МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
В.Р. Храмшин
04.02.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Направление подготовки (специальность)
27.04.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль/специализация) программы
Цифровые системы управления технологическими комплексами

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированных систем управления
Курс	2
Семестр	3

Магнитогорск
2025 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 27.04.04 Управление в технических системах (приказ Минобрнауки России от 11.08.2020 г. № 942)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированных систем управления
29.01.2025, протокол № 6

Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
04.02.2025 г. протокол № 3

Председатель _____ В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:
доцент кафедры кафедры АСУ, канд. техн. наук

_____Е.С. Рябчикова

Рецензент:
Старший менеджер группы управления проектами производственной площадки проектного офиса ООО «ММК-Информсервис», канд. техн. наук

_____А.В. Краснобаев

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

- формирование у обучающегося способности определять общую схему системы автоматизированного управления согласно заданной структуре АСУ ТП и выполняет её реализацию с помощью цифровых систем управления;
- формирование у обучающегося способности выбирать цифровые средства контроля и регулирования технологических факторов согласно требованиям.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Цифровые системы управления входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Автоматизированное проектирование систем управления

Аппаратные средства и программное обеспечение микропроцессорных технологических контроллеров

Технологические контроллеры и средства диспетчерского управления

Математическое моделирование объектов и систем управления

Встраиваемые системы управления

Современные проблемы теории управления

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к защите и процедура защиты выпускной квалификационной работы

Производственная-преддипломная практика

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Цифровые системы управления» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-2 Способен применять средства контроля и регулирования технологических факторов при разработке и реализации системы автоматизированного управления особо сложными технологическими процессами термической и химико-термической обработки	
ПК-2.1	Определяет общую схему системы автоматизированного управления согласно заданной структуре АСУ ТП и выполняет её реализацию
ПК-2.2	Выбирает средства контроля и регулирования технологических факторов согласно требованиям
ПК-2.3	Определяет эффективность реализованной системы автоматизированного и автоматического управления технологическим процессом

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц 216 акад. часов, в том числе:

– контактная работа – 48,05 акад. часов:
– аудиторная – 45 акад. часов;
– внеаудиторная – 3,05 акад. часов;
– самостоятельная работа – 132,25 акад. часов;
– в форме практической подготовки – 24 акад. час;
– подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Основы управления в технических системах с использованием цифровых систем управления								
1.1 Понятие цифровых систем управления. Классификация цифровых систем управления	3	2			5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Работа с электронными библиотеками.	Устный опрос	ПК-2.1, ПК-2.2
1.2 Основные методы решения задач управления в технических системах с использованием цифровых систем управления. Основные этапы разработки САиУ		2			5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Работа с электронными библиотеками.	Устный опрос	ПК-2.1, ПК-2.2
1.3 Виды обеспечения САиУ. Наука как объект компьютеризации		2			5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Работа с электронными библиотеками.	Устный опрос	ПК-2.1, ПК-2.2
1.4 Анализ и выбор архитектуры САиУ		2			5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Работа с электронными библиотеками	Устный опрос	ПК-2.1, ПК-2.2

1.5 Цифровые системы при создании SCADA-систем	3	2			5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Работа с электронными библиотеками	Устный опрос	ПК-2.1, ПК-2.2
Итого по разделу		10			25			
2. Современные методы разработки систем автоматизации с применением цифровых систем управления								
2.1 Основы программирования ПЛК ОВЕН	3	2			10	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Работа с электронными библиотеками	Устный опрос	ПК-2.1, ПК-2.2
2.2 Изучение языков программирования CoDeSys		3		6	16	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Работа с электронными библиотеками. Подготовка практической работы	Устный опрос по практической работе.	ПК-2.1, ПК-2.2
2.3 Реализация системы управления простыми объектами в CoDeSys				8	28	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Работа с электронными библиотеками. Подготовка практической работы	Устный опрос по практической работе.	ПК-2.1, ПК-2.2
2.4 Реализация системы управления технологическим процессом в CoDeSys				4		Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Работа с электронными библиотеками. Подготовка практической работы	Устный опрос по практической работе.	ПК-2.1, ПК-2.2
2.5 Визуализация системы управления технологическим процессом в CoDeSys				10	2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Работа с электронными библиотеками.	Устный опрос по практической работе.	ПК-2.1, ПК-2.2

						Подготовка практической работы		
2.6 Реализация системы управления сложным технологическим объектом	3			2	51,25	Выполнение творческого задания по индивидуальному варианту	Доклад по творческому заданию с презентацией проекта	ПК-2.1, ПК-2.2
Итого по разделу		5		30	107,25			
Итого за семестр		15		30	132,25		экзамен	
Итого по дисциплине		15		30	132,25		экзамен	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Компьютерные технологии управления в технических системах» используются:

Традиционные образовательные технологии – информационная лекция (вводная лекция, где дает первое представление о предмете и знакомство студентов с назначением и задачами курса); лекции – консультации, изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы; практические работы.

Технологии проблемного обучения – практическое занятие в форме семинара и творческое домашнее задание, направленное на решение комплексной учебно-познавательной задачи, требующей от студента применения как научно-теоретических знаний, так и практических навыков.

Интерактивные технологии: семинар-дискуссия – коллективное обсуждение какого-либо спорного вопроса, проблемы, выявление мнений в группе. Изложение проблем и их совместное решение.

Информационно-коммуникационные образовательные технологии – в ходе проведения лекционных занятий предусматривается использование электронного демонстрационного материала (лекции-визуализации), использование Интернет ресурсов для промежуточных аттестаций и проверки остаточных знаний.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Шишов, О. В. Программируемые контроллеры в системах промышленной автоматизации : учебник / О.В. Шишов. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 365 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-015321-6. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/1025245 (дата обращения: 19.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

2. Свободно программируемые устройства в автоматизированных системах управления: Учебное пособие / Минаев И.Г., Самойленко В.В., Ушкур Д.Г. - Москва :СтГАУ - «Агрус», 2016. - 168 с.: ISBN 978-5-9596-1222-1. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/975920 (дата обращения: 19.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

б) Дополнительная литература:

1. Затонский, А. В. Информационные технологии: разработка информационных моделей и систем : учебное пособие / А. В. Затонский. - Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2020. - 344 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-369-01183-6. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1043096 (дата обращения: 19.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

2. Советов, Б. Я. Информационные технологии : учебник для вузов / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский. — 7-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 327 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00048-1. —

Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/449939 (дата обращения: 19.01.2025).

3. Шишов, О. В. Технические средства автоматизации и управления : учебное пособие / О.В. Шишов. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 396 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-010325 -9. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1948191 (дата обращения: 19.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

4. Юсупов, Р. Х. Основы автоматизированных систем управления технологическими процессами: Учебное пособие / Юсупов Р.Х. - Москва :Инфра-Инженерия, 2018. - 132 с. ISBN 978-5-9729-0229-3. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/989081 (дата обращения: 19.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

5. Страшун, Ю. П. Технические средства автоматизации и управления : учебно-методическое пособие / Ю. П. Страшун. — Москва : МИСИС, 2015. — 154 с. — ISBN 978-5-87623-910-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/116695 (дата обращения: 19.01.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

1. Методические указания по выполнению практических заданий представлены в приложении 3.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MS Office 2003 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
CoDeSys	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Springer Nature»	https://www.nature.com/siteindex

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1.Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (ауд. 437)

Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации

2. Учебная аудитория для проведения практических занятий: компьютерный класс (ауд. 448)

Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

3. Помещения для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 448)

Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

4. Учебные аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточных консультаций (ауд. 448)

Доска, мультимедийный проектор, экран

5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (ауд. 445)

Стеллажи для хранения учебно-методический документации

Приложение 1

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Цифровые системы управления»

По дисциплине «Цифровые системы управления» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Внеаудиторная самостоятельная работа предполагает выполнение творческого домашнего задания (индивидуально или в составе группы). Аудиторная самостоятельная работа предполагает подготовку к выполнению практических работ, а также выступление на семинаре-дискуссии, где проводится обсуждение выполненного творческого задания.

При выполнении творческого задания на основании заданной технологической схемы и описания технологического процесса обучающийся должен разработать:

- технологические требования к схеме управления;
- таблицу сигналов;
- прикладную программу для ПЛК;
- визуализацию работы системы управления;
- дать описание работы прикладной программы и визуализации.

В таблицу сигналов вносятся:

- порядковый номер переменной;
- имя переменной (не должно содержать пробелов и кириллицы);
- тип переменной (дискретный, аналоговый);
- класс переменной (локальная, глобальная);
- адрес (для внутренних переменных не заполняется).

Пример заполнения таблицы параметров:

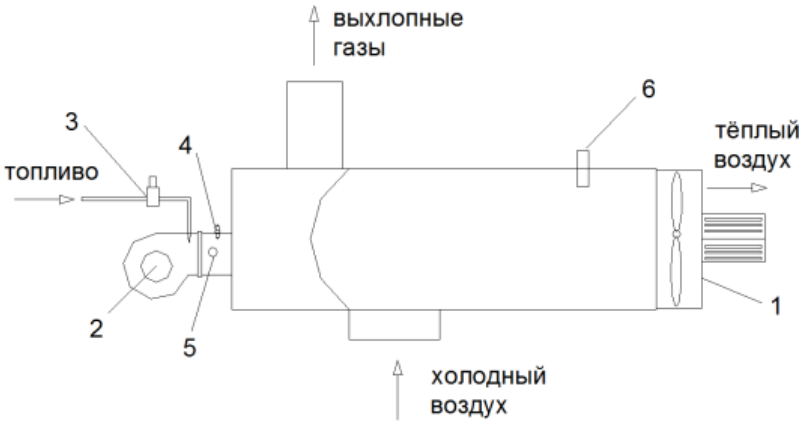
№ п/п	Наименование параметра	Имя	Тип	Класс	Адрес
1.	Температура воздуха	Temp_1	аналог.	глобал.	%IB0
2.	Кнопка «Пуск»	SB1	дискр.	локал.	-

В тексте программы необходимо учесть все технологические требования, предъявляемые к системе управления.

Работоспособность проекта обучающийся должен проверить в режиме эмуляции, а затем продемонстрировать на семинаре-дискуссии.

Примеры творческих заданий

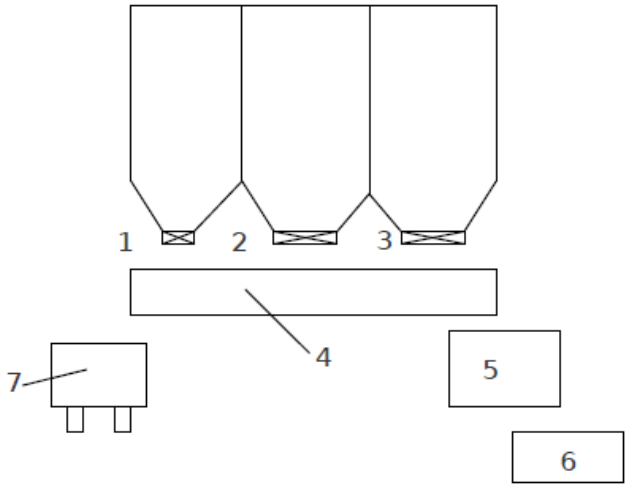
1. *Система управления теплогенератором*



При нажатии на кнопку ПУСК, звучит предупредительная сигнализация и запускается основной вентилятор теплого воздуха 1. После запуска основного вентилятора, включается топливный вентилятор 2 для продувки (10 с). Затем включается топливный соленоидный клапан 3 и топливная смесь закачивается в камеру сгорания (5 с). Срабатывает запальная свеча 4 (4 с). Реле пламени 5 контролирует наличие пламени.

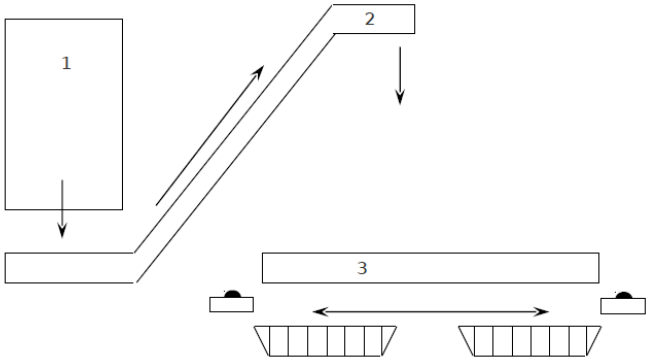
Если пламя не появилось в течение 5 с., процесс розжига выполняется еще раз (с продувки воздухом 15с.). При повторном незапуске агрегата включается продувка 1мин. и аварийная сигнализация. При нормальном запуске агрегата, система должна контролировать температуру воздуха на выходе термопреобразователем 6 и изменять скорость вращения топливного вентилятора 2. При остановке агрегата, продувка должна осуществляться до тех пор, пока температура не упадет ниже T_{min}.

2. *Система управления бункерами и транспортером*



Зерно поступает на транспортер 4 через одну из задвижек 1,2 или 3 или все вместе (выбор задвижки производится оператором) и далее либо в тележку 7 либо на дробилку 5 и далее в бункер 6. Схема должна отключаться при срабатывании датчика уровня в бункере 6 или при срабатывании датчика давления под тележкой.

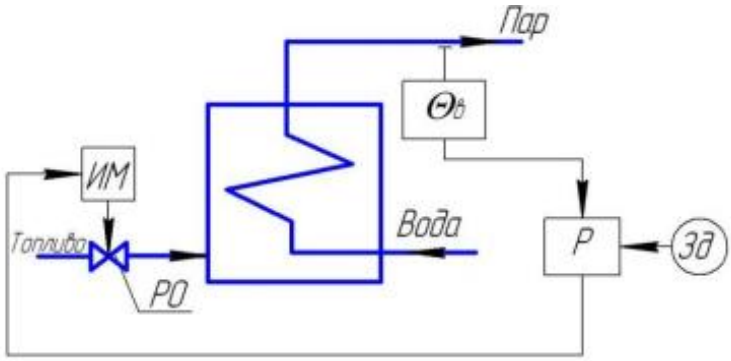
3. ***Система управления раздатчиком корма***



Продукт на платформенный раздатчик корма 3 подается загрузочным транспортером 2 и шнековым дозатором корма из бункера 1. Платформенный раздатчик начинает движение после того, как на него падает первая порция корма. При этом транспортер 3 движется вправо. При наезде на конечный выключатель SQ1 корм сбрасывается в кормушки и транспортер останавливается. Обратное движение платформенного раздатчика начинается через одну-две секунды, при этом происходит заполнение второй половины платформенного раздатчика.

Через выдержку времени должно произойти отключение шнекового дозатора корма, а остатков корма на загрузочном транспортере 2 должно хватить для заполнения оставшейся части фронта кормления. При наезде на конечный выключатель SQ2 происходит сбрасывание корма во вторую половину кормушек и отключение всей схемы. Сброс корма в кормушки производится плужковыми сбрасывателями.

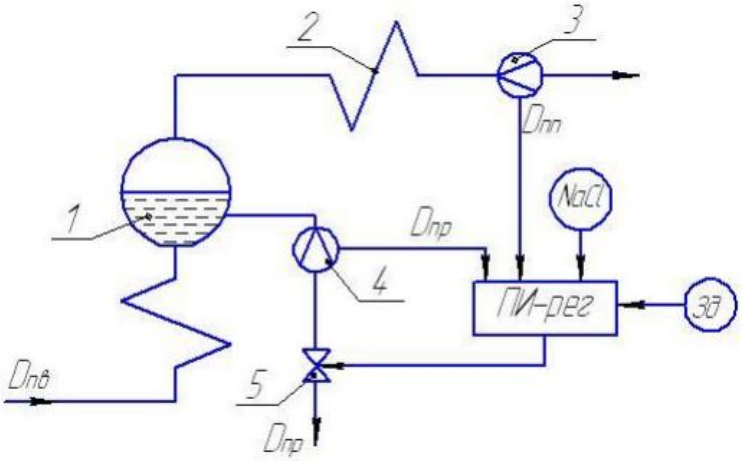
4. ***Система автоматического регулирования нагрузки водогрейного котла***



Регулятор нагрузки котла получает импульс по температуре воды за котлом и воздействует на изменение подачи топлива к котлу. Закон управления можно выбрать любой, например, ПИ-закон управления.

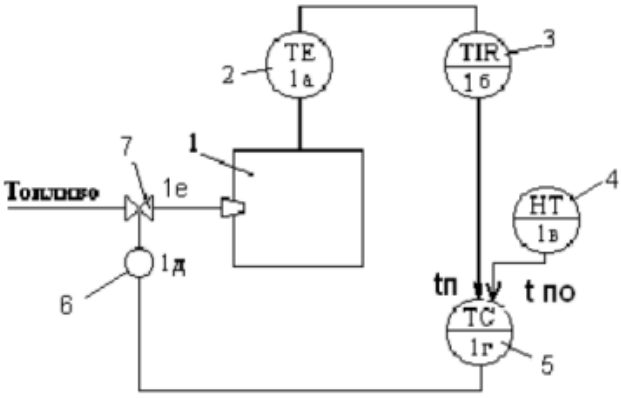
5. *Система автоматического регулирования непрерывной продувки барабанного парового котла*

Непрерывная продувка котла служит для удаления избытка соли NaCl и оксидов кремния SiO2, скапливающихся в котловой воде в процессе парообразования. Регулирование непрерывной продувки осуществляют воздействием регулятора продувки на регулировочный клапан на линии продувки. На вход ПИ-регулятора поступают сигналы по расходу пара Dnn и расходу продувочной воды Dnp, а также корректирующий сигнал по солесодержанию солей NaCl.



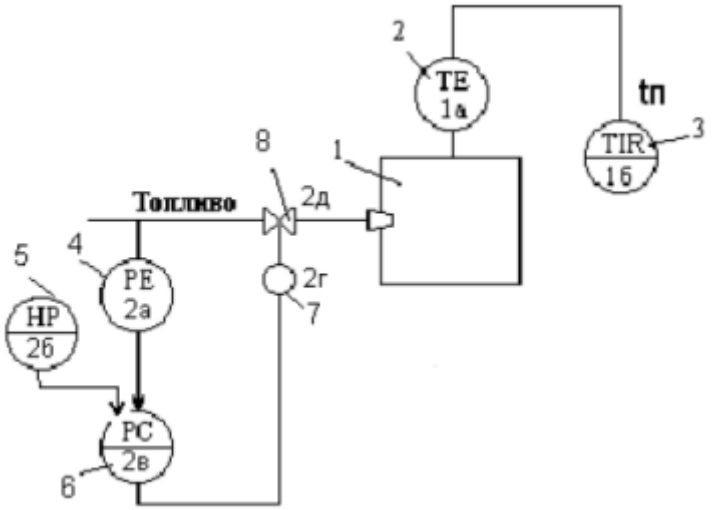
1 – барабан к/а, 2 – пароперегреватель, 3 – датчик расхода свежего пара Dпп, 4 – датчик расхода продувочной воды Dпр, 5 – регулирующий клапан продувки, ПИ-рег – регулятор продувки, Зд – задатчик ручного управления

6. *Замкнутая САР температуры в печи*



Чувствительным элементам – датчиком температуры служит термопара 2 (поз. обозн. 1а) Информация о значении температуры в печи поступает на показывающий и регистрирующий прибор 3 (поз. обозн. 1б), а с него в регулятор 5 (поз. обозн. 1г). В регулятор с задатчика 4 (поз. обозн. 1в) поступает сигнал о заданном значении температуры $t_{по}$, в состав которого входит сравнивающий элемент. Сравнивающий элемент вырабатывает отклонение $\varepsilon = t_{по} - t_{п}$, и в соответствии с алгоритмом управления, регулятор формирует управляющее воздействие. Это воздействие в виде управляющего сигнала передаётся на исполнительный механизм 6 (поз. обозн. 1д), обеспечивающий перемещение регулирующего органа 7 (поз. обозн. 1е). В качестве регулирующего органа используется поворотная заслонка в трубопроводе. Если температура в печи меньше заданной, то расход топлива увеличивается, а если больше - то уменьшается. Предусмотреть ручной и автоматический режим работы системы управления.

7. Разомкнутая САР температуры в печи с регулированием по возмущению

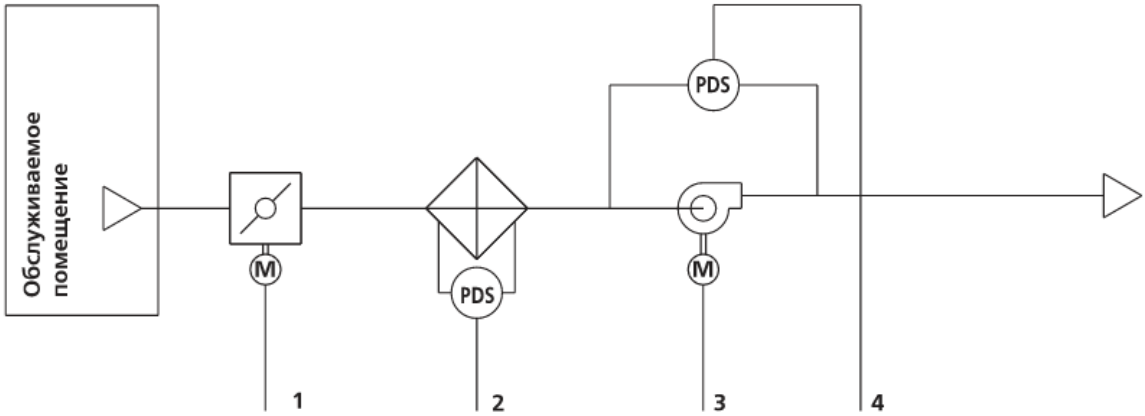


Регулируемой величиной является температура $t_п$ в печи 1. Основным возмущением является изменение давления газа в газопроводе, которое вызывает изменение расхода топлива и изменение температуры в печи, т.е. изменение регулируемой величины. Для компенсации влияния возмущения на значение выходной величины применяют регулятор 6 (поз. обозн. 2в), называемый компенсатором возмущений. Регулятор получает информацию о значении давления газа от датчика давления 4 (поз. обозн. 2а) и заданном значении давления от ручного задатчика 5 (поз. обозн. 2б). Затем по заранее заданной программе с помощью исполнительного механизма 7 (поз. обозн. 2г) регулятор изменяет положение регулирующего органа 8 (поз. обозн. 2д). Давление перед горелкой при правильно выбранной структуре и законе действия компенсатора не будет зависеть от давления в газопроводе и, следовательно,

не будет сказываться на расходе топлива и значении температуры в печи. В этом заключается принцип компенсации возмущений. В рассмотренном примере регулируемая величина – температура в печи измеряется термопарой 2 (поз. обозн. 1а) и регистрируется прибором 3 (поз. обозн. 1а). Но эта текущая информация не используется системой регулирования, т.е. отсутствует обратная связь по результатам работы системы.

Контур компенсации возмущения разомкнут, т.е. выходная величина контура не оказывает влияния на входную величину – изменение давления в газопроводе.

8. Система управления вентиляцией (вытяжкой)



Система вентиляции (вытяжки) содержит следующие элементы:

1 — привод воздушной заслонки;

2 — датчик-реле перепада давления на фильтре (PDS);

3 — вентилятор;

4 — датчик-реле перепада давления на вентиляторе (PDS).

Система имеет два режима запуска:

- местный
- (с электрического щита);
- дистанционный
- (по команде оператора из диспетчерской с выносного пульта управления).

Режим выбирается переключателем «Вкл / Выкл / ДУ» на лицевой панели щита.

Режимы работы вытяжной вентиляции:

- автономный режим, когда включение системы происходит непосредственно со щита;
- сблокированный режим, когда включение системы происходит от приточной вентиляции.

При срабатывании внешнего датчика сигнализации «Пожар» система выключается.

Система предусматривает управление и контроль следующих параметров:

1) контроль засорения фильтра по датчику-реле перепада давления воздуха;

2) контроль работоспособности вентилятора по датчику$реле перепада давления воздуха;

3) контроль работоспособности вентилятора по токам короткого замыкания;

4) управление воздушной заслонкой электроприводом.

Описание работы системы

Запуск производится переключателем «Пуск» в положение «Вкл», загорается индикатор «Пуск».

1) Если система настроена на автономную работу (на сухих контактах установлена перемычка), происходит запуск двигателя вентилятора 3, привод 1открывает воздушную заслонку, при открытии заслонки загорается индикатор «Заслонка», работает датчик-реле 2 перепада давления на фильтре. Через определенный интервал времени включается датчик-реле 4 перепада давления на вентиляторе. При выходе вентилятора на рабочий режим загорается индикатор «Вентилятор».

2) Если система сблокирована с включением приточной вентиляции, то она переходит в режим ожидания. При запуске приточной вентиляции происходит запуск и вытяжной вентиляции. Дальнейшая работа системы аналогична автономному режиму работы.

Воздух из обслуживаемого помещения, проходя через открытую воздушную заслонку, попадает на воздушный фильтр. Если перепад давления на фильтре слишком велик, что определяется по датчику-реле 2, то на щите загорается индикатор «Фильтр». Отключение системы при этом не предусмотрено.

Датчик-реле 4 контролирует перепад давления воздуха на вентиляторе 3.

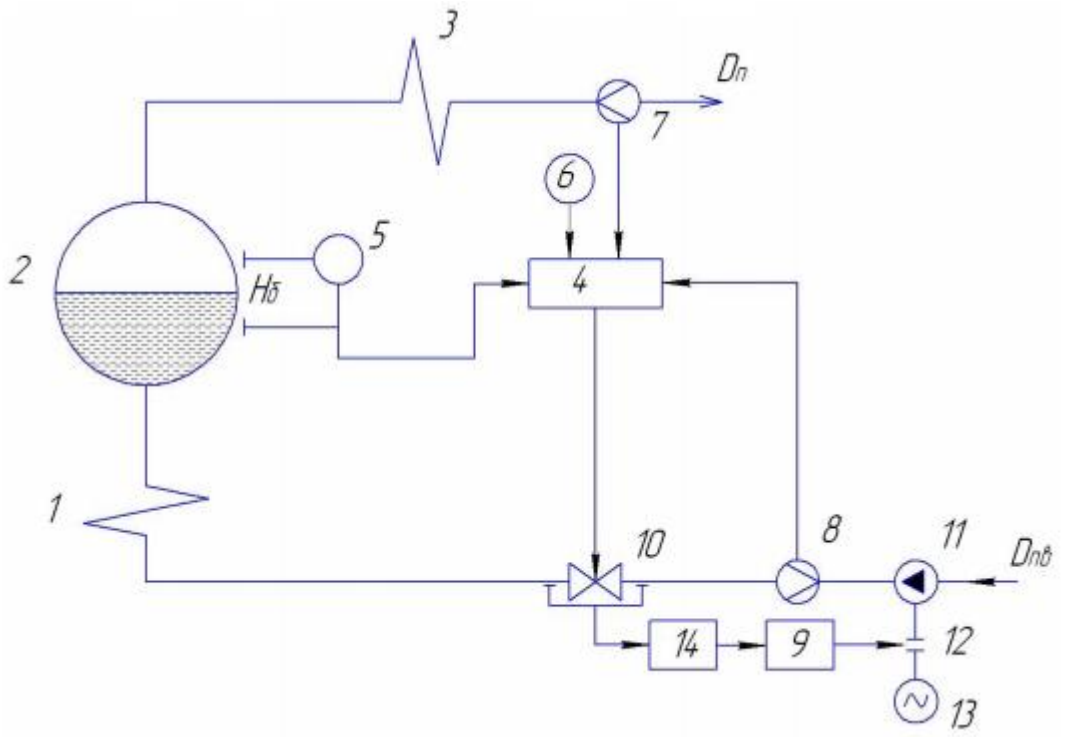
Если при запуске системы через определенный интервал времени заданный перепад давления не появляется, система останавливается. То же происходит, если указанный перепад давления исчезает во время работы системы. При этом загорается индикатор «Авария», индикатор «Вентилятор» гаснет.

9. Система автоматического регулирования питания барабана парового котла

В САР питания котла водой должен быть реализован принцип комбинированного регулирования по возмущению – при изменении расхода пара или питательной воды и отклонению – при изменении уровня воды в барабане котла. Регулятор питания должен обеспечить постоянство среднего уровня воды независимо от нагрузки котла и возмущающих воздействий.

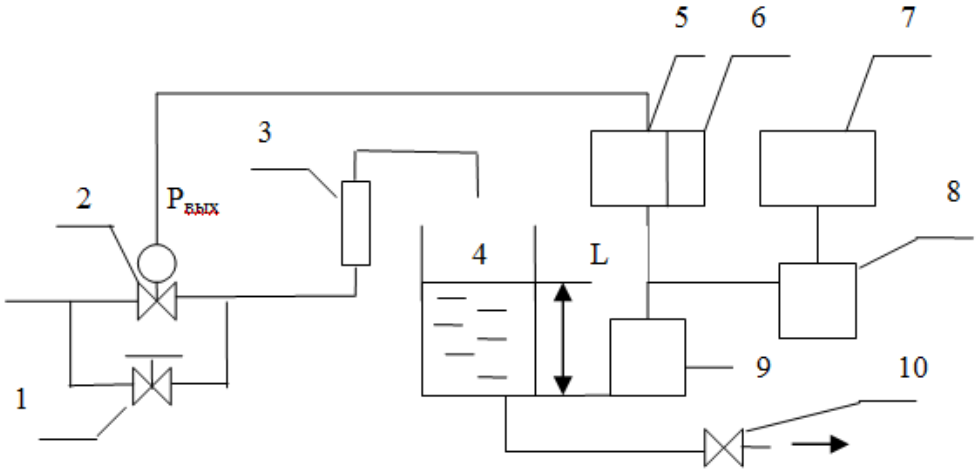
В САР питания используют для этих целей трехимпульсный регулятор питания. Сигналы по возмущению: расход свежего пара $D_п$, расход питательной воды $D_{пв}$. Сигнал по отклонению: уровень в барабане котельного агрегата $H_б$. Сигнал по расходу питательной воды используется как выключающий для снятия в статике сигнала по расходу пара. Регулятор питания перемещает регулировочный орган на линии питательной воды при появлении сигнала небаланса между расходами питательной воды и перегретого пара. Помимо этого он воздействует на положение клапана при отклонении уровня воды в барабане котельного агрегата от заданного значения. Использование сигналов $D_п$ и $D_{пв}$ обеспечивают быстродействие САР питания, сигнал $H_б$ – заданную точность поддержания уровня в барабане. В схеме измерительного блока регулятора питания датчики $D_п$, $D_{пв}$ и $H_б$ включены таким образом, что при понижении уровня воды в барабане котлоагрегата, увеличении расхода пара, уменьшении расхода питательной воды, они действуют в одном направлении – в сторону открытия питательного клапана, а при повышении уровня, уменьшении расхода пара и увеличении расхода питательной воды в сторону закрытия питательного клапана.

В качестве регулировочных органов питания используются шиберные клапаны и клапаны золотникового типа.



1-экономайзер, 2-барабан котла, 3-пароперегреватель, 4-регулятор питания, 5-датчик уровня, 6-задатчик, 7-датчик расхода пара, 8-датчик расхода питательной воды, 9-регулятор производительности, 10-питательный клапан, 11-питательный насос, 12-гидромуфта, 13-электродвигатель, 14 – дифференциальный манометр

10. Система автоматического регулирования уровня жидкости в резервуаре



В системе управления должно быть реализовано одноконтурное регулирование уровня жидкости в резервуаре.

Вода поступает в резервуар 4 (объект регулирования) по длинному трубопроводу, на котором установлены параллельно вентиль 1 и пневматический регулирующий клапан 2. Расход воды контролируют по показаниям ротаметра 3. Уровень воды в резервуаре (регулируемую величину) измеряют гидростатическим дифманометром-уровнемером 9. Пневматический сигнал с его выхода поступает па вторичный прибор со станцией управления 5 и работающий с ним в комплекте автоматический регулятор 6, а также па манометр 8 с электрическим выходом, подаваемым на регистрирующий прибор 7. Выход с регулятора направляется на исполнительное устройство - клапан 2. Вентиль 1 предназначен для подачи на объект и в систему регулирования возмущающих воздействий, вентиль 10 — для установки номинального расхода жидкости через объект. Заданное значение уровня жидкости в резервуаре устанавливают задатчиком станции управления прибора 5.

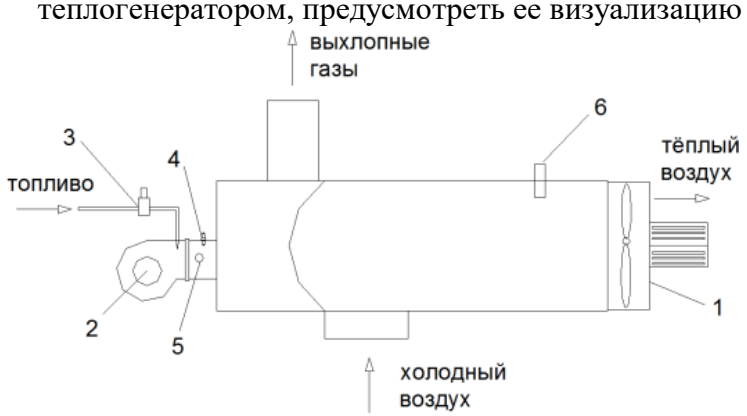
Приложение 2

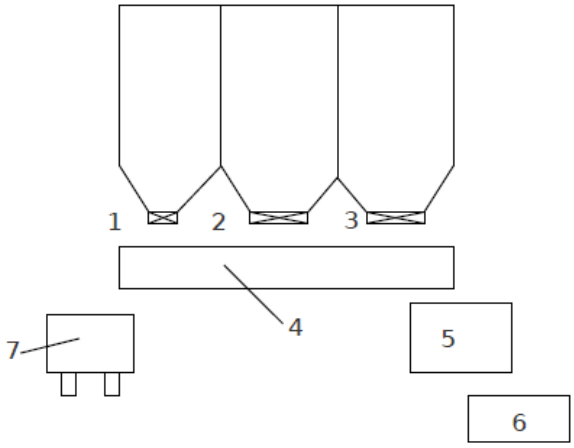
Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Цифровые системы управления»

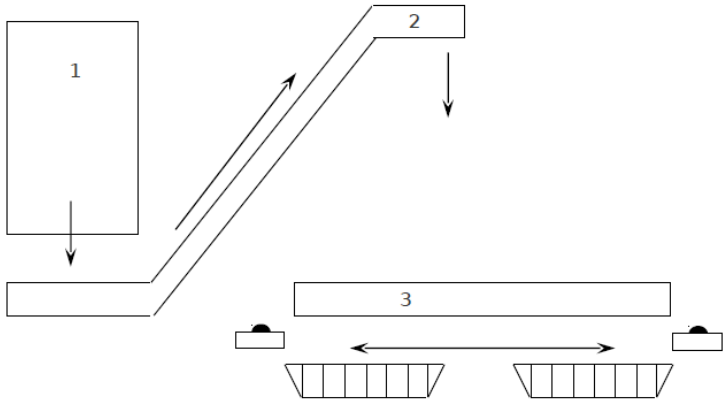
а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-2: Способен применять средства контроля и регулирования технологических факторов при разработке и реализации системы автоматизированного управления особо сложными технологическими процессами термической и химико-термической обработки		
ПК-2.1	Определяет общую схему системы автоматизированного управления согласно заданной структуре АСУ ТП и выполняет её реализацию	***Теоретические вопросы для проведения экзамена:*** 1. Общее определение промышленных контроллеров 2. Структурные компоненты контроллеров 3. Системное и прикладное программное обеспечение 4. Функциональные ресурсы, предоставляемые прикладной программе 5. Классификация контроллеров 6. Требования к языкам программирования промышленных контроллеров. Стандарт МЭК 61131-3 7. Особенности программирования ПЛК 8. Общие элементы языков стандарта МЭК 61131-3 9. Язык релейных диаграмм LD: общие сведения и примеры реализации 10. Язык релейных диаграмм LD: триггеры 11. Язык релейных диаграмм LD: таймеры 12. Язык релейных диаграмм LD: счётчики 13. Язык функциональных блоковых диаграмм FBD (общие сведения и примеры реализации) 14. Язык инструкций IL (общие сведения и примеры реализации) 15. Язык структурированного текста ST (общие сведения и примеры реализации) 16. Язык последовательных функциональных блоков

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		SFC (общие сведения и примеры реализации) 17. Язык непрерывной потоковой схемы CFC (общие сведения и примеры реализации) 18. Функция и структура систем подготовки проектов 19. Пакеты создания проектов различных компаний (общий список и подробнее пакет CoDeSys) 20. Пакеты создания проектов различных компаний (общий список и подробнее пакет TIA Portal) 21. Роль и место контроллеров в структуре системы управления 22. Характеристики программно-технических комплексов (ПТК) для построения систем автоматизации 23. Классификация ПТК 24. Особенности выбора ПТК для конкретного объекта 25. Средства организации человеко-машинного интерфейса: операторные панели 26. Средства организации человеко-машинного интерфейса: панельные контроллеры 27. Цифровые промышленные сети (ЦПС): требования, общая классификация и принципы построения 28. Типовые стандартные ЦПС 29. Беспроводные локальные сети для промышленного применения 30. Классификация устройств связи с объектами (УСО) 31. УСО: нормирующие преобразователи 32. УСО: устройства удаленного сбора данных и управления 33. УСО: интеллектуальные датчики и исполнительные устройства 34. Программируемые реле ***Примеры творческих практических заданий***

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		1. Разработать программу системы управления теплогенератором, предусмотреть ее визуализацию  При нажатии на кнопку ПУСК, звучит предупредительная сигнализация и запускается основной вентилятор теплого воздуха 1. После запуска основного вентилятора, включается топливный вентилятор 2 для продувки (10 с). Затем включается топливный соленоидный клапан 3 и топливная смесь закачивается в камеру сгорания (5 с). Срабатывает запальная свеча 4 (4 с). Реле пламени 5 контролирует наличие пламени. Если пламя не появилось в течение 5 с., процесс розжига выполняется еще раз (с продувки воздухом 15с.). При повторном незапуске агрегата включается продувка 1мин. и аварийная сигнализация. При нормальном запуске агрегата, система должна контролировать температуру воздуха на выходе термопреобразователем 6 и изменять скорость вращения топливного вентилятора 2. При остановке агрегата, продувка должна осуществляться до тех пор, пока температура не упадет ниже T_{min}. 2. Разработать программу системы управления бункерами и транспортером, предусмотреть ее визуализацию

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		 Зерно поступает на транспортер 4 через одну из задвижек 1,2 или 3 или все вместе (выбор задвижки производится оператором) и далее либо в тележку 7 либо на дробилку 5 и далее в бункер 6. Схема должна отключаться при срабатывании датчика уровня в бункере 6 или при срабатывании датчика давления под тележкой. 3. Разработать программу системы управления распределением шихтового материала, предусмотреть ее визуализацию Продукт на платформенный раздатчик шихтового материала подается загрузочным транспортером 2 и шнековым дозатором шихты из бункера 1. Платформенный раздатчик начинает движение после того, как на него падает первая порция корма. При этом транспортер 3 движется вправо. При наезде на конечный выключатель SQ1 корм сбрасывается в бункеры и транспортер останавливается. Обратное движение платформенного раздатчика начинается через одну-две секунды, при этом происходит заполнение второй половины платформенного раздатчика.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		 Через выдержку времени должно произойти отключение шнекового дозатора шихты, а остатков шихты на загрузочном транспортере 2 должно хватить для заполнения оставшейся части фронта шихты. При наезде на конечный выключатель SQ2 происходит сбрасывание корма во вторую половину бункеров и отключение всей схемы. Сброс корма в бункеры производится плужковыми сбрасывателями.
ПК-2.2	Выбирает средства контроля и регулирования технологических факторов согласно требованиям	***Практические задания к экзамену*** Реализовать заданный алгоритм управления на языке CFC и разработать визуализацию: 1. При срабатывании системы защиты от концевого выключателя необходимо мгновенно открыть 1-й клапан, а через 15 с закрыть 2-й и 3-й клапаны. Кроме того, в случае превышения концентрации выше некоторого заданного значения необходимо закрывать клапаны с задержкой 10 с. 2. В автоматической системе защиты имеется три датчика, установленные в различных местах производственного участка. В случае завышения значения технологического параметра выше допустимого на одном из датчиков необходимо открыть 1-й клапан на 10 с, через 3 с после его открытия закрыть 2-й клапан, а через 4 секунды после закрытия 2-го открыть 3-й на 20 с. 3. В автоматической системе имеется два дискретных датчика и четыре клапана, установленных на трубопроводах подачи сырья. В случае срабатывания первого датчика необходимо закрыть последовательно три первых клапана с задержкой 5

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		с. При срабатывании второго датчика необходимо закрыть третий клапан на 15 с, после чего открыть его. При одновременном срабатывании двух датчиков закрыть все клапаны на 20 с, после чего произвести их открытие в обратном порядке с интервалом 3с. 4. В автоматической системе имеется два дискретных датчика и шесть клапанов, установленных на трубопроводах подачи сырья. При одновременном срабатывании двух датчиков закрыть все клапаны на 20 с, после чего произвести их открытие в обратном порядке с интервалом 3 с. 5. В автоматической системе имеется дискретный датчик и пять клапанов. После пятого срабатывания датчика необходимо закрыть все клапаны с интервалом 5 с, после чего выдержать еще 4 с и произвести открытие клапанов в обратной последовательности с интервалом 1 с. 6. В автоматической системе имеется два аналоговых датчика и три клапана. В случае, если суммарное значение с датчиков превышает некоторое заданное, требуется закрыть клапаны с интервалом 3с. Если суммарное значение с датчиков равно заданному – закрыть все клапаны на 20 с. 7. В автоматической системе защиты имеется три аналоговых датчика. В случае равенства значений с датчиков некоторому заданному значению, необходимо открыть 1-й клапан на 10 с, через 3с после его открытия закрыть 2-й клапан. 8. В автоматической системе имеется два дискретных датчика. При двукратном срабатывании первого датчика и однократном срабатывании второго необходимо закрывать клапан с задержкой 10 с. 9. В автоматической системе после четвертого срабатывания дискретного датчика необходимо закрыть клапан на 8 с, после чего открыть его на 2 с. 10. В автоматической системе защиты имеется три аналоговых датчика. В случае равенства значений с двух датчиков некоторому заданному значению, необходимо открывать 1-й клапан на 3 с, с периодом 5 с. 11. В автоматической системе имеется два дискретных

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		датчика и четыре клапана. При срабатывании второго датчика необходимо закрыть третий клапан на 15 с, после чего открыть его. При одновременном срабатывании двух датчиков закрыть все клапаны с задержкой 25с. 12. В автоматической системе при шестом срабатывании концевого выключателя необходимо последовательно закрыть четыре клапана с задержкой 2с. Через 5с после закрытия последнего клапана мгновенно открыть все клапаны. 13. В системе имеется два дискретных датчика и четыре клапана. В случае срабатывания первого датчика необходимо закрыть последовательно три первых клапана с задержкой 5 с. При двукратном срабатывании второго датчика необходимо закрыть третий клапан на 15 с, после чего открыть его. 14. В автоматической системе имеется три дискретных датчика и четыре клапана. При срабатывании второго датчика необходимо закрыть третий клапан на 5с, после чего открыть его. При одновременном срабатывании двух датчиков закрывать все клапаны на 3с с периодом 5с. 15. В системе защиты имеется три датчика. В случае, когда суммарное значение с датчиков превышает некоторое заданное значение необходимо открыть 1-й клапан на 10 с, через 3 с после его открытия закрыть 2-й клапан. 16. В автоматической системе имеется два аналоговых датчика. В случае если разность между показаниями превышает некоторое заданное значение, необходимо закрыть последовательно три клапана с задержкой 5 с. Через 20с после закрытия последнего произвести их открытие в обратном порядке с интервалом 3с. 17. В автоматической системе имеется два аналоговых датчика и три клапана. В случае если частное от показаний датчиков больше, либо равно некоторому заданному значению необходимо открывать клапан на 5с с периодом 3с. 18. В автоматической системе имеется три аналоговых датчика и один концевой выключатель. При шестом срабатывании концевого выключателя или в случае

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		превышения значения с одного из аналоговых датчиков выше некоторого заданного значения необходимо последовательно закрыть четыре клапана с задержкой 2 с. Через 5 с после закрытия последнего клапана мгновенно открыть все клапаны. 19. В автоматической системе установлены аналоговый датчик и один переключатель, имеющий положение “включено” и “выключено”. В случае превышения значения аналогового датчика выше некоторого заданного значения необходимо закрыть первый клапан на 10с, после чего открыть его. В случае изменения переключателя из положения “выключено” в положение “включено” необходимо с задержкой 5с закрыть клапан на 15с. 20. В автоматической системе установлены два переключателя, имеющих фиксированные положения “включено” и “выключено”. При переходе первого переключателя из положения “выключено” во “включено” закрыть клапан на 15 с, после чего открыть его. При переходе второго переключателя из положения “включено” в “выключено” закрыть клапан на 10с, с задержкой 2с. 21. В автоматической системе установлен переключатель, имеющий фиксированные положения “включено” и “выключено”. При переходе переключателя из положения “включено” в “выключено” необходимо закрыть последовательно три первых клапана с задержкой 5с. При возвращении переключателя в исходное положение закрыть четвертый на 20с. 22. В автоматической системе установлен переключатель, имеющий фиксированные положения “включено” и “выключено”. При переходе переключателя из положения “включено” в “выключено” необходимо закрыть последовательно два клапана с задержкой 6с, после закрытия последнего открыть все клапаны с задержкой 10с. При возвращении переключателя в исходное положение закрыть третий клапан на 20 с. 23. В системе имеется дискретный датчик и

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		переключатель. В случае срабатывания первого датчика необходимо закрыть первый клапан с задержкой 5с. При переходе переключателя из положения “включено” в “выключено” необходимо закрыть три клапана на 15 с, после чего открыть их. 24. В автоматической системе защиты имеется два аналоговых датчика. В случае равенства значений с датчиков некоторому заданному значению, необходимо открыть 1-й клапан на 10 с. В случае открытия клапана необходимо закрыть второй клапан, а при закрытии первого закрыть третий с задержкой 4с на 10с. 25. В автоматической системе имеется три дискретных датчика. При срабатывании второго датчика необходимо закрыть первый клапан на 5с, после чего открыть его. После третьего закрытия клапана закрывать еще два клапана на 10с каждый. 26. При срабатывании концевого выключателя в автоматической системе необходимо мгновенно открыть 1-й клапан, а через 15 с закрыть 2-й. В случае закрытия первого клапана более трех раз необходимо закрыть третий клапан на 30с. 27. В автоматической системе имеется два дискретных датчика. При одновременном срабатывании двух датчиков закрыть первый клапан на 2с. В случае закрытия первого клапана более трех раз необходимо закрыть еще два с интервалом 5с. 28. В автоматической системе имеется пять аналоговых датчиков. В случае, если суммарное значение с двух датчиков не превышает частного от трех оставшихся датчиков требуется закрыть первый клапан на 10с. В случае двукратного закрытия первого клапана закрывать второй не более чем на 3с с периодом 2с. 29. В автоматической системе имеется два дискретных датчика. При одновременном срабатывании двух датчиков закрыть клапан на 20с. При срабатывании одного из датчиков закрыть второй клапан на 3с, а после пятого закрытия второго закрыть третий на 7с. 30. В автоматической системе имеется дискретный датчик. При пятом срабатывании датчика

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		необходимо закрыть клапан на 6с, а в случае шестикратного закрытия клапана закрыть еще четыре клапана с интервалом 4с.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Цифровые системы управления» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.