8,6	8,1
Проработка материалов по учебникам	45	20	25
Подготовка к практическим занятиям	6	–	6
Подготовка к лабораторным работам	8	8	–
Подготовка отчетов по практическим работам	8	–	8
Подготовка отчетов по лабораторным работам	10	10	–
Выполнение контрольной работы	20	10	10
Курсовая работа	25	–	25
Подготовка к экзамену, зачету (Контроль)	10,7	3,9	6,8

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

ЦИФРОВЫЕ МНОГОМЕРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-2	Способен производить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления в соответствии с техническим заданием	ИД-1 _{ПКв-2} – Производит расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления
1	ПКв-3	Способен проводить техническое оснащение рабочих мест и внедрение результатов разработок средств и систем автоматизации и управления в производство	ИД-2 _{ПКв-3} – Участвует во внедрении результатов разработок отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД-1 _{ПКв-2} – Производит расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления	Знает: математический аппарат, методы и программные продукты для расчета и проектирования систем автоматизации
	Умеет: выполнять расчеты блоков и устройств цифровых многомерных систем управления на предмет использования в соответствии с техническим заданием с использованием математического аппарата и средств программирования
	Имеет навыки: проектировать системы управления на базе стандартных технических средств автоматизации и выполнять их анализ и настройку для оптимального управления технологическими процессами.
ИД-2 _{ПКв-3} – Участвует во внедрении результатов разработок отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления	Знает: основы теории измерений; метрологические характеристики технических средств измерений
	Умеет: на практике оценивать погрешности результатов измерений систем управления
	Имеет навыки применения результатов моделирования, анализа, синтеза и оптимизации систем с использованием программных средств для цифровых систем управления

2 Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Разделы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства		Технология /процедура оценивания (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1	Введение. Цели, задачи создания ЦМСУ	ПКв-2 ПКв-3	Банк тестовых заданий	1-29	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование (вопросы к зачету, экзамену)	121-198	Контроль преподавателем
2	Структурный и параметрический синтез дискретных моделей многомерных объектов	ПКв-2 ПКв-3	Банк тестовых заданий	1-29	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование практическая	40-91	Защита работ
			Кейс-задача	30-39	Уровневая шкала
			Собеседование (вопросы к зачету, экзамену)	121-198	Контроль преподавателем

3	Синтез многомерных ЦСУ с перекрестными связями	ПКв-2 ПКв-3	Банк тестовых заданий	1-29	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование практическая	40-91	Защита работ
			Кейс-задача	30-39	Уровневая шкала
			Собеседование (вопросы к зачету, экзамену)	121-198	Контроль преподавателем
4	Синтез многосвязно-комбинированных ЦСУ	ПКв-2 ПКв-3	Банк тестовых заданий	1-29	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование лабораторная	92-105	Защита работ
			Собеседование практическая	40-91	Защита работ
			Кейс-задача	30-39	Уровневая шкала
			Собеседование (вопросы к зачету, экзамену)	121-198	Контроль преподавателем
5	Синтез многосвязно-комбинированной ЦСУ процессом получения аммиака	ПКв-2 ПКв-3	Банк тестовых заданий	1-29	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование практическая	40-91	Защита работ
			Кейс-задача	30-39	Уровневая шкала
			Собеседование (вопросы к зачету, экзамену)	121-198	Контроль преподавателем
6	Техническая реализация ЦСУ	ПКв-2 ПКв-3	Банк тестовых заданий	1-29	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование лабораторная	92-105	Защита работ
			Собеседование практическая	40-91	Защита работ
			Кейс-задача	30-39	Уровневая шкала
			Собеседование (вопросы к зачету, экзамену)	121-198	Контроль преподавателем

3. Оценочные материалы 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 программы

3.1 Тесты (тестовые задания)

3.1.1 Шифр и наименование компетенции

ПКв-2 Способен производить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления в соответствии с техническим заданием

№ задания	Тест (тестовое задание)
1.	<p>Приведенное выражение является $\frac{y_{i+1} - y_i}{T_0}$</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) правым конечно-разностным отношением первого порядка 2) левым конечно-разностным отношением первого порядка 3) центральным конечно-разностным отношением первого порядка

2.	<p>Приведенное выражение является $\frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{T_0^2}$</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) конечно-разностным отношением первого порядка 2) конечно-разностным отношением третьего порядка 3) конечно-разностным отношением второго порядка
3.	<p>Приведенное выражение является $y_i = a_1 y_{i-1} + a_2 y_{i-2} + b u_{i-1}$</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) конечно-разностным уравнением первого порядка с запаздыванием 2) конечно-разностным уравнением третьего порядка без запаздывания 3) конечно-разностным уравнением второго порядка без запаздывания 4) конечно-разностным уравнением второго порядка с запаздыванием
4.	<p>Выражение является формулой расчета $d = \frac{\tau}{T_0}$</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Времени чистого запаздывания 2) Постоянной времени 3) Целого числа тактов запаздывания 4) Параметр T_0 называется 5) постоянной времени 6) настроечным параметром регулятора 7) тактом квантования 8) временем чистого запаздывания
5.	<p>Приведенное выражение является $y_i = \sum_{j=1}^n a_j y_{i-j} + b u_{i-1-d}$</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) конечно-разностным уравнением первого порядка без запаздывания 2) конечно-разностным уравнением первого порядка с запаздыванием 3) конечно-разностным уравнением n-го порядка с запаздыванием 4) конечно-разностным уравнением третьего порядка без запаздывания
6.	<p>Приведенные выражения являются $a_1 = \frac{2T_2^2 + T_1^1 T_0 - T_0^2}{T_2^2 + T_1^1 T_0}$ $a_2 = \frac{-T_2^2}{T_2^2 + T_1^1 T_0}$ $b = \frac{kT_0^2}{T_2^2 + T_1^1 T_0}$</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Формулами взаимосвязи коэффициентов дифференциального и соответствующего конечно-разностного уравнений первого порядка объекта 2) Формулами взаимосвязи коэффициентов дифференциального и соответствующего конечно-разностного уравнений второго порядка объекта 3) Формулами взаимосвязи коэффициентов дифференциального и соответствующего конечно-разностного уравнений второго порядка регулятора 4) Формулами взаимосвязи коэффициентов дифференциального и соответствующего конечно-разностного уравнений первого порядка регулятора
7.	<p>Разработка дискретной динамической модели объекта на основе экспериментально-статистического подхода по экспериментальным данным входа и выхода называется</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Оптимизацией 2) Идентификацией 3) Дискретизацией 4) Инвариантностью
8.	<p>Идентификация осуществляется на основе</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Метода градиента 2) Принципа автономности 3) Метода наименьших квадратов 4) Принципа инвариантности
9.	<p>Выражение является $u_i = u_{i-1} + q_0 e_i + q_1 e_{i-1} + q_2 e_{i-2}$</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) конечно-разностным уравнением ПИ закона регулирования 2) конечно-разностным уравнением П закона регулирования 3) конечно-разностным уравнением ПИД закона регулирования 4) конечно-разностным уравнением И закона регулирования
10.	<p>Процедура поиска настроек цифрового регулятора, обеспечивающих наилучший переходной процесс в системе, называется</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Оптимизацией 2) Дискретизацией 3) Инвариантностью 4) Идентификацией

11.	Приведенные выражения являются $q_0 = \frac{T_0 + T_d}{T_0} k_p$ $q_1 = \frac{-T_0 T_u + T_0^2 - 2T_d T_0}{T_0 T_u} k_p$ $q_2 = k_p \frac{T_d}{T_0}$
	<ol style="list-style-type: none"> 1) Уравнениями взаимосвязи дискретных и аналоговых настроечных параметров ПИ закона регулирования 2) Уравнениями взаимосвязи дискретных и аналоговых параметров объекта управления 3) Уравнениями взаимосвязи дискретных и аналоговых настроечных параметров ПИД закона регулирования 4) Уравнениями взаимосвязи дискретных и аналоговых настроечных параметров П закона регулирования

3.1.2 Шифр и наименование компетенции

ПКв-3 Способен проводить техническое оснащение рабочих мест и внедрение результатов разработок средств и систем автоматизации и управления в производство

№ задания	Тест (тестовое задание)
12.	Оптимизация осуществляется на основе <ol style="list-style-type: none"> 1) Метода наименьших квадратов 2) Принципа автономности 3) Метода градиента 4) Принципа инвариантности
13.	Выражение является $\frac{\partial S}{\partial q_k} = 2 \sum ((y_i^3 - y_i) (-\frac{\partial y_i}{\partial q_k}))$ <ol style="list-style-type: none"> 1) Формулой численного расчета интегральной квадратичной ошибки 2) Начальными условиями при оптимизации регулятора в одноконтурной системе 3) Условие окончания итерационной процедуры поиска оптимума 4) Формулой расчета нормы градиента 5) Частной производной интегральной квадратичной ошибки по настройке цифрового регулятора
14.	Выражение является $q_k^{l+1} = q_k^l - H_k^l \frac{\partial S^l}{\partial q_k} / \nabla^l$ <ol style="list-style-type: none"> 1) Начальными условиями при оптимизации регулятора в одноконтурной системе 2) Формулой расчета оптимальных значений настройки регулятора 3) Формулой расчета нормы градиента 4) Системой квазианалитических рекуррентных зависимостей 5) Частной производной интегральной квадратичной ошибки по настройке цифрового регулятора
15.	Выражение является $H_k^l = \begin{cases} k_1 H_k^{l-1}, \frac{\partial S^l}{\partial q_k} \cdot \frac{\partial S^{l-1}}{\partial q_k} > 0 \\ k_2 H_k^{l-1}, \frac{\partial S^l}{\partial q_k} \cdot \frac{\partial S^{l-1}}{\partial q_k} < 0 \end{cases}$ <ol style="list-style-type: none"> 1) Формулой численного расчета интегральной квадратичной ошибки 2) Формулой расчета коэффициента шага 3) Формулой расчета оптимальных значений настройки регулятора 4) Формулой расчета нормы градиента 5) Частной производной интегральной квадратичной ошибки по настройке цифрового регулятора
16.	Приведенное выражение является $\nabla^l < \xi$ <ol style="list-style-type: none"> 1) Формулой расчета оптимальных значений настройки регулятора 2) Формулой расчета нормы градиента 3) Условие окончания итерационной процедуры поиска оптимума 4) Системой квазианалитических рекуррентных зависимостей
17.	Оператор сдвига z используется для получения <ol style="list-style-type: none"> 1) непрерывной передаточной функции 2) дискретной передаточной функции 3) конечно-разностного уравнения 4) квазианалитических рекуррентных зависимостей

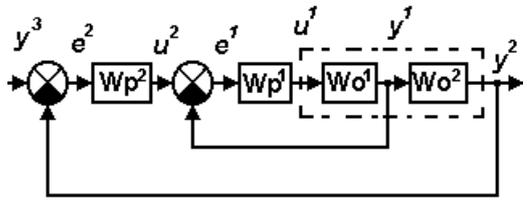
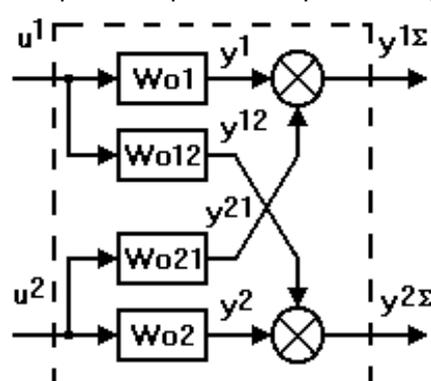
18.	<p>Выберите дискретную передаточную функцию, соответствующую приведенному конечно-разностному уравнению</p> $y_i = ay_{i-1} + bu_{i-1-d}$ <p> $a) W_0(z) = \frac{bz^{-1-d}}{1+az^{-1}}$ $b) W_0(z) = \frac{bz^{-1-d}}{1-a}$ $c) W_0(z) = \frac{bz^{-1-d}}{1-az^{-1}}$ $d) W_0(z) = \frac{bz^{-1-d}}{-1-az^{-1}}$ </p> <p>1) a 2) b 3) c 4) d</p>
19.	<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> $a) W_p(z) = \frac{q_0 - q_1 z^{-1}}{1 - z^{-1}}$ $b) W_p(z) = \frac{q_0 + q_1 z^{-1}}{1 - z^{-1}}$ $c) W_p(z) = \frac{q_0 + q_1 z^{-1}}{1 + z^{-1}}$ $d) W_p(z) = \frac{q_0 - q_1 z^{-1}}{1 + z^{-1}}$ </p> <p>1) a 2) b 3) c 4) d</p>
20.	<p>Многоконтурные системы используются для объектов, характеризующихся</p> <p>1) существенной инерционностью 2) значительными возмущениями 3) малой инерционностью 4) взаимосвязью регулируемых параметров 5) отсутствием возмущений</p>
21.	<p>Укажите формулу для расчета эквивалентного объекта каскадной системы регулирования</p> <p> $a) W_0^{экс} = \frac{W_p^1}{1 + W_p^1 W_0^1} \cdot W_0^2$ $b) W_0^{экс} = \frac{W_p^1 W_0^1}{1 - W_p^1 W_0^1} \cdot W_0^2$: $c) W_0^{экс} = \frac{W_p^1 W_0^1}{1 + W_p^1 W_0^1}$ $d) W_0^{экс} = \frac{W_p^1 W_0^1}{1 - W_p^1 W_0^1} \cdot W_0^2$ </p> <p>1) a 2) b 3) c 4) d</p>
22.	<p>Выполняя структурные преобразования (свёртку) каскадную систему регулирования можно представить следующей эквивалентной системой:</p> <p>1) Одноконтурной системой 2) Комбинированной системой 3) Несвязанной системой 4) Связанной системой</p>
23.	<p>Приведенная формула используется для расчета $W_k = -\frac{W_0^f}{W_0^u}$:</p> <p>1) Автономного компенсатора перекрестных связей 2) Инвариантного компенсатора возмущений 3) Регулятора каскадной системы 4) Эквивалентного объекта связанной системы</p>
24.	<p>Какие подходы используются при расчете связанной системы:</p> <p>1) метод наименьших квадратов 2) метод свертки 3) одновременная оптимизация регуляторов и компенсаторов 4) метод декомпозиции 5) раздельная оптимизация регуляторов и компенсаторов 6) метод диагонализации 7) принцип инвариантности 8) на основе принципа автономности</p>

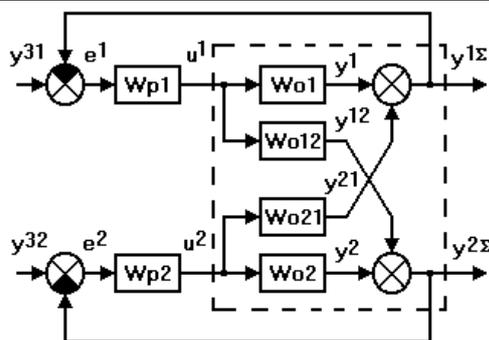
25.	<p>Создание систем связанного регулирования заключается в:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Устранении внутренних связей в объекте 2) Выборе объекта без перекрестных связей 3) Введении дополнительных внешних компенсирующих связей между регуляторами
26.	<p>Приведенная система уравнений является</p> $\begin{cases} \bar{e} = \bar{y}^3 - \bar{y} \\ \bar{u}^p = \bar{W}_p \cdot \bar{e} \\ \bar{u} = \bar{W}_k \cdot \bar{u}^p \\ \bar{y} = \bar{W}_0 \cdot \bar{u} \end{cases} :$ <ol style="list-style-type: none"> 1) Векторно-матричным описанием каскадной системы 2) Векторно-матричным описанием одноконтурной системы 3) Скалярным описанием комбинированной системы 4) Векторно-матричным описанием связанной системы 5) Скалярным описанием связанной системы 6) Скалярным описанием несвязанной системы 7) Векторно-матричным описанием несвязанной системы
27.	<p>Укажите структуру матрицы передаточных функций регуляторов при использовании векторно-матричным описанием связанной системы регулирования</p> $a) \bar{W}_p = \begin{bmatrix} W_p^1 & W_p^2 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad c) \bar{W}_p = \begin{bmatrix} W_p^1 & 0 \\ 0 & W_p^2 \end{bmatrix} :$ $b) \bar{W}_p = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ W_p^1 & W_p^2 \end{bmatrix} \quad d) \bar{W}_p = \begin{bmatrix} 0 & W_p^2 \\ W_p^1 & 0 \end{bmatrix} :$ <ol style="list-style-type: none"> 1) a 2) b 3) c 4) d
28.	<p>Приведенное выражение является $\bar{y} = (I + \bar{W}_0 \bar{W}_k \bar{W}_p)^{-1} \cdot \bar{W}_0 \bar{W}_k \bar{W}_p \bar{y}^3 :$</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Скалярным описанием комбинированной системы 2) Векторно-матричным описанием несвязанной системы 3) Скалярным описанием несвязанной системы 4) Векторно-матричным описанием каскадной системы 5) Векторно-матричным описанием связанной системы 6) Скалярным описанием связанной системы 7) Векторно-матричным описанием одноконтурной системы
29.	<p>Приведенное выражение является $\bar{W}_k^{uавт} = -(\bar{W}_0^{uавт})^{-1} \bar{W}_0^{u,авт} :$</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Скалярным описанием несвязанной системы 2) Скалярным описанием комбинированной системы 3) Скалярным описанием связанной системы 4) Векторно-матричным описанием несвязанной системы 5) Векторно-матричным описанием каскадной системы 6) Векторно-матричной формулой расчета автономных компенсаторов связанной системы

3.2 Кейс-задачи

3.2.1 Шифр и наименование компетенции

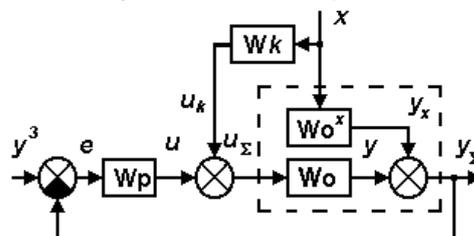
ПКв-2 Способен производить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления в соответствии с техническим заданием

№ задания	Условие задачи (формулировка задания)
30.	<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>  $u_i^2 = u_{i-1}^2 + q_0^2(y_i^3 - y_i^2) + q_1^2(y_{i-1}^3 - y_{i-1}^2),$ $u_i^1 = u_{i-1}^1 + q_0^1(u_i^2 - y_i^1) + q_1^1(u_{i-1}^2 - y_{i-1}^1),$ $y_{i+d1+1}^1 = a_1^1 y_{i+d1}^1 + a_2^1 y_{i+d1-1}^1 + b^1 u_i^1,$ $y_{i+d1+d2+2}^2 = a_1^2 y_{i+d1+d2+1}^2 + a_2^2 y_{i+d1+d2}^2 + b^2 y_{i+d1+1}^1, \quad i = \overline{mc, N}.$ <p>mc - переменная, принимающая наибольшее значение из порядков разностных уравнений моделей каналов объекта (в данном случае $mc = 2$)</p> <p>Расчет динамики проводится при следующих начальных условиях:</p> $y_i^3 = \begin{cases} 0 & \text{при } i < mc \\ y^3 & \text{при } i \geq mc \end{cases}, \quad y^3 - \text{величина задающего воздействия}; \quad u_i^2 = 0, \quad i = \overline{1, mc-1};$ $u_i^1 = 0, \quad i = \overline{1, mc-1}; \quad y_i^1 = 0, \quad i = \overline{1, mc+d1}; \quad y_i^2 = 0, \quad i = \overline{1, mc+d1+d2+1}.$
31.	<p>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)</p>  $y_{i+d1+1}^1 = a_1^1 y_{i+d1}^1 + a_2^1 y_{i+d1-1}^1 + b^1 u_i^1,$ $y_{i+d12+1}^{12} = a_1^{12} y_{i+d12}^{12} + b^{12} u_i^1,$ $y_{i+d2+1}^2 = a_1^2 y_{i+d2}^2 + b_1^2 u_i^2 + b_2^2 u_{i-1}^2,$ $y_{i+d21+1}^{21} = a_1^{21} y_{i+d21}^{21} + a_2^{21} y_{i+d21-1}^{21} + a_3^{21} y_{i+d21-2}^{21} + b^{21} u_i^2,$ $y_{i+d1+1}^{1\Sigma} = y_{i+d1+1}^1 + y_{i+d1+1}^{21},$ $y_{i+d2+1}^{2\Sigma} = y_{i+d2+1}^2 + y_{i+d2+1}^{12},$
32.	<p>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)</p>



$$\begin{aligned}
 u_i^1 &= u_{i-1}^1 + q_0^1(y_i^{31} - y_i^{1\Sigma}) + q_1^1(y_{i-1}^{31} - y_{i-1}^{1\Sigma}) + q_2^1(y_{i-2}^{31} - y_{i-2}^{1\Sigma}), \\
 u_i^2 &= u_{i-1}^2 + q_0^2(y_i^{32} - y_i^{2\Sigma}) + q_1^2(y_{i-1}^{32} - y_{i-1}^{2\Sigma}) + q_2^2(y_{i-2}^{32} - y_{i-2}^{2\Sigma}), \\
 y_{i+d1+1}^1 &= a_1^1 y_{i+d1}^1 + a_2^1 y_{i+d1-1}^1 + b^1 u_i^1, \\
 y_{i+d12+1}^{12} &= a_1^{12} y_{i+d12}^{12} + b^{12} u_i^1, \\
 y_{i+d2+1}^2 &= a_1^2 y_{i+d2}^2 + b_1^2 u_i^2 + b_2^2 u_{i-1}^2, \\
 y_{i+d21+1}^{21} &= a_1^{21} y_{i+d21}^{21} + a_2^{21} y_{i+d21-1}^{21} + a_3^{21} y_{i+d21-2}^{21} + b^{21} u_i^2, \\
 y_{i+d1+1}^{1\Sigma} &= y_{i+d1+1}^1 + y_{i+d1+1}^{12}, \\
 y_{i+d2+1}^{2\Sigma} &= y_{i+d2+1}^2 + y_{i+d2+1}^{21}
 \end{aligned}$$

33. 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



$$\begin{aligned}
 u_i &= u_{i-1} + q_0(y_i^3 - y_i) + q_1(y_{i-1}^3 - y_{i-1}), \\
 u_{ki} &= q_0^x(-x_i) + q_1^x(-x_{i-1}), \\
 u_{\Sigma i} &= u_i + u_{ki}, \\
 y_{i+d+1} &= a_1 y_{i+d} + a_2 y_{i+d-1} + b u_{\Sigma i}, \\
 y_{i+dx+1}^x &= a_1^x y_{i+dx}^x + b^x x_i, \\
 y_{i+\bar{d}+1}^\Sigma &= y_{i+\bar{d}+1} + y_{i+\bar{d}+1}^x,
 \end{aligned}$$

Расчет проводится при нулевых начальных условиях:

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

где y^3, x - величины входных воздействий (ступенчатого и импульсного); mc - переменная, принимающая наибольшее значение из порядков ($mc=2$);

$$u_i = 0, \quad u_{k_i} = 0, \quad u_{\Sigma_i} = 0, \quad i = \overline{1, mc-1};$$

$$y_i = 0, \quad i = \overline{1, mc+d}; \quad y_i^x = 0, \quad i = \overline{1, mc+dx};$$

$$y_i^\Sigma = 0, \quad i = \overline{1, mc+\bar{d}},$$

\bar{d} - наименьшее число тактов чистого запаздывания из d и dx

34.	<p>Получить вывод разностного уравнения из аналогового ПИД – закона регулирования</p> $u(t) = k_p \left(\epsilon(t) + \frac{1}{T_{\text{ИЗ}}} \int_0^t \epsilon(t) dt + T_{\text{ИП}} \frac{d\epsilon(t)}{dt} \right)$ $\frac{du(t)}{dt} = k_p \left(\frac{d\epsilon(t)}{dt} + \frac{1}{T_{\text{ИЗ}}} \epsilon(t) + T_{\text{ИП}} \frac{d^2 \epsilon(t)}{dt^2} \right)$ <p>Производные $\frac{du(t)}{dt}$, $\frac{d\epsilon(t)}{dt}$, $\frac{d^2 \epsilon(t)}{dt^2}$ заменим конечными разностями:</p> $\frac{u_{i+1} - u_i}{T_0} = k_p \left(\frac{e_{i+1} - e_i}{T_0} + \frac{1}{T_{\text{ИЗ}}} e_i + T_{\text{ИП}} \frac{e_{i+1} - 2e_i + e_{i-1}}{T_0^2} \right).$ <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 $q_0 = k_p \left(1 + \frac{T_{\text{ИП}}}{T_0} \right)$; $q_1 = -k_p \left(1 + 2 \frac{T_{\text{ИП}}}{T_0} - \frac{T_0}{T_{\text{ИЗ}}} \right)$;</p> $q_2 = k_p \frac{T_{\text{ИП}}}{T_0}.$
-----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3.2.2 Шифр и наименование компетенции

ПКв-3 Способен проводить техническое оснащение рабочих мест и внедрение результатов разработок средств и систем автоматизации и управления в производство

№ задания	Условие задачи (формулировка задания)
35.	<p>Записать разностное уравнение ПИД - регулятора, начальные нулевые условия и привести расчёт переходного процесса</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> $u_N = u_{N-1} + q_0 + q_1 + q_2 = (N-2)q_0 + (N-3)q_1 + (N-4)q_2.$
36.	<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>Расчет проводится при следующих начальных условиях:</p> $y_i^3 = \begin{cases} 0, & i < mc \\ y^3, & i \geq mc \end{cases} \quad (mc = 2), \quad y^3 - \text{величина задающего воздействия}; \quad u_i = 0, \quad i = \overline{1, mc-1};$ $y_i = 0, \quad i = \overline{1, mc+d}.$ $u_2 = u_1 + q_0 (y_2^3 - y_2) + q_1 (y_1^3 - y_1) = q_0,$ $y_{3+d} = a_1 y_{2+d} + a_2 y_{1+d} + b u_2 = b q_0,$

	$u_3 = u_2 + q_0(y_3^3 - y_3) + q_1(y_2^3 - y_2) = q_0 + q_0(1 - bq_0) + q_1,$ $y_{4+d} = a_1 y_{3+d} + a_2 y_{2+d} + b u_3 = a_1 bq_0 + b(2q_0 - bq_0 + q_1),$ \dots $u_N = u_{N-1} + q_0(y_N^3 - y_N) + q_1(y_{N-1}^3 - y_{N-1}),$ $y_{N+d+1} = a_1 y_{N+d} + a_2 y_{N+d-1} + b u_N.$
37.	<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> $u_i = u_{i-1} + q_0(y_i^3 - y_i) + q_1(y_{i-1}^3 - y_{i-1}),$ $y_{i+d+1} = a_1 y_{i+d} + a_2 y_{i+d-1} + b u_i$ <p>Для вычисления $\frac{\partial y_i}{\partial q_0}, \frac{\partial y_i}{\partial q_1}$, дифференцируя уравнения, получим следующие квазианалитические рекуррентные выражения:</p> $\frac{\partial u_i}{\partial q_0} = \frac{\partial u_{i-1}}{\partial q_0} + (y_i^3 - y_i) - q_0 \frac{\partial y_i}{\partial q_0} - q_1 \frac{\partial y_{i-1}}{\partial q_0},$ $\frac{\partial u_i}{\partial q_1} = \frac{\partial u_{i-1}}{\partial q_1} - q_0 \frac{\partial y_i}{\partial q_1} + (y_{i-1}^3 - y_{i-1}) - q_1 \frac{\partial y_{i-1}}{\partial q_1},$ $\frac{\partial y_{i+d+1}}{\partial q_0} = a_1 \frac{\partial y_{i+d}}{\partial q_0} + a_2 \frac{\partial y_{i+d-1}}{\partial q_0} + b \frac{\partial u_i}{\partial q_0},$ $\frac{\partial y_{i+d+1}}{\partial q_1} = a_1 \frac{\partial y_{i+d}}{\partial q_1} + a_2 \frac{\partial y_{i+d-1}}{\partial q_1} + b \frac{\partial u_i}{\partial q_1}, \quad i = \overline{mc, N}, (mc = 2)$ <p>Начальные условия для расчета производных:</p> $\frac{\partial u_i}{\partial q_0} = 0, \quad i = \overline{1, mc-1}, \quad \frac{\partial u_i}{\partial q_1} = 0, \quad i = \overline{1, mc-1},$ $\frac{\partial y_i}{\partial q_0} = 0, \quad i = \overline{1, mc+d}, \quad \frac{\partial y_i}{\partial q_1} = 0, \quad i = \overline{1, mc+d}.$
38.	<p>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</p> $W_o^{экв}(z) = \frac{y^2(z)}{u^2(z)} = \frac{W_p^1(z) W_o^1(z)}{1 - W_p^1(z) W_o^1(z)} W_o^2(z)$ $W_p^1(z) = \frac{u^1(z)}{e^1(z)} = \frac{q_0 + q_1 z^{-1}}{1 - z^{-1}} = \frac{Q^1(z)}{P^1(z)},$ $W_o^1(z) = \frac{y^1(z)}{u^1(z)} = \frac{b^1 z^{-d_1-1}}{1 - a_1 z^{-1} - a_2 z^{-2}} = \frac{B^1(z)}{A^1(z)},$ $W_o^2(z) = \frac{y^2(z)}{y^1(z)} = \frac{b^2 z^{-d_2-1}}{1 - a_1^2 z^{-1} - a_2^2 z^{-2}} = \frac{B^2(z)}{A^2(z)},$ <p>где $Q^1(z), P^1(z), B^1(z), A^1(z), B^2(z), A^2(z)$ - полиномы.</p> <p>Подставляем передаточные функции объекта внутреннего, внешнего контура и регулятора внутреннего контура в эквивалентную передаточную функцию:</p> $W_o^{экв}(z) = \frac{y^2(z)}{u^2(z)} = \frac{\frac{Q^1(z)}{P^1(z)} \frac{B^1(z)}{A^1(z)} B^2(z)}{1 - \frac{Q^1(z)}{P^1(z)} \frac{B^1(z)}{A^1(z)} A^2(z)} = \frac{Q^1(z) B^1(z) B^2(z)}{[P^1(z) A^1(z) - Q^1(z) B^1(z)] A^2(z)}.$

После подстановки полиномов и проведения аналитических преобразований получим:

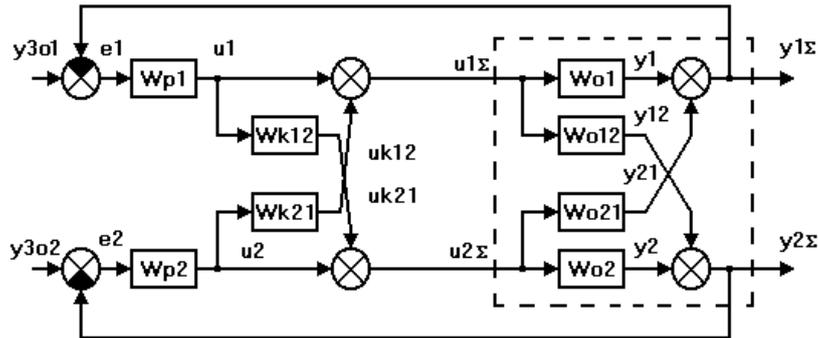
$$W_o^{pkb}(z) = \frac{y^2(z)}{u^2(z)} = \frac{\alpha_1 z^{-d1-d2-2} +}{1 - \beta_1 z^{-1} - \beta_2 z^{-2} - \beta_3 z^{-3} - \beta_4 z^{-4} - + \alpha_2 z^{-d1-d2-3} - \beta_5 z^{-5} - \beta_6 z^{-d1-1} - \beta_7 z^{-d1-2} - \beta_8 z^{-d1-3} - \beta_9 z^{-d1-4}},$$

где $\alpha_1 = q_0^1 b^1 b^2$; $\alpha_2 = q_1^1 b^1 b^2$; $\beta_1 = a_1^1 + a_1^2 + 1$;
 $\beta_2 = a_2^1 - a_1^1 - a_1^2 a_1^1 - a_2^1$; $\beta_3 = a_2^1 - a_1^2 a_2^1 + a_1^2 a_1^1 - a_2^2 a_1^1 - a_2^2$;
 $\beta_4 = a_2^1 a_2^1 - a_2^2 a_2^1 + a_2^2 a_1^1$; $\beta_5 = a_2^2 a_2^1$; $\beta_6 = q_0^1 b^1$;
 $\beta_7 = q_1^1 - a_1^2 q_0^1 b^1$; $\beta_8 = -a_1^2 q_1^1 - a_2^2 q_0^1 b^1$; $\beta_9 = -a_2^2 q_1^1$.

Используя обратное преобразование z , находим разностное уравнение эквивалентного объекта:

$$y_{i+d1+d2+2}^2 = \beta_1 y_{i+d1+d2+1}^2 + \beta_2 y_{i+d1+d2}^2 + \beta_3 y_{i+d1+d2-1}^2 + \beta_4 y_{i+d1+d2-2}^2 + \beta_5 y_{i+d1+d2-3}^2 + \beta_6 y_{i+d2+1}^2 + \beta_7 y_{i+d2}^2 + \beta_8 y_{i+d2-1}^2 + \beta_9 y_{i+d2-2}^2 + \alpha_1 u_i^2 + \alpha_2 u_{i-1}^2.$$

Составить структурную схему и записать систему 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)



39.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3.3 Вопросы к собеседованию при защите отчетов по практическим работам

3.3.1 Шифр и наименование компетенции

ПКв-2 Способен производить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные сред-

ства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления в соответствии с техническим заданием

№ задания	Формулировка вопроса
40.	Уравнение материального баланса в равновесном состоянии.
41.	Уравнение материального баланса в переходном режиме.
42.	Уравнение теплового баланса в равновесном состоянии.
43.	Уравнение теплового баланса в переходном режиме.
44.	Линеаризация дифференциального уравнения
45.	Переход от абсолютных величин физических параметров к приращениям при разработке математической модели объекта управления.
46.	Переход от приращений физических параметров к безразмерным величинам при разработке математической модели объекта управления.
47.	Что представляют собой безразмерные величины при разработке математической модели объекта управления.
48.	Как выбирают базисные значения величин при разработке модели объекта.
49.	Уравнение материального баланса в равновесном состоянии для смесителя.
50.	Уравнение материального баланса в переходном режиме для смесителя.
51.	Уравнение материального баланса в равновесном состоянии для емкости под давлением.
52.	Уравнение материального баланса в переходном режиме для емкости под давлением..
53.	Уравнение теплового баланса в равновесном состоянии для поверхностного теплообменника.
54.	Уравнение теплового баланса в переходном режиме для поверхностного теплообменника.
55.	По дифференциальному уравнению записать передаточные функции объекта по каждому входу (каналу).
56.	По передаточной функции составить структурную схему объекта.
57.	По полученному дифференциальному уравнению записать зависимости коэффициентов уравнения от физико-химических параметров процесса и характеристик аппаратов.
58.	Как по виду графика переходного процесса определить порядок объекта?
59.	Как по графику переходного процесса определить постоянную времени, время запаздывания и коэффициент усиления устойчивого объекта первого порядка?
60.	Как по графику переходного процесса определить постоянную времени, время запаздывания и коэффициент усиления устойчивого объекта второго порядка?
61.	Как по графику переходного процесса определить постоянную времени, время запаздывания и коэффициент усиления устойчивого объекта третьего порядка?
62.	Как по графику переходного процесса определить постоянную времени, время запаздывания и коэффициент усиления устойчивого объекта четвертого порядка?
63.	Как по графику переходного процесса определить постоянную времени, время запаздывания и коэффициент усиления устойчивого объекта пятого порядка?
64.	Как по графику переходного процесса определить постоянную времени, время запаздывания и коэффициент усиления нейтрального объекта первого порядка?
65.	Как по графику переходного процесса определить постоянную времени, время запаздывания и коэффициент усиления нейтрального объекта второго порядка?

3.3.2 Шифр и наименование компетенции

ПКв-3 *Способен проводить техническое оснащение рабочих мест и внедрение результатов разработок средств и систем автоматизации и управления в производство*

№ задания	Формулировка вопроса
66.	Как по описанию объекта определить необходимую схему регулирования?
67.	Как по описанию объекта выбрать закон регулирования?
68.	Как по описанию объекта определить настройки закона регулирования?
69.	Какие приближенные модели объектов используются при графоаналитическом методе расчета закона регулирования?
70.	Назовите типовые переходные процессы систем регулирования.
71.	От чего зависит переходной процесс в системе автоматического регулирования?

72.	Какие подходы существуют к определению свойств объектов?
73.	Какие подходы используются для определению свойств простых объектов?
74.	Какие подходы используются для определению свойств сложных объектов?
75.	Какие показатели качества используются при выборе закона регулирования?
76.	Поясните порядок выбора закона регулирования?
77.	Что такое динамический коэффициент регулирования в системах с устойчивыми объектами?
78.	Что такое динамический коэффициент регулирования в системах с нейтральными объектами?
79.	Как выбирают величину амплитуды входного ступенчатого воздействия x_B ?
80.	С какого регулятора начинают проверку для систем регулирования с нейтральным объектом?
81.	Для систем с каким регулятором проверяют величину статической ошибки?
82.	Какими свойствами обладают системы автоматического регулирования с И-регуляторами?
83.	Какими свойствами обладают системы автоматического регулирования с П-регуляторами?
84.	Какими свойствами обладают системы автоматического регулирования с ПИ-регуляторами?
85.	Какими свойствами обладают системы автоматического регулирования с ПИД-регуляторами?
86.	Приведите схему выбора регулятора для систем с устойчивыми объектами.
87.	Приведите схему выбора регулятора для систем с нейтральными объектами.
88.	Область применения П-регулятора.
89.	Область применения И-регулятора.
90.	Область применения ПИ-регулятора.
91.	Область применения ПИД-регулятора.

3.4 Вопросы к собеседованию при защите отчетов по лабораторным работам

3.4.1 Шифр и наименование компетенции

ПКв-2 Способен производить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления в соответствии с техническим заданием

№ задания	Формулировка вопроса
92.	Приведите схему учебно-исследовательской лабораторной установки автоматизации технологических параметров процесса.
93.	Назовите составные элементы технологической части учебно-исследовательской лабораторной установки.
94.	Назовите технические средства измерения температуры, используемые в учебно-исследовательской лабораторной установке. Опишите принцип их работы. Назовите технические характеристики.
95.	Назовите технические средства измерения расхода, используемые в учебно-исследовательской лабораторной установке. Опишите принцип их работы. Назовите технические характеристики.
96.	Назовите технические средства измерения уровня, используемые в учебно-исследовательской лабораторной установке. Опишите принцип их работы. Назовите технические характеристики.
97.	Назовите технические средства измерения давления, используемые в учебно-исследовательской лабораторной установке. Опишите принцип их работы. Назовите технические характеристики.
98.	Назовите устройства связи объекта приборной части учебно-исследовательской лабораторной установки. Опишите принцип их работы. Назовите технические характеристики.
99.	Назовите регуляторы приборной части учебно-исследовательской лабораторной установки. Опишите принцип их работы. Назовите технические характеристики.
100.	Назовите программируемые логические контроллеры приборной части учебно-исследовательской лабораторной установки. Опишите принцип их работы. Назовите технические характеристики.
101.	Назовите исполнительные устройства приборной части учебно-исследовательской лабораторной установки. Опишите принцип их работы. Назовите технические характеристики.
102.	Аппаратно-независимая система программирования контроллеров CoDeSys? Назначении и краткая характеристика.
103.	Программные компоненты и ресурсы CoDeSys.
104.	Создание проекта в CoDeSys.
105.	Разработка приложения в CoDeSys.

3.4.2 Шифр и наименование компетенции

ПКв-3 Способен проводить техническое оснащение рабочих мест и внедрение результатов разработок средств и систем автоматизации и управления в производство

№ задания	Формулировка вопроса
106.	Добавление в CoDeSys модулей опроса и записи по протоколу ModBus.
107.	Формирование канала опроса в CoDeSys.
108.	Архивирование данных в CoDeSys.
109.	Построение графиков трендов измеряемых параметров в CoDeSys.
110.	Реализация закона регулирования в CoDeSys системными средствами.
111.	Реализация закона регулирования в CoDeSys путем написания собственной программы.
112.	Разработка функционального блока (POU).
113.	Операторы языка программирования ST.
114.	Инициализация функционального блока (POU).
115.	Запись разработанного проекта в устройство (ПЛК или СПК).
116.	Стандартные подзадачи при создании графического пользовательского интерфейса (визуализации) для контроллера СПК207 в среде CoDeSys v3.5.
117.	Графические элементы используемые при создании графического пользовательского интерфейса (визуализации) для контроллера СПК207 в среде CoDeSys v3.5.
118.	Основные этапы визуализации.
119.	Изменение свойств графических элементов, используемых при создании графического пользовательского интерфейса (визуализации) для контроллера СПК207 в среде CoDeSys v3.5.
120.	Связь переменных проекта с графическими элементами.

3.5 Вопросы к зачету, экзамену

3.5.1 Шифр и наименование компетенции

ПКв-2 Способен производить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления в соответствии с техническим заданием

№ задания	Формулировка вопроса
121.	Понятие АСУТП. Назначение, функции.
122.	Классификация АСУТП.
123.	Режимы работы АСУТП.
124.	Подсистемы АСУТП. Назначение, функции.
125.	Типовые схемы автоматизированного регулирования процессов перемещения жидкостей.
126.	Типовые схемы автоматизированного регулирования процессов перемещения газов.
127.	Типовые схемы автоматизированного регулирования процессов разделения и очистки неоднородных систем.
128.	Типовые схемы автоматизированного регулирования тепловых процессов. Теплообменник смешения.
129.	Типовые схемы автоматизированного регулирования тепловых процессов. Поверхностный теплообменник.
130.	Типовые схемы автоматизированного регулирования тепловых процессов. Конденсаторы.
131.	Типовые схемы автоматизированного регулирования тепловых процессов. Трубчатые печи.
132.	Типовые схемы автоматизированного регулирования тепловых процессов. Выпарная установка.
133.	Типовые схемы автоматизации массообменных процессов. Абсорбция.
134.	Типовые схемы автоматизации массообменных процессов. Абсорбция-десорбция.
135.	Типовые схемы автоматизации массообменных процессов. Ректификация.
136.	Типовые схемы автоматизации массообменных процессов. Экстракция.
137.	Типовые схемы автоматизации массообменных процессов. Сушка.
138.	Типовые схемы автоматизации реакторных процессов.
139.	Автоматизация производства аммиачной селитры.

140.	Автоматизация производства бутадиена из бутана.
141.	Автоматизация основных процессов производства хлеба.
142.	Автоматизация основных процессов производства сахара.
143.	Автоматизация основных процессов производства молочных продуктов.
144.	Автоматизация основных процессов производства мясных продуктов.
145.	Одноконтурные системы регулирования. Назначение. Структурная схема. Составные элементы.
146.	Каскадные системы регулирования. Назначение. Структурная схема. Составные элементы.
147.	Комбинированные системы регулирования. Назначение. Структурная схема. Составные элементы.
148.	Несвязные системы регулирования. Назначение. Структурная схема. Составные элементы.
149.	Связные системы регулирования. Назначение. Структурная схема. Составные элементы.
150.	Адаптивные системы регулирования. Назначение. Структурная схема. Составные элементы.
151.	Системы регулирования низкой чувствительности. Назначение. Структурная схема. Составные элементы.
152.	Системы регулирования объектов с запаздыванием. Назначение. Структурная схема. Составные элементы.
153.	Виды математических описаний объектов химической и пищевой промышленности.
154.	Свойства объектов химической и пищевой промышленности.
155.	Подходы к составлению математического описания объектов химической и пищевой промышленности.
156.	Основные характеристики объектов химической и пищевой промышленности.
157.	Составление математического описания объекта на основе аналитического (детерминированного) подхода на примере смесителя постоянного объема.
158.	Составление математического описания объекта на основе аналитического (детерминированного) подхода на примере аппарата с газом под давлением.
159.	Составление математического описания объекта на основе аналитического (детерминированного) подхода на примере поверхностного теплообменника.

3.5.2 Шифр и наименование компетенции

ПКв-3 Способен проводить техническое оснащение рабочих мест и внедрение результатов разработок средств и систем автоматизации и управления в производство

№ задания	Формулировка вопроса
160.	Составление математического описания объекта на основе аналитического (детерминированного) подхода на примере химического реактора непрерывного действия.
161.	Получение временных характеристик на основе экспериментального подхода.
162.	Аппроксимация переходных (временных) характеристик объекта
163.	Измерительные преобразователи и приборы измерения температуры. Математическое описание.
164.	Измерительные преобразователи и приборы измерения давления. Математическое описание.
165.	Измерительные преобразователи и приборы измерения уровня жидкости. Математическое описание.
166.	Измерительные преобразователи и приборы измерения расхода и количества вещества. Математическое описание.
167.	Измерительные преобразователи и приборы измерения состава и концентрации вещества. Математическое описание.
168.	Преобразователи. Математическое описание.
169.	Автоматические регуляторы. Классификация. Описание и характеристики.
170.	Исполнительные устройства. Виды и характеристики.
171.	Составление математического описания и исследование автоматических систем регулирования объектов химической и пищевой технологии.
172.	Выбор типа автоматического регулятора и определение параметров его настройки
173.	Расчет исполнительных устройств
174.	Схема расчета систем стабилизации.
175.	Разработка математической дискретной динамической модели ОУ. Виды и подходы к по-

	строению моделей.
176.	Синтез математической модели с использованием экспериментально-статистического подхода. Определения.
177.	Снятие временных характеристик.
178.	Аппроксимация переходных процессов. Замена производных КРО (формула Эйлера). Переход от дифференциальных уравнений к конечно-разностным. КРО для третьей и четвертой производных.
179.	Получение конечно-разностных уравнений типовых динамических звеньев (усилительное звено, звено запаздывания, аperiodическое звено первого порядка с запаздыванием и без запаздывания, аperiodическое (колебательное, консервативное) звено второго порядка с запаздыванием и без запаздывания). Ограничения на параметры.
180.	Получение конечно-разностных уравнений типовых динамических звеньев (интегрирующее и дифференцирующее реальное и идеальное, звенья третьего и четвертого порядков). Ограничения на параметры.
181.	Расчет переходных процессов объекта управления по дискретной динамической модели объекта. Начальные условия в общем виде и на примере конкретного уравнения.
182.	Параметрическая идентификация дискретной динамической модели методом наименьших квадратов. Общий случай и на примере конкретного звена.
183.	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.
184.	Расчет переходных процессов в замкнутой цифровой системе регулирования по задающему и возмущающему воздействию. Начальные условия. В общем виде и на конкретном примере.
185.	Алгоритм оптимизации настроек цифрового регулятора. Укрупненная схема алгоритма поиска оптимальных настроек цифрового регулятора.
186.	Использование z-преобразования для описания дискретных систем.
187.	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.
188.	Синтез многоконтурных ЦСУ. Каскадные системы регулирования. Общие положения. Подходы к настройке. Алгоритм оптимизации по методу свертки по критерию интегральной квадратичной ошибки с использованием квазианалитических рекуррентных зависимостей.
189.	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.
190.	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.
191.	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.
192.	Синтез многоконтурных ЦСУ. Системы несвязанного регулирования. Общие положения. Подходы к расчету. Алгоритм последовательной оптимизации по критерию интегральной квадратичной ошибки с использованием квазианалитических рекуррентных зависимостей.
193.	Синтез многоконтурных ЦСУ. Системы несвязанного регулирования. Общие положения. Подходы к расчету. Алгоритм одновременной оптимизации по критерию интегральной квадратичной ошибки с использованием квазианалитических рекуррентных зависимостей.
194.	Синтез многоконтурных ЦСУ. Системы связанного регулирования. Общие положения. Подходы к расчету. Принцип автономности. Алгоритм настройки автономной системы связанного регулирования по первому подходу. Использовать скалярное и векторно-матричное описание. По критерию интегральной квадратичной ошибки с использованием квазианалитических рекуррентных зависимостей.
195.	Синтез многоконтурных ЦСУ. Системы связанного регулирования. Общие положения. Подходы к расчету. Алгоритм последовательной оптимизации по критерию интегральной квадратичной ошибки с использованием квазианалитических рекуррентных зависимостей.
196.	Синтез многоконтурных ЦСУ. Системы связанного регулирования. Общие положения. Под-

	ходы к расчету. Алгоритм одновременной оптимизации по критерию интегральной квадратичной ошибки с использованием квазианалитических рекуррентных зависимостей.
197.	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.
198.	Расчет показателей качества регулирования (интегральная квадратичная ошибка, время регулирования, статическая ошибка, перерегулирование, коэффициент затухания).

3.6 Курсовая работа (примерная тематика курсовой работы)

3.6.1 Шифр и наименование компетенции

ПКв-2 Способен производить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления в соответствии с техническим заданием

3.6.2 Шифр и наименование компетенции

ПКв-3 Способен проводить техническое оснащение рабочих мест и внедрение результатов разработок средств и систем автоматизации и управления в производство

Синтез цифровой связанной системы регулирования концентраций изопентана на контрольной тарелке № 20 и изоамиленов на контрольной тарелке № 41 в колонне ректификации изопентан-изоамиленовой фракции.
Синтез цифровой каскадной системы регулирования температуры на контрольной тарелке № 52 с коррекцией по концентрации изоамиленов на тарелке № 41 в колонне ректификации изопентан-изоамиленовой фракции.
Синтез цифровой каскадной системы регулирования разности температур в колонне ректификации бутан-бутиленовой фракции с коррекцией по концентрации Н-бутана в кубовом продукте.
Синтез цифровой каскадной системы регулирования температуры на контрольной тарелке № 52 с коррекцией по концентрации изопентана на тарелке № 20 в колонне ректификации изопентан-изоамиленовой фракции.
Синтез цифровой каскадной системы регулирования температуры в кубе колонны ректификации изопентан-изоамиленовой фракции с коррекцией по концентрации изопентана в кубовом продукте.
Синтез цифровой каскадной системы регулирования температуры на контрольной тарелке № 52 с коррекцией по концентрации изоамиленов на тарелке № 41 в колонне ректификации изопентан-изоамиленовой фракции.
Синтез цифровой несвязанной системы регулирования концентраций изопентана на контрольной тарелке № 20 и изоамиленов на контрольной тарелке № 41 в колонне ректификации изопентан-изоамиленовой фракции.
Синтез цифровой каскадной системы регулирования температуры в кубе колонны ректификации изопентан-изоамиленовой фракции с коррекцией по концентрации изопентана в кубовом продукте.
Синтез цифровой каскадной системы регулирования температуры в кубе колонны ректификации бутан-бутиленовой фракции с коррекцией по концентрации Н-бутана в кубовом продукте.
Синтез цифровой комбинированной системы регулирования концентрации бутиленов в дистилляте с компенсацией возмущений по расходу сырья в колонне ректификации бутан-бутиленовой фракции.
Синтез цифровой комбинированной системы регулирования концентрации Н-бутана в кубовом продукте с компенсацией возмущений по расходу сырья в колонне ректификации бутан-бутиленовой фракции.
Синтез цифровой каскадной системы регулирования температуры на контрольной тарелке № 52 с коррекцией по концентрации изопентана на тарелке № 20 в колонне ректификации изопентан-изоамиленовой фракции.
Синтез цифровой каскадной системы регулирования разности температур в колонне ректификации бутан-бутиленовой фракции с коррекцией по концентрации Н-бутана в кубовом продукте.
Синтез цифровой комбинированной системы регулирования концентрации бутиленов в дистилляте с компенсацией возмущений по расходу сырья в колонне ректификации бутан-бутиленовой фракции.

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 зачетах;

П ВГУИТ 4.1.02 Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости.

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

1. Рейтинговая система оценки осуществляется в течение всего семестра при проведении аудиторных занятий, показателем ОМ является текущий опрос в виде собеседования и сдачи реферата по предложенной преподавателем теме, за каждый правильный ответ обучающийся получает 5 баллов (зачтено - 5, незачтено - 0), реферат оценивается по системе «зачтено»-«незачтено». Максимальное число баллов по результатам текущей работы в семестре 50.

2. Балльная система служит для получения зачета по дисциплине.

Максимальное число баллов за семестр – 100.

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

Максимальное число баллов на зачете – 50.

Минимальное число баллов за текущую работу в семестре – 30.

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

Обучающийся, 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 зачета, однако ему дополнительно задаются вопросы на собеседовании по разделам, выносимым на зачет.

В случае неудовлетворительной сдачи зачета обучающемуся предоставляется право повторной сдачи в срок, установленный для ликвидации академической задолженности по итогам соответствующей сессии. При повторной сдаче зачета количество набранных студентом баллов на предыдущем 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 90 и выше баллов;

- оценки «хорошо» суммарная балльно-рейтинговая оценка студента по результатам работы в семестре и на экзамене должна составлять от 75 до 89,99 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 оценки	
				Академическая оценка или баллы	Уровень освоения компетенции
ПКв-2 Способен производить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления в соответствии с техническим заданием					
Знать	Тест	Результат тестирования	85% и более правильных ответов	Отлично	Освоена (повышенный)
			75-84,99% правильных ответов	Хорошо	Освоена (повышенный)
			60-74,99% правильных ответов	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Менее 60% правильных ответов	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
	Экзамен Зачет	Результат собеседования	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)
Уметь	Выполнение и защита лабораторной / практической работы.	Результат собеседования	Обучающийся качественно выполнил задание лабораторной / практической работы. Оформил отчет в соответствии с методическими указаниями. Ответил на контрольные вопросы.	Зачтено	Освоена (повышенный, базовый)
			Обучающийся не выполнил задание лабораторной / практической работы. Не оформил отчет в соответствии с методическими указаниями. Не ответил на контрольные вопросы.	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
Владеть	Кейс-задание	Содержание решения	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)

ПКв-3 Способен проводить техническое оснащение рабочих мест и внедрение результатов разработок средств и систем автоматизации и управления в производство

Знать	Тест	Результат тестирования	85% и более правильных ответов	Отлично	Освоена (повышенный)
			75-84,99% правильных ответов	Хорошо	Освоена (повышенный)
			60-74,99% правильных ответов	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Менее 60% правильных ответов	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
	Экзамен Зачет	Результат собеседования	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)
Уметь	Выполнение и защита лабораторной / практической работы.	Результат собеседования	Обучающийся качественно выполнил задание лабораторной / практической работы. Оформил отчет в соответствии с методическими указаниями. Ответил на контрольные вопросы.	Зачтено	Освоена (повышенный, базовый)
			Обучающийся не выполнил задание лабораторной / практической работы. Не оформил отчет в соответствии с методическими указаниями. Не ответил на контрольные вопросы.	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
Владеть	Кейс-задание	Содержание решения	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)