

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФИО: Силин Яков Петрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 03.06.2026 14:35:48
Уникальный программный ключ:
24f866be2aca16484036a8cbb3c509a9551e609

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

Одобрена
на заседании кафедры

Утверждена
Советом по учебно-методическим
вопросам и качеству образования

09.12.2025 г.
протокол № 4
Зав. кафедрой Лазарев В.А.

16 декабря 2025 г.
протокол № 4
Председатель  Карх Д.А.
(подпись)



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины	Автоматизация технологических производств и оборудования
Направление подготовки	15.03.02 Технологические машины и оборудование
Профиль	Инжиниринг технологического оборудования
Форма обучения	очно-заочная
Год набора	2026

Разработана:
Доцент, к.э.н.
Эйриян Н.А.

Екатеринбург
2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП	3
3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ	3
4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ОПОП	3
5. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН	6
6. ФОРМЫ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ШКАЛЫ ОЦЕНИВАНИЯ	6
7. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	8
8. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ	10
9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	10
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ОНЛАЙН КУРСОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	11
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	11

ВВЕДЕНИЕ

Рабочая программа дисциплины является частью основной профессиональной образовательной программы высшего образования - программы бакалавриата, разработанной в соответствии с ФГОС ВО

ФГОС ВО	Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования- бакалавриат по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование (приказ Минобрнауки России от 09.08.2021 г. № 728)
---------	---

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины является использование основных способов и методов теории систем управления, автоматизации и программирования пищевых производств, машин и аппаратов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Промежуточная аттестация	Часов					З.е.
	Всего за семестр	Контактная работа (поуч.зан.)			Самостоятельная работа в том числе подготовка контрольных и курсовых	
		Всего	Лекции	Лабораторные		
Семестр 7						
Экзамен, Контрольная работа	180	16	8	8	155	5

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ОПОП

В результате освоения ОПОП у выпускника должны быть сформированы компетенции, установленные в соответствии с ФГОС ВО.

Шифр и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций
производственно-технологический	

<p>П К - 1</p> <p>Способен проектировать, внедрять и организовывать прогрессивные процессы, оборудование, технологии и средства автоматизации и механизации для производства продуктов питания</p>	<p>ИД-1.ПК-1 Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Виды продукции и технологии производства продуктов питания из растительного сырья, из животного сырья, биотехнологической продукции, продукции общественного питания массового изготовления и специализированных пищевых продуктов и переработки продукции растениеводства, животноводства и рыбного хозяйства; - Специализированное оборудование биотехнологической промышленности и переработки продукции растениеводства и животноводства; - Основы проектного управления и управления рисками при внедрении новых технологий технического обслуживания и ремонта технологического оборудования и процессов, методы организации труда и формы оформления технической документации рационализаторских предложений по совершенствованию технологии и технического обслуживания, в организации пищевой и перерабатывающей промышленности <p>ИД-2.ПК-1 Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Организовывать внедрение прогрессивных технологических процессов, видов оборудования и технологической оснастки, средств автоматизации и механизации, управляющих программ, оптимальных режимов производства новых видов продуктов питания - Разрабатывать программы организационно-технических мероприятий по совершенствованию организации труда и внедрению новой технологии, по переподготовке специалистов и освоению прогрессивных технологических процессов, видов оборудования и технологической оснастки, средств автоматизации и механизации, технического обслуживания и ремонта технологического оборудования и процессов в организации пищевой и перерабатывающей промышленности - Разрабатывать нормативно-техническую документацию по результатам внедрения технологических процессов и систем управления прогрессивных технологий технического обслуживания и ремонта технологического оборудования и процессов в организации пищевой и перерабатывающей промышленности <p>ИД-3.ПК-1 Иметь практический опыт:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Применения разработанных технологических процессов, оборудования и технологий на предприятиях пищевой промышленности и перерабатывающей промышленности
--	---

<p>ПК-2 Способен осуществлять приемку, освоение и испытание вводимых в эксплуатацию оборудования, технических средств систем автоматизации, контроля, диагностики и средств программного обеспечения на автоматизированных технологических линиях по производству продуктов питания</p>	<p>ИД-1.ПК-2 Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Порядок проведения пусконаладочных и экспериментальных работ по освоению и внедрению новых технологий, структур технологических решений и их корректировка при проведении промышленных испытаний, методы оценки соответствия технических параметров технического обслуживания и ремонта технологического оборудования и процессов в организации пищевой и перерабатывающей промышленности - Состав, функции и возможности использования информационно-коммуникационных технологий в информационных системах, методы и средства сбора, обработки, хранения, передачи и накопления информации с использованием базовых системных программных продуктов и пакетов прикладных программ управления техническим обслуживанием и ремонтом технологического оборудования, контрольно-измерительных приборов и систем автоматики автоматизированных технологических линий по
	<p>ИД-2.ПК-2 Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Производить пусконаладочные и экспериментальные работы, стандартные и сертификационные испытания по освоению новых технологических процессов технического обслуживания и ремонта технологического оборудования и процессов в организации пищевой и перерабатывающей промышленности - Производить оценку соответствия технических параметров технического обслуживания и ремонта, осуществлять корректировку технологических решений при проведении промышленных испытаний прогрессивных технологий с учетом оптимизации затрат и повышения качества технического обслуживания и ремонта, выявлять факторы влияния новых технологий технологического оборудования и процессов в организации пищевой и перерабатывающей промышленности - Использовать технологии сбора, размещения, хранения, накопления, преобразования и передачи данных, специальное программное обеспечение, компьютерные и телекоммуникационные средства в профессионально-ориентированных информационных системах технического обслуживания и ремонта технологического оборудования и

<p>П К - 2</p> <p>Способен осуществлять приемку, освоение испытание вводимых эксплуатацию оборудования, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики и средств программного обеспечения на автоматизированных технологических линиях по производству продуктов питания</p>	<p>ИД-3.ПК-2 Иметь практический опыт при:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Формировании подсистемы оперативного сбора и анализа данных о фактическом состоянии оборудования и систем автоматики путем считывания штрихкодов и съема информации с внешних датчиков, предупредительного обслуживания на основе оценки фактического состояния оборудования, внепланового технического обслуживания на основе оценки фактического состояния оборудования, ведение реестра технических характеристиках оборудования и средств автоматики, закупках, гарантийных обязательствах, себестоимости, контрагентах, состоянии работоспособности. - Ведении реестра профилактического обслуживания, о проведенных операциях технического обслуживания и ремонта, формирование в автоматизированном режиме форм аналитической отчетности о техническом обслуживании и ремонте и показателях общей эффективности оборудования автоматизированных технологических линий по производству продуктов питания - Выполнении работ по проведению опытной эксплуатации и вводу в промышленную эксплуатацию информационной системы и подсистемы проектирования процессов и управления техническим обслуживанием и ремонтом технологического оборудования и процессов в организации пищевой и перерабатывающей промышленности
---	---

5. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Тема	Наименование темы	Часов	Контактная работа (по уч. зан.)			Самост. работа	Контроль самостоятельной работы
			Все го часов	Контактная работа (по уч. зан.)			
				Лекции	Лабораторные		
Семестр 7		17					
Тема 1.	Структура автоматизированных систем управления	52	2			50	
Тема 2.	Особенности функционирования автоматических систем управления	27	1	2		24	
Тема 3.	Средства измерения температуры (ПК-1; ПК-2)	25	1	2		22	
Тема 4.	Средства измерения	25	1	2		22	
Тема 5.	Средства измерения расхода жидкостей и газов (ПК-2)	32	2	2		28	
Тема 6.	Технические система автоматического управления	10	1			9	

6. ФОРМЫ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ШКАЛЫ ОЦЕНИВАНИЯ

Раздел/Тема	Вид оценочного средства	Описание оценочного средства	Критерии оценивания
Текущий контроль (Приложение 4)			
Тема 1-4	Тест № 1 (приложение)	Тест состоит из 4 вопросов и задачи	5 баллов

Темы 1-6	Тест № 2(приложение 4)	Тест состоит из 5 вопросов	5 баллов
Тема 6	Тест № 3(приложение 4)	Тест состоит из 5 вопросов	5 баллов
Промежуточная аттестация(Приложение 5)			
7 семестр(Эк)	Билеты к экзамену(приложение	Билет содержит 2 теоретических вопроса и 1 практическое задание	100 баллов

ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ

Показатель оценки освоения ОПОП формируется на основе объединения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающегося.

Показатель рейтинга по каждой дисциплине выражается в процентах, который показывает уровень подготовки студента.

Текущий контроль. Используется 100-балльная система оценивания. Оценка работы студента в течение семестра осуществляется преподавателем в соответствии с разработанной им системой оценки учебных достижений в процессе обучения по данной дисциплине.

В рабочих программах дисциплин и практик закреплены виды текущего контроля, планируемые результаты контрольных мероприятий и критерии оценки учебных достижений.

В течение семестра преподавателем проводится не менее 3-х контрольных мероприятий, по оценке деятельности студента. Если посещения занятий по дисциплине включены в рейтинг, то данный показатель составляет не более 20% от максимального количества баллов по дисциплине.

Промежуточная аттестация. Используется 5-балльная система оценивания. Оценка работы студента по окончании дисциплины (части дисциплины) осуществляется преподавателем в соответствии с разработанной им системой оценки достижений студента в процессе обучения по данной дисциплине. Промежуточная аттестация также проводится по окончании формирования компетенций.

Порядок перевода рейтинга, предусмотренных системой оценивания, по дисциплине, в пятибалльную систему.

Высокий уровень – 100% - 70% - отлично, хорошо.

Средний уровень – 69% - 50% - удовлетворительно.

Показатель оценки	По 5-балльной системе	Характеристика показателя
100% - 85%	отлично	обладают теоретическими знаниями в полном объеме, понимают, самостоятельно умеют применять, исследовать, идентифицировать, анализировать, систематизировать, распределять по категориям, рассчитать показатели, классифицировать, разрабатывать модели, алгоритмизировать, управлять, организовать, планировать процессы исследования, осуществлять оценку результатов на высоком уровне
84% - 70%	хорошо	обладают теоретическими знаниями в полном объеме, понимают, самостоятельно умеют применять, исследовать, идентифицировать, анализировать, систематизировать, распределять по категориям, рассчитать показатели, классифицировать, разрабатывать модели, алгоритмизировать, управлять, организовать, планировать процессы исследования, осуществлять оценку результатов. Могут быть допущены недочеты, исправленные студентом самостоятельно в процессе работы (ответаи т.д.)
69% - 50%	удовлетворительно	обладают общими теоретическими знаниями, умеют применять, исследовать, идентифицировать, анализировать, систематизировать, распределять по категориям, рассчитать показатели, классифицировать, разрабатывать модели, алгоритмизировать, управлять, организовать, планировать процессы исследования, осуществлять оценку результатов на среднем уровне. Допускаются ошибки, которые студент затрудняется исправить самостоятельно.
49 % и менее	неудовлетворительно	обладают не полным объемом общих теоретическими знаниями, не умеют самостоятельно применять, исследовать, идентифицировать, анализировать, систематизировать, распределять по категориям, рассчитать показатели, классифицировать, разрабатывать модели, алгоритмизировать, управлять, организовать, планировать процессы исследования, осуществлять оценку результатов. Не сформированы умения и навыки для
100% - 50%	зачтено	характеристика показателя соответствует «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»
49 % и менее	не зачтено	характеристика показателя соответствует «неудовлетворительно»

7. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Содержание лекций

Тема 1. Структура автоматизированных систем управления технологического оборудования (ПК-1) Введение.
Тема 2. Особенности функционирования автоматических систем управления (ПК-2) Общие сведения и определения автоматических систем управления.
Тема 3. Средства измерения температуры (ПК-1;ПК-2) Элементы автоматики
Тема 4. Средства измерения давления (ПК-1) Системы автоматики и телемеханики
Тема 5. Средства измерения расхода жидкостей и газов (ПК-2) Вычислительная техника
Тема 6. Технические система автоматического управления (ПК-1;ПК-2) Программное обеспечение

7.2 Содержание практических занятий и лабораторных работ

Тема 3. Средства измерения температуры (ПК-1;ПК-2) Микроконтроллеры. Управление периферийными устройствами микроконтроллера AT90USB162
Тема 4. Средства измерения давления (ПК-1) Промышленная система сбора и анализа информации Advantech GeniDAQ
Тема 5. Средства измерения расхода жидкостей и газов (ПК-2) Автоматизация технологических процессов на базе контроллеров ОВЕН

7.3. Содержание самостоятельной работы

Тема 2. Особенности функционирования автоматических систем управления (ПК-2) Робототехника в пищевой промышленности
Тема 3. Средства измерения температуры (ПК-1;ПК-2) Аддитивные технологии в пищевой промышленности
Тема 4. Средства измерения давления (ПК-1) Системы процессов глубокой переработки сельскохозяйственного сырья
Тема 5. Средства измерения расхода жидкостей и газов (ПК-2) Технические и технологические тренды в пищевой промышленности

7.3.1. Примерные вопросы для самостоятельной подготовки к зачету/экзамену
Приложение 1

7.3.2. Практические задания по дисциплине для самостоятельной подготовки
кзачету/экзамену

Приложение 2

7.3.3. Перечень курсовых работ
Курсовые работы не предусмотрены

7.4. Электронное портфолио обучающегося
Размещается контрольная работа

7.5. Методические рекомендации по выполнению контрольной работы
Приложение 6

7.6 Методические рекомендации по выполнению курсовой работы
Материалы не предусмотрены

8. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

По заявлению студента

В целях доступности освоения программы для лиц с ограниченными возможностями здоровья при необходимости кафедра обеспечивает следующие условия:

- особый порядок освоения дисциплины, с учетом состояния их здоровья;
- электронные образовательные ресурсы по дисциплине в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья;
- изучение дисциплины по индивидуальному учебному плану (вне зависимости от формы обучения);
- электронное обучение и дистанционные образовательные технологии, которые предусматривают возможности приема-передачи информации в доступных для них формах.
- доступ (удаленный доступ), к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам, состав которых определен РПД.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Сайт библиотеки УрГЭУ
<http://lib.usue.ru/>

Основная литература:

2. Бородин И. Ф., Андреев С. А. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления 2-е изд., испр. и доп. Учебник для вузов [Электронный ресурс]: - ,2023. - 386 с – Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/513977>

3. Иванов А. А. Автоматизация технологических процессов и производств [Электронный ресурс]: Учебное пособие. - Москва: Издательство "ФОРУМ", 2023. - 224 – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1971876>

Дополнительная литература:

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ОНЛАЙН КУРСОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Astra Linux Common Edition. Договор №0417-ПО/2019 от 08.05.2019, Акт №Sk000343 от 24.05.2019 и Контракт № 35-У/2018 от 13.06.2018, Акт № УТ213 от 17.12.2018. Срок действия лицензии - без ограничения срока.

МойОфис стандартный. Соглашение № СК-281 от 7 июня 2017. Дата заключения - 07.06.2017. Срок действия лицензии - без ограничения срока.

Платформа nanoCAD 22.0. Модули: «3D», «Механика», «Растр», Модуль «СПДС», «Топоплан». Эл. лицензия для вуза. Срок действия лицензии 31.03.2026.

Autodesk 3D Studio MAX. Эл. лицензия для вуза. Срок действия лицензии - без ограничения срока.

Перечень информационных справочных систем, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Реализация учебной дисциплины осуществляется с использованием материально-технической базы УрГЭУ, обеспечивающей проведение всех видов учебных занятий и научно-исследовательской и самостоятельной работы обучающихся:

Специальные помещения представляют собой учебные аудитории для проведения всех видов занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду УрГЭУ.

Все помещения укомплектованы специализированной мебелью и оснащены мультимедийным оборудованием спецоборудованием (информационно-телекоммуникационным, иным компьютерным), доступом к информационно-поисковым, справочно-правовым системам, электронным библиотечным системам, базам данных действующего законодательства, иным информационным ресурсам служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа презентации и другие учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации.

7.3.1. Примерные вопросы для самостоятельной подготовки к зачету/экзамену

К экзамену

Вопросы по теоретической части курса:

1. Автоматические системы регулирования (основные понятия, контур регулирования)
2. Принципы автоматического регулирования
3. Дать характеристику позиционного регулирования
4. Характеристика пропорционального и интегрального законов регулирования.
5. Характеристика пропорционально-интегрально-дифференциального закона регулирования.
6. Свойства объектов регулирования.
7. Датчики и чувствительные элементы (определение, классификация).
8. Реле (определение, функции в системах управления, классификация).
9. Исполнительные элементы систем управления (определение, классификация).
10. Правила составления функциональных схем систем управления.
11. Аналоговый и цифровой способы представления информации в системах управления.
12. Основные логические операции и логические элементы.
13. Понятие о микропроцессорной технике.
14. Операционные узлы микропроцессорных измерительных и регулирующих приборов.
15. Применение микропроцессорной техники в системах управления

7.3.2. Практические задания по дисциплине для самостоятельной подготовки к зачету/экзамену

Номер задания	Содержание задания	Компетенция
	<i>Задания закрытого типа</i>	
1	Укажите способ проецирования, который используется при построении чертежа на плоскости с применением САПР-систем? а) центральное; б) параллельное; в) прямоугольное (ортогональное); г) аксонометрическое.	ПК-2, ПК-1
2	Какие современные САПР-системы относятся к отечественным разработкам программного обеспечения? а) AutoCAD; б) ArchiCAD; в) SolidWorks; г) nanoCAD.	ПК-2
3	В каких пределах лежит толщина сплошной толстой основной линии в соответствии с ГОСТ 2.303-68 ЕСКД, применяемой при проектировании предприятий с помощью САПР-систем? а) 0,5 2,0 мм; б) 1,0 1,5 мм; в) 0,5 1,4 мм; г) 0,2 1,0 мм.	ПК-2
4	Укажите правильные названия основных плоскостей проекций в инженерной графике? а) фронтальная, горизонтальная, профильная; б) центральная, нижняя, боковая; в) передняя, левая, верхняя; г) передняя, боковая, задняя.	ПК-2
5	Выберите наибольший по размеру основной формат листа в соответствии с ГОСТ 2.301-68 ЕСКД, применяемый в профессиональной деятельности: а) А2; б) А0; в) А5; г) А1.	ПК-2, ПК-1
6	Какой масштаб уменьшения не применяется в профессиональной деятельности в соответствии с ГОСТ 2.302-68 ЕСКД: а) 1:2; б) 1:2,5; в) 1:3; г) 1:4.	ПК-2
7	Какой ряд масштабов не применяется в профессиональной деятельности при проектировании в соответствии с ГОСТ 2.302-68 ЕСКД? а) масштабы уменьшения; б) масштабы увеличения; в) масштаб натуральной величины; г) масштабы пересчета.	ПК-2, ПК-1

8	<p>Какие разрезы не применяются для проектирования в профессиональной деятельности в соответствии с ГОСТ 2.305-2008 ЕСКД?</p> <p>а) горизонтальные; б) косые; в) вертикальные; г) наклонные.</p>	ПК-2
9	<p>Что называется планом здания?</p> <p>а) изображение разреза здания, рассеченного мнимой горизонтальной плоскостью, проходящей на определенном уровне; б) местный разрез здания; в) изображение здания, мысленно рассеченного вертикальной плоскостью; г) часть здания, ограниченная линией обрыва.</p>	ПК-2, ПК-1
10	<p>Что называется разрезом здания?</p> <p>а) изображение здания, рассеченного горизонтальной секущей плоскостью; б) изображение здания, мысленно рассеченного вертикальной секущей плоскостью; в) проекция здания; г) изображение здания, рассеченного наклонной секущей плоскостью.</p>	ПК-2
11	<p>Граница основной надписи на чертеже в соответствии с ГОСТ 2.104-2006 ЕСКД выполняется:</p> <p>а) сплошной тонкой линией; б) сплошной толстой основной линией; в) штриховой линией; г) любой линией.</p>	ПК-2, ПК-1
12	<p>Граница формата на бумажном носителе должна изображаться в соответствии с ГОСТ 2.301-68 ЕСКД:</p> <p>а) сплошной тонкой линией; б) сплошной толстой основной линией; в) штриховой линией; г) любой линией.</p>	ПК-2
13	<p>Выберите современные САПР-системы зарубежных компаний-разработчиков программного обеспечения?</p> <p>а) nanoCAD; б) DraftSight; в) Компас-3D; г) AutoCAD.</p>	ПК-2
<i>Задания закрытого типа</i>		
1	<p>Что называется САПР-системой?</p>	ПК-2

2	Какой тип линии применяется для нанесения координатных осей на чертежах зданий и сооружений?	ПК-2
3	Сечение - это	ПК-2, ПК-1
4	Местный разрез - это	ПК-2, ПК-1
5	Укажите, какой ряд масштабов увеличения начинается правильно в соответствии с ГОСТ 2.302-68 ЕСКД?	ПК-2
6	В какой части технологического чертежа размещается штамп основной надписи по форме 1 в соответствии с ГОСТ 2.104-2006?	ПК-2
7	Какая графика применяется для создания чертежей в САПР-системах?	ПК-2, ПК-1
8	В каких единицах измеряется высота чертежного шрифта в соответствии с ГОСТ 2.304-81 ЕСКД при настройке в САПР-системе:	ПК-2, ПК-1
9	Какая высота чертежного шрифта в соответствии с ГОСТ 2.304-81 ЕСКД не разрешается к использованию при настройке стиля текста в САПР-системе:	ПК-2, ПК-1

10	Напишите правильную последовательность высоты чертежного шрифта в соответствии с ГОСТ 2.304-81 ЕСКД:	ПК-2
11	Какая команда в САПР-системе открывает диспетчер настройки шрифта	ПК-2
12	Что показывает масштабный коэффициент	ПК-2
13	Какой тип линии применяется для изображения основных конструктивных элементов зданий и сооружений на чертеже в соответствии с ГОСТ 2.303-68 ЕСКД при проектировании предприятий	ПК-2
14	Как проецирующие лучи соотносятся с плоскостью чертежа при прямоугольном (ортогональном) проецировании?	ПК-2
15	Для чего используется разомкнутая линия при проектировании чертежей предприятий	ПК-2
16	Как обозначаются подписи координатных осей на чертежах зданий и сооружений в соответствии с СПДС?	ПК-2
17	Какого масштаба нет в стандартах ЕСКД в соответствии с ГОСТ 2.302-68?	ПК-2

18	Что называется проекцией объекта на плоскости?	ПК-2
19	Дайте определение понятия «эскиз»	ПК-2
20	Назовите размер формата листа А1, применяемый в проектировании предприятий с использованием программ автоматизированного проектирования в соответствии с ГОСТ 2.301-68 ЕСКД	ПК-2
21	Напишите алгоритм вычисления размеров формата А1, применяемого в профессиональной деятельности, если известно, что основной базовый формат А0 имеет размеры 1189×841 мм.	ПК-2
22	Расшифруйте аббревиатуру ЕСКД и напишите ее определение.	ПК-2
23	Дайте определение термина «чертеж» в соответствии с ЕСКД	ПК-2
24	Что называется масштабом в соответствии с ГОСТ 2.302-68 ЕСКД?	ПК-2
25	Что называется разрезом в соответствии с ГОСТ 2.305-2008 ЕСКД?	ПК-2

26	Вычислите масштабный коэффициент, который необходимо указать при использовании соответствующей команды в САПР-системе AutoCAD при переходе от масштаба уменьшения 1:100 к масштабу уменьшения 1:75 при проектировании чертежей предприятий	ПК-2
27	Напишите, в каком диапазоне выбирается толщина (вес) тонкой сплошной линии в соответствии с ГОСТ 2.303-68 ЕСКД в САПР-системе.	ПК-2
28	Как расшифровывается аббревиатура САПР?	ПК-2, ПК-1
29	Выберите правильный размер формата А4, применяемый для составления спецификации:	ПК-2, ПК-1
30	Расширения файлов чертежа, применяемых для сохранения в программах САПР	ПК-2, ПК-1
31	Совокупность взаимосвязанных процессов, последовательного изменения состояния технической системы	ПК-2
32	Что понимается под программным обеспечением	ОПК-5
33	CALS-технологии позволяют осуществить:	ПК-2

34	Разомкнутая линия предназначена для...	ПК-2
35 предполагают разбиение сложной задачи на параллельно и последовательно решаемые более простые задачи	ПК-2
36	Что называется разрезом?	ПК-2
37	Какой вид называется основным?	ПК-2

**Приложение 6
к рабочей программе**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДЕНЫ
на заседании кафедры биотехнологии и
инжиниринга

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ
по дисциплине
Автоматизация технологических производств и оборудования**

ВВЕДЕНИЕ

Учебным планом подготовки студентов направления 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» заочной формы обучения предусматривается выполнение контрольной работы по курсу «Автоматизация технологических производств и оборудования». Целью этой работы является углубление знаний студентов по наиболее важным теоретическим и прикладным разделам программы, а также проверка правильности усвоения изученного материала. Предлагаемые задания тематически дополняют проводимые в период сессии лабораторные работы и читаемые обзорные лекции, что способствует более полному охвату всей программы курса.

Контрольная работа выполняется в течение семестра, предшествующего зачету, и должна быть представлена на рецензию не позднее десяти дней до начала сессии. При оформлении работы следует руководствоваться методическими указаниями /1/. Защита проверенных работ проводится в период сессии в форме собеседования или письменных ответов на ряд вопросов, приведенных в данных методических указаниях.

Номер варианта работы определяется по последним цифрам индивидуального шифра; например, шифру 02-21 соответствует 21-й вариант заданий. Студенты специальности 260501 выполняют все задания, студенты специальности выполняют задания №1,2,4.

1.Определение погрешности измерений

Определить наибольшую допустимую абсолютную погрешность ΔA и относительные погрешности измерений $\gamma_{\text{отн}}$ при различных значениях измеряемой величины A . Сведения, необходимые для выполнения задания, даны в учебной литературе /2,3/.

По результатам вычислений сделать вывод о влиянии величины измеряемого параметра на точность измерения.

Варианты задания приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Варианты задания №1

№ варианта	Характеристика измерительного прибора			Значения измеряемой величины
	наименование	класс точности	диапазон измерения	
1	2	3	4	5
1	Преобразователь избыточного давления Сапфир-22М-ДИ	0.5	0...0,25 МПа	0,05 и 0,20 МПа
2	Измеритель-регулятор температуры ТРМ1	0.25	-50...+200 °С	10 и 200 °С
3	Расходомер РМ1	0.5	0...150м ³ /ч	5 и 150 м ³ /ч
4	Измеритель-регулятор микропроцессорный ТРМ12	0.5	0...750°С	50 и 600°С

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
5	Трубчато-пружинный манометр	2.5	0...0.1 МПа	0.01 и 0.1 МПа
6	Показывающий и регистрирующий прибор Диск-250ДД	1.0	0...3,2 кг/ч	1 и 3кг/ч
7	Биметаллический термометр	2.5	0...300°C	50 и 300°C
8	Дилатометрический термометр	2.5	100...400°C	200 и 400°C
9	Термометр расширения жидкостный	1.0	0...100°C	10 и 100°C
10	Датчик давления МТ100Р	1.0	0...0,63 МПа	0.1 и 0.5 МПа
11	Показывающий и регистрирующий прибор Диск-250П	0,5	-50...+200 °С	-10 и +200 °С
12	Показывающий и регистрирующий прибор Диск-250П	0,5	+200...+800 °С	+300 и +700 °С
13	Показывающий и регистрирующий прибор А100-Н	1,5	4...20мА	5 и 10 мА
14	Показывающий и регистрирующий прибор А100	1,0	0...600 °С	100 и 500 °С
15	Показывающий и регистрирующий прибор А100	0,5	400...900 °С	500 и 900 °С
16	Показывающий и регистрирующий прибор А100	0,5	-25...+25 °С	-20 и +20 °С
17	Показывающий и регистрирующий цифровой прибор «Технограф 160м»	0,25	-70...+180 °С	-5 и +100 °С
18	Показывающий аналоговый прибор КП1Т	0,5	-50...+150 °С	10 и 100 °С
19	Датчик избыточного давления Метран -55-ДИ	0,25	0...6,0мПа	1 и 5 мПа
20	Датчик избыточного давления Метран -55-ДИВ	0,25	0,1...+0,5 мПа	0,1 и 0,5 мПа
21	Высокоточный датчик давления Метран -55-ДМП 331И	0,1	0...2 мПа	0,1 и 2,0 мПа
22	Погружной зонд (датчик уровня) Метран -55-ЛМП 307	0,5	0...0,6 м	0,1 и 0,5м
23	Термометр цифровой малогабаритный ТЦМ 9210	2,0	-50...+300 °С	-100 и +200 °С
24	Измеритель-регулятор технологический ИРТ-5300	0,25	-100...+500 °С	-50 и +400 °С
25	Термометр многоканальный	0,5	0...800 °С	100 и 800 °С

2. Определение чувствительности датчика

2.1. Основные понятия и определения

Датчиком или первичным измерительным преобразователем называется средство измерения, воспринимающее воздействие измеряемой величины (температуры, давления и т.д.) и вырабатывающее сигнал измерительной информации в форме, удобной для дистанционной передачи, преобразования, обработки или хранения, но не поддающийся непосредственному восприятию наблюдателем.

Зависимость сигнала на выходе датчика от измеряемой величины отражается его статической характеристикой, которая может также называться градуировочной или характеристикой преобразования.

Статическая характеристика может быть выражена в виде таблицы, графика или формулы. Характеристика, выраженная в аналитическом виде (формулой), называется законом преобразования

$$U_{\text{Equation.3}} = f(C_{\text{Equation.3}}), \quad (2.1)$$

где C - измеряемая величина, ед.измер.вел.;

U - сигнал на выходе датчика, ед.вых.сигн.

По статической характеристике можно определить важнейший параметр датчика – его чувствительность или коэффициент преобразования. Чувствительностью называется отношение изменения сигнала на выходе ΔU к вызвавшему его изменению измеряемой величины ΔC .

При линейной статической характеристике чувствительность датчика σ в (ед.вых.сиг.)/(ед.измер.вел.) во всем рабочем диапазоне одинакова и вычисляется по формуле

$$\sigma = \Delta U / \Delta C. \quad (2.2)$$

При нелинейной статической характеристике чувствительность датчика зависит от значения измеряемой величины. Кроме того, результат ее вычисления по формуле 2.2 будет зависеть от принятой величины приращения ΔC . Поэтому при нелинейной характеристике чувствительность следует вычислять как предел отношений $\Delta U / \Delta C$ при $\Delta C \rightarrow 0$, т.е. как производную $f'(X)$:

$$\sigma = \lim_{\Delta C \rightarrow 0} \frac{\Delta U}{\Delta C} = \frac{dU}{dC} = f'(X) \quad (2.3)$$

Таким образом, для определения чувствительности датчика при конкретных значениях измеряемой величины нужно продифференцировать функцию закона преобразования $f(X)$ и в полученное выражение производной подставить заданные численные значения.

2.2. Порядок выполнения задания 2

Используя заданный в варианте закон преобразования, определить чувствительность датчика при различных значениях контролируемой величины. Вычисление производить методом дифференцирования независимо от того, линейный или нелинейный характер носит функция $f(X)$. Привести эскиз или схему датчика и объяснить принцип его действия. Указать, к какой группе (параметрических или генераторных) относится данный датчик. Построить без масштаба статическую характеристику. Сведения о классификации датчиков и их устройстве даны в учебной литературе /2,3/. Варианты задания приведены в таблице 2.

Условные обозначения к формулам таблице 2:

A_i, B_i, C_i – температурные коэффициенты, зависящие от материалов; B – магнитная индукция, Тл; C – емкость датчика, Ф; C_u – емкость измерительной системы, Ф; C_0 – емкость пьезоэлектрического датчика, Ф; D – диаметр; F – измеряемое усилие, Н; H – высота пластин, м; L – высота пластин(цилиндров) уровнемера, м; I – ток возбуждения, А; K – коэффициент расхода; L – индуктивность датчика, Гн; M_H – номинальная взаимная индуктивность обмотки возбуждения и вторичной обмотки датчика, Гн; ΔP – измеряемый период давления; ΔP_{\max} – максимальный период давления; Q – объемный расход; R_0 – начальное сопротивление, Ом; R_T, R_t – сопротивление термопреобразователя при измеряемой температуре, Ом; R_l – сопротивление тензорезисторов; S – площадь пластины конденсатора, м²; T – измеряемая температура, К; T_0 – начальная температура, К; U – напряжение на выходе датчика, В; W – число витков; b – ширина пластины, м; d – зазор между пластинами конденсатора, м; d_1, d_2 – диаметры цилиндров конденсатора; e – основание натуральных логарифмов; f – частота, Гц; h – уровень жидкости, м; k – пьезоэлектрическая постоянная, Кл/Н; l – измеряемое перемещение, м; l_k – длина катушки, м; l_H – номинальное перемещение плунжера датчика, м; l_0 – начальный размер (база); Δl – деформация; n – количество пластин в датчике; r – радиус; s_k – площадь поперечного сечения катушки датчика, м²; s_3 – площадь зазора, м²; s – коэффициент скольжения; t – измеряемая температура, °С; α – измеряемый угол, град.; d – величина зазора в магнитопроводе, м; ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика в конденсаторе; $\epsilon_{ж}$ – относительная диэлектрическая проницаемость жидкости; ϵ_0 – абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума ($8.85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м); m – относительная магнитная проницаемость материала сердечника; m_0 – абсолютная магнитная проницаемость вакуума ($4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м); η, η_1, η_2 – коэффициенты тензочувствительности; φ – максимальный угол поворота, град.

Таблица 2 - Варианты задания №2

№ варианта	Наименование датчика	Закон преобразования	Значения контролируемого параметра	Значения величин, входящих в формулу
1	Плоскопараллельный емкостный датчик перемещений с переменным зазором	$C = \varepsilon \varepsilon_0 \frac{s}{d}$	d=1,0 и 2,0 мм	$\varepsilon=1; s=10\text{мм}^2.$
2	Плоскопараллельный емкостный датчик угловых перемещений	$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 s (n-1) \alpha}{j \Delta d}$	$\alpha = 20^\circ$ и 40°	$\varepsilon=1; s=200\text{мм}^2, n=4; j = 60^\circ; d=2\text{мм}$
3	Емкостный уровнемер жидкости	$C = \frac{b}{d} \varepsilon_0 H + \frac{b}{d} \varepsilon_0 h (\varepsilon_{ж} - 1)$	H=0,3 и 0,5 м	$b=0,2\text{м}; d=5\text{мм}; \varepsilon_{ж}=4$
4	Кобальто-марганцевый терморезистор	$R_T = R_0 e^{\frac{B}{T} - \frac{1}{T_0}}$	T=293 К	$R_0=400 \text{ кОм}; B_1=5150 \text{ К}; T_0=293 \text{ К}$
5	Пьезоэлектрический кварцевый датчик для измерения усилий	$U = \frac{k \Delta F}{\frac{C_u}{n} + C_0}$	F=10 и 100 Н	$k=2,7 \cdot 10^{-12} \text{ Кл/Н}; n=1; C_0=4\text{пФ}; C_u=20\text{пФ}$
6	Дифференциально-трансформаторный датчик линейных перемещений	$U = 2 \varphi \Delta f \Delta M_n \frac{l}{l_n}$	l=0 и 4 мм	$f=50\text{Гц}; M_n=2 \cdot 10^{-2}\text{Гн}; I=0,35\text{А}; l_n=5\text{мм}$
7	Соленоидный индуктивный датчик перемещений	$L = \frac{w^2 m \mu_0 s_k l}{l_k^2}$	l=10 и 20 мм	$W=2000; \mu=500; l_k=40\text{мм}; s_k=4\text{см}^2$
8	Индуктивный датчик перемещений с переменным зазором	$L = \frac{w^2 m \mu_0 s_3}{2d}$	d=4 и 6 мм	$W=2000; \mu=1; S_3=3\text{см}^2$
9	Платиновый термопреобразователь сопротивления в диапазоне -200...0°C	$R_t = R_0 \left[1 + A_t t + B_t t^2 + C_t t (t - 100) \right] \times 10^{-3}$	t=-100 и 0°C	$A_t=3,9692 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}; B_t=-5,8290 \cdot 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-2}; C_t=-4,3303 \cdot 10^{-12} \text{ }^\circ\text{C}^{-4}; R_0=500 \text{ Ом}.$

10	Платиновый термопреобразователь сопротивления в диапазоне 0...600°C	$R_t = R_0 \times (1 + A_i t + B_i t^2)$	t=100 и 500 °C	$A_i=3,9692 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; $B_i=-5,8290 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$; $R_0=100 \text{ Om}$.
11	Медный термопреобразователь сопротивления в диапазоне -200...-185 °C	$R_t = R_0 \times [1 + A_i (t - 13.7)]$	t=-200 и -185 °C	$A_i=4,2775 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; $R_0=100 \text{ Om}$.
12	Медный термопреобразователь сопротивления в диапазоне -185...-100 °C	$R_t = R_0 \times [1 + A_i t + B_i t(t - 10) + C_i t^3]$	t=-180 и -100 °C	$A_i=4,28 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; $B_i=-5,4136 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$; $C_i=9,8265 \cdot 10^{-10} \text{ } ^\circ\text{C}^{-3}$; $R_0=50 \text{ Om}$.
13	Медный термопреобразователь сопротивления в диапазоне -100...-10 °C	$R_t = R_0 \times [1 + A_i t + B_i t(t - 10)]$	t=-50 и -10 °C	$A_i=4,28 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; $B_i=-5,4136 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$; $R_0=100 \text{ Om}$.
14	Никелевый термопреобразователь сопротивления в диапазоне -60...+100 °C	$R_t = R_0 \times (1 + A_i t + B_i t^2)$	t=-50 и +50 °C	$A_i=5,4963 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; $B_i=6,7556 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$; $R_0=100 \text{ Om}$.
15	Никелевый термопреобразователь сопротивления в диапазоне +100...+180 °C	$R_t = R_0 \times [1 + A_i t + B_i t^2 + C_i (t - 100)^2]$	t=100 и 150 °C	$A_i=5,4963 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; $B_i=6,7556 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$; $C_i=9,2004 \cdot 10^{-9} \text{ } ^\circ\text{C}^{-3}$; $R_0=100 \text{ Om}$.
16	Платиновый термопреобразователь сопротивления в диапазоне + 600...+1100 °C	$R_t = R_0 \times (1 + A_i t + B_i t^2)$	t=100 и 1000 °C	$A_i=3,9296 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; $B_i=-5,8621 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$; $R_0=50 \text{ Om}$.
17	Проволочный тензорезистор из	$R_t = R_0 \left(1 + \frac{\Delta L}{L_0} + h \frac{D}{l_0} \frac{\ddot{\sigma}}{\sigma} \right)$	$\Delta L=1$ и 3 мкм	$R_0=120 \text{ Om}$; $\eta=2,1$; $L_0=10 \text{ мм}$

18	Кремниевый тензорезистор	$R_t = R_0 \left(1 + h_1 \frac{\Delta L}{L_0} + h_2 \frac{\Delta L^2}{L_0^2} \right)$	$\Delta L = 0,6$ и 2 мкм	$R_0 = 500 \text{ Ом}$; $\eta = 120$; $\eta_2 = 4000$; $L_0 = 6 \text{ мм}$
19	Емкостный цилиндрический датчик уровня	$C = \frac{2\pi \epsilon_0 H}{l_H (d_2 - d_1)} \left(\epsilon - 1 \right) \frac{h}{H}$	$H = 0,1$ и $0,5 \text{ м}$	$\epsilon_{ж} = 4$; $H = 0,8 \text{ м}$; $d_1 = 2 \text{ см}$; $d_2 = 5 \text{ см}$
20	Мембранный дифманометр с унифицированным токовым сигналом	$I = K \sqrt{\frac{\Delta P}{\Delta P_{\max}}}$	$\Delta P = 0,01$ и $0,05$ МПа	$K = 5 \text{ мА}$; $\Delta P_{\max} = 0,063 \text{ МПа}$
21	Индукционный шариковый расходомер для неэлектропроводных жидкостей	$f = \frac{KQ(1-S)}{2pr}$	$Q = 20$ и $40 \text{ м}^3/\text{с}$	$K = 1177,5 \text{ м}^{-2}$; $S = 0,4$; $r = 0,025 \text{ м}$
22	Индуктивный расходомер для электропроводных жидкостей	$E = \frac{4BQ}{\rho D}$	$Q = 100$ и $2000 \text{ м}^3/\text{с}$	$B = 3,4 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$; $D = 300 \text{ мм}$
23	Термоэлектрический преобразователь (термопара) ТХА в диапазоне $0 \dots 1372^\circ\text{C}$	$E = \sum_{i=0}^9 A_i t^i + B_i e^{C_i (t-127)^2}$	$T = 100$ и 1000°C	$A_0 = -1,7600 \cdot 10^{-2}$; $A_1 = 3,8921 \cdot 10^{-2}$; $A_2 = 1,8559 \cdot 10^{-5}$; $A_3 = -9,9458 \cdot 10^{-8}$; $B_i = 1,1860 \cdot 10^{-1}$; $C_i = -1,1834 \cdot 10^{-4}$
24	Термоэлектрический преобразователь (термопара) ТХК в диапазоне $-200 \dots +800^\circ\text{C}$	$E = \sum_{i=0}^8 A_i t^i$	$T = 10$ и 650°C	$A_0 = -4,1627 \cdot 10^{-6}$; $A_1 = 6,3311 \cdot 10^{-2}$; $A_2 = 6,0118 \cdot 10^{-5}$; $A_3 = -7,9470 \cdot 10^{-8}$;
25	Термоэлектрический преобразователь (термопара) ТХА в диапазоне $0 \dots 1372^\circ\text{C}$	$E = \sum_{i=0}^6 A_i t^i$	$T = 100$ и 600°C	$A_0 = 0$; $A_1 = -2,4651 \cdot 10^{-4}$; $A_2 = -5,9040 \cdot 10^{-6}$; $A_3 = -1,3258 \cdot 10^{-9}$; $A_4 = 1,5668 \cdot 10^{-12}$;

3 Расчет автоматической системы регулирования

3.1 Основные понятия и определения

Задачей автоматического регулирования является поддержание с определенной точностью заданного значения какого-либо технологического параметра (регулируемого параметра) или изменение этого параметра по определенному закону. Технологический аппарат или агрегат, в котором осуществляется автоматическое регулирование, называется объектом регулирования, а совокупность технических средств, выполняющих эту задачу – автоматическим регулятором.

Объект регулирования и регулятор составляют автоматическую систему регулирования (АСР).

Автоматический регулятор должен обеспечивать необходимое качество регулирования. Для этого регулятор и параметры его настройки должны выбираться с учетом свойств объекта регулирования, его статических и динамических характеристик.

Выполняемый в рамках данной контрольной работы расчет АСР включает определение характеристик объекта регулирования, выбор закона регулирования с расчетом оптимальных значений параметров настройки регулятора.

3.2 Определение параметров объекта регулирования

Наиболее распространенным способом определения параметров объекта регулирования является изучение его реакции на приложенное возмущение [2]. Возмущение на входе объекта осуществляют ступенчатым изменением положения регулирующего органа (изменением регулирующего воздействия) вручную или дистанционно. Переходный процесс изменения во времени регулируемого параметра под действием ступенчатого возмущения называется переходной функцией, кривой разгона или временной характеристикой объекта. Для объектов с самовыравниванием моментом окончания переходного процесса является достижение регулируемым параметром нового установившегося значения.

На рисунке 1 показана кривая разгона объекта. За начальный момент времени $\tau=0$ принимается момент нанесения возмущения.

Для определения параметров, характеризующих динамические свойства объекта, необходимо построить касательную к кривой разгона в точке перегиба А (точка с максимальной скоростью изменения параметра). Интервал времени ОС от ввода возмущения до пересечения касательной с горизонталью начального значения параметра Y_0 определит время запаздывания объекта τ_3 .

Интервал времени от точки пересечения касательной с горизонталью начального значения параметра Y_0 до точки ее пересечения с линией нового установившегося значения представляет постоянную времени объекта T_0 (отрезок CD').

Рисунок 1 – Определение параметров объекта регулирования по кривой разгона

Коэффициент передачи объекта $K_{об}$, $\frac{\text{ед.изм.рег.парамтра}}{\%.\text{хода.рег.органа}}$, определяется по формуле

$$K_{об} = \frac{\Delta Y_{\%}}{\Delta X} = \frac{Y_1 - Y_0}{\Delta X}, \quad (3.1)$$

где Y_1 – значение регулируемого параметра после завершения переходного процесса, ед.изм.рег.параметра;

Y_0 – значение регулируемого параметра до нанесения возмущения, ед.изм.рег.параметра;

ΔX – возмущающее воздействие, нанесенное регулирующим органом, % хода регулирующего органа.

Коэффициент самовыравнивания K_c определяется по кривой разгона как отношение изменения входной величины (возмущения) к изменению выходной (параметра), причем эти изменения выражают в относительном виде: входную величину как отношение хода исполнительного механизма при вводе возмущения к его полному ходу $Dm\%/100\%$, а выходную – как отношение изменения регулируемого параметра к заданному значению параметра $\Delta Y_{\%}/Y_3$:

$$K_c = \frac{\Delta X}{100} \times \frac{Y_3}{\Delta Y_{\%}} = \frac{Y_3}{K_{об}} \times 10^{-2}, \quad (3.2)$$

В соответствии с вариантом работы найдите в таблице исходных данных (приложение А) номер кривой разгона объекта и воспроизведите ее в пояснительной записке с одного из приведенных в приложении А рисунков. Для повышения точности определения параметров объекта рисунок следует увеличить в 3-4 раза по сравнению с приведенным в руководстве.

По приведенной выше методике определите параметры объекта регулирования: t , T_0 , $K_{об}$, K_c . В результате этого определения для заданного в варианте реального объекта подобрана математическая модель, состоящая из двух типовых звеньев: звена чистого запаздывания и апериодического звена (инерционного звена первого порядка).

Заданная переходная функция при этом заменяется экспоненциальной зависимостью, график которой смещен относительно начала координат на величину времени запаздывания t :

$$\begin{cases} Y - Y_0 = 0 & \text{при } 0 \leq t \leq \tau_3, \\ Y - Y_0 = K_{об} \left(1 - e^{-\frac{t - \tau_3}{T_0}}\right) & \text{при } t > \tau_3 \end{cases} \quad (3.3)$$

где e – основание натурального логарифма

3.3 Показатели качества регулирования

Для выбора закона регулирования и расчета параметров настройки регулятора необходимо предварительно сформулировать требования к качеству автоматического регулирования. Показатели качества задаются исходя из требований технологического процесса. При выполнении курсовой работы они задаются в виде исходных данных и приведены в приложении А. Физический смысл основных показателей качества разъясняется ниже.

1) Максимальное динамическое отклонение регулируемого параметра от его заданного значения в процессе регулирования $\Delta Y_1(t)$ представляет собой первое отклонение, следующее непосредственно за возмущением (рисунок 2). Это отклонение зависит от динамических свойств объекта, величины возмущения и настроек регулятора. Степень воздействия регулятора на переходный процесс характеризуется динамическим коэффициентом регулирования R_g , представляющим отношение максимального отклонения регулируемой величины от задания $\Delta Y_1(t)$ в процессе регулирования к отклонению ΔY_{\neq} при том же возмущении, но без вмешательства регулятора:

$$R_g = \frac{\Delta Y_1(t)}{\Delta Y_{\neq}}, \quad (3.5)$$

2) Степень колебательности переходного процесса, характеризуется величиной перерегулирования. Перерегулирование $\chi, \%$, представляет собой отношение второй амплитуды $\Delta Y_2(t)$ к максимальной амплитуде $\Delta Y_1(t)$, выраженное в процентах:

$$\xi = \frac{\Delta Y_2(t)}{\Delta Y_1(t)} \times 100 \quad (3.6)$$

Переходный процесс, при котором $\chi = 0$, называется аperiodическим. При незатухающих колебаниях $\chi = 100\%$, при неустойчивом (расходящемся) процессе регулирования $\chi > 100\%$. Увеличение величины перерегулирования приводит к увеличению времени регулирования, но в то же время к уменьшению динамического отклонения.

а) без остаточного отклонения;

б) с остаточным отклонением;

1 - без вмешательства регулятора; 2 – при работе регулятора; Y_3 – заданное значение.

Рисунок 2 – Переходные процессы в АСР

Обычно при выборе регулятора принимают один из трех типовых переходных процессов регулирования: аperiodический, процесс с 20%-ным

перерегулированием, процесс с минимальным квадратичным отклонением (т.е. $\min_{\forall} \int_0^{\infty} \Delta Y^2(t) dt$).

3) Время регулирования τ_p - это отрезок времени с момента начала отклонения регулируемого параметра от задания до его возвращения (с определенной степенью точности) к заданному значению.

4) Статическая ошибка $DY_{ст}$ - это остаточное отклонение параметра от его заданного значения после окончания переходного процесса.

Выпишите из таблицы приложения А заданные показатели качества, а также величину максимального возмущающего воздействия DX_{max} . Максимальное возмущающее воздействие характеризует условия, в которых будет работать регулятор, и поэтому является важным фактором, определяющим выбор закона регулирования.

По формуле (3.5) рассчитайте величину динамического коэффициента регулирования R_g , которая соответствует допустимому значению максимального динамического отклонения $DY_1(\tau)$. Входящую в формулу (3.5) величину изменения параметра DY_{\forall} нужно предварительно вычислить по формуле (3.1), используя для этого максимальное возмущающее воздействие DX_{max} и найденный в разделе 3.2 коэффициент передачи объекта $K_{об}$.

3.4 Законы автоматического регулирования

Законом регулирования называется функциональная связь между регулирующим воздействием U и отклонением регулируемого параметра от заданного значения DY .

Эта функциональная связь может иметь различный характер и является основой работы каждого регулятора. Поэтому под выражением «выбор регулятора» в первую очередь понимается определение закона регулирования. Выбор производится в зависимости от свойств объекта, условий его работы и требуемых показателей качества регулирования. Причем, чем ответственнее задача ставится перед регулятором, тем более сложный закон он должен реализовывать, тем по более сложному закону он должен работать.

Простейшим законом регулирования является позиционный, при котором регулятор в зависимости от текущего значения регулируемого параметра переключает регулирующее воздействие с одного фиксированного уровня на другой. На практике используются обычно двух- и трехпозиционные законы регулирования, имеющие соответственно два и три фиксированных уровня воздействия. Математическая формулировка идеального двухпозиционного регулирования имеет вид

$$\begin{cases} U = U_1 & \text{при } DY \leq 0 \text{ или } Y \leq Y_3 \\ U = U_2 & \text{при } DY > 0 \text{ или } Y > Y_3 \end{cases} \quad (3.7)$$

Более сложные законы регулирования: пропорциональный (П), интегральный (И), пропорционально-интегральный (ПИ) и

пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) – осуществляются регуляторами непрерывного или импульсного действия.

При пропорциональном законе регулирующее воздействие прямо пропорционально отклонению параметра от заданного значения

$$U = K_p \cdot \Delta Y \quad (3.8)$$

где K_p – коэффициент передачи регулятора, являющийся параметром его настройки.

Для работы П-регулятора характерно наличие статической ошибки регулирования $\Delta Y_{ст}$.

Интегральный закон регулирования описывается выражением

$$U = \frac{1}{T_u} \int_0^{\infty} \Delta Y dt \quad (3.9)$$

где T_u – постоянная времени интегрирования (параметр настройки регулятора); часто величину $1/T_u$ в формуле (3.9) заменяют на K_p по аналогии с формулой (3.8).

При этом законе регулятор будет изменять регулирующее воздействие до тех пор, пока не перестанет изменяться величина интеграла, т. е. Пока регулируемый параметр не вернется к заданному значению. Таким образом, после завершения работы И-регулятора статической ошибки не остается ($\Delta Y_{ст} = 0$).

Пропорционально-интегральный (ПИ) закон регулирования является комбинацией П- и И-законов

$$U = K_p \cdot \Delta Y + \frac{1}{T_u} \int_0^{\infty} \Delta Y dt \quad (3.10)$$

ПИ-регулятор имеет два параметра настройки: K_p и T_u . Он обеспечивает более высокое качество регулирования, чем П- и И-регуляторы. Статической ошибки не оставляет ($\Delta Y_{ст} = 0$).

Наиболее сложным законом регулирования является пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД), который описывается выражением

$$U = K_p \cdot \Delta Y + \frac{1}{T_u} \int_0^{\infty} \Delta Y dt + T_d \frac{d(\Delta Y)}{dt} \quad (3.11)$$

где T_d – постоянная времени дифференцирования.

ПИД-регулятор имеет три настройки: K_p , T_u , T_d . Он применяется на наиболее «трудных» объектах и там, где требуется обеспечить высокое качество регулирования.

3.5 Выбор закона регулирования

Инженерный метод выбора закона регулирования (метод А. П. Копеловича) основывается на представлении реальных промышленных объектов регулирования в виде последовательно соединенных типовых звеньев: апериодического и чистого запаздывания. Эта операция была выполнена в разделе 3.2.

Далее произведите выбор закона регулирования по методике Копеловича в следующем порядке.

1) Рассчитайте отношение t_3/T_0 и ориентировочно выберите по нему тип регулятора:

при $t_3/T_0 \leq 0,2$ можно выбрать позиционный регулятор,

при $t_3/T_0 > 0,2$ выбирается регулятор непрерывного действия.

2) Если выбран регулятор непрерывного действия, то следует определить реализуемый им закон регулирования. Это производится по специально рассчитанным графикам, которые изображены на рисунке 3. По приведенным на рисунке 3 зависимостям $R_g = f(t_3/T_0)$ в соответствии с указанным в варианте задания типовым переходным процессом выберите простейший регулятор, обеспечивающий при данном t_3/T_0 не превышение допустимого значения величины R_g , которое было рассчитано ранее.

а- для апериодического переходного процесса; б- для процесса с $\xi=20\%$; в- для процесса с $\min \delta$; 1- И- регулятор; 2- П- регулятор; 3- ПИ- регулятор; 4- ПИД- регулятор.

Рисунок 3 – Графики для выбора закона регулирования

3) В случае, если выбран П-регулятор, необходимо проверить его по допустимой статической ошибке ($\Delta y_{ст}$). Это выполняется с использованием графика зависимости $\Delta y_{ст} = f(t_3/T_0)$, изображенного на рисунке 4. Абсолютное значение статической ошибки находят по формуле:

$$\Delta y_{ст} = \left(\frac{\Delta y_{ст}}{\Delta u_{\text{ф}}} \right) \Delta u_{\text{ф}}, \quad (3.12)$$

где $\left(\frac{\Delta y_{ст}}{\Delta u_{\text{ф}}} \right)$ - отношение, определенное по ординате графика на рисунке 4;

$\Delta u_{\text{ф}}$ - отклонение параметра, соответствующее максимальному возмущающему воздействию ($\Delta u_{\text{ф}}$ было рассчитано ранее при определении R_g).

Если полученная величина $\Delta y_{ст}$ превышает допустимое значение, указанное в исходных данных, то следует вернуться к рисунку 3 и выбрать ближайший более сложный закон регулирования.

4) По приведенным на рисунке 5 зависимостям $(t_p / t_3) = f(t_3 / T_0)$ Equation.3 определите обеспечиваемое выбранным регулятором время регулирования τ_p . Если полученное время больше заданного, то следует вернуться к рисунку 3 и выбрать ближайший более сложный закон регулирования, а затем снова выполнить проверку по времени регулирования.

Регулятор, удовлетворяющий заданному времени регулирования, принимается окончательно.

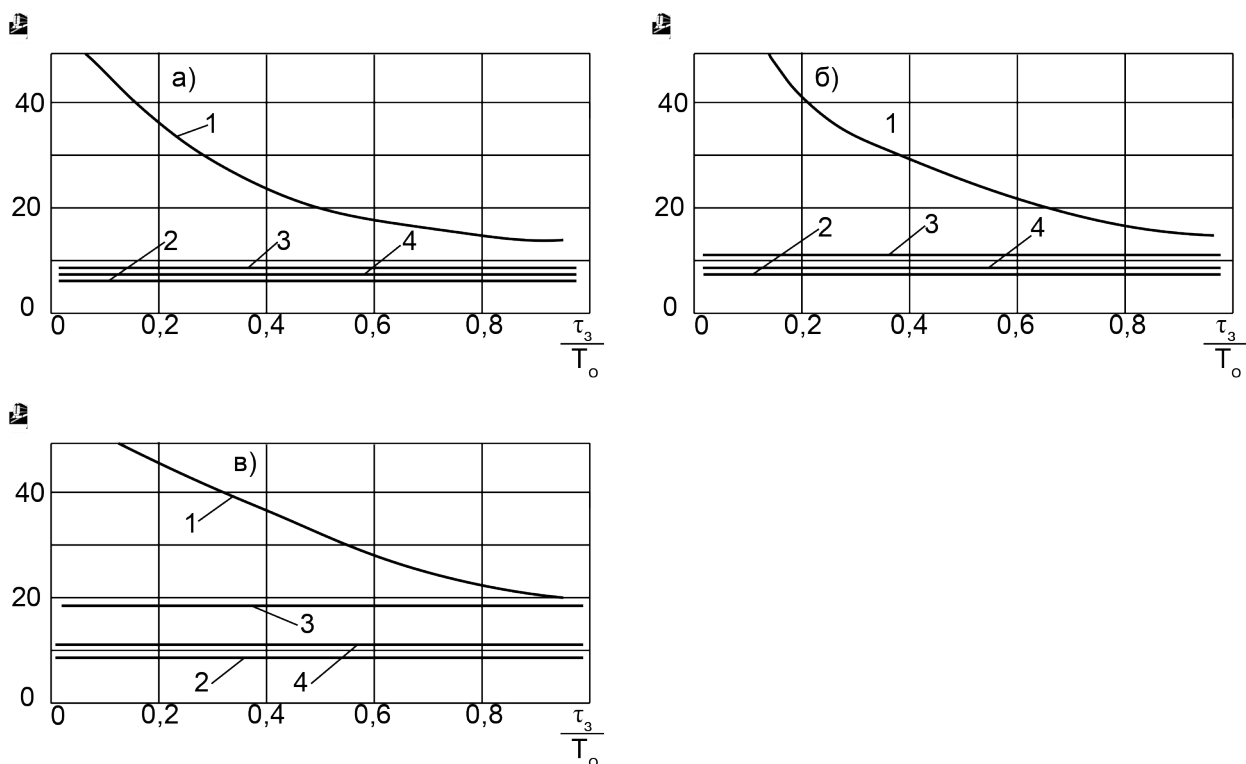
3.6 Расчет оптимальных значений параметров настройки регулятора

Формулы для расчета оптимальных значений параметров настройки регулятора сведены в таблицу 3. Выберите из таблицы соответствующие Вашим условиям формулы и произведите по ним расчет настроек.

Таблица 3 – Формулы для расчета оптимальных настроек регулятора

Закон регулирования	Тип переходного процесса		
	апериодический	$\xi = 20\%$	$\min \int_0^{\infty} y^2(t) dt$
И	$K_p = \frac{1}{4,5K_{об}T_0}$	$K_p = \frac{1}{1,7K_{об}T_0}$	$K_p = \frac{1}{1,7K_{об}\tau_3}$
П	$K_p = \frac{0,3}{K_{об}\tau_3/T_0}$	$K_p = \frac{0,7}{K_{об}\tau_3/T_0}$	$K_p = \frac{0,9}{K_{об}\tau_3/T_0}$
ПИ	$K_p = \frac{0,6}{K_{об}\tau_3/T_0};$ $Tu = 0,8\tau_3 + 0,5T_0$	$K_p = \frac{0,7}{K_{об}\tau_3/T_0};$ $Tu = \tau_3 + 0,3T_0$	$K_p = \frac{1,0}{K_{об}\tau_3/T_0};$ $Tu = \tau_3 + 0,35T_0$
ПИД	$K_p = \frac{0,95}{K_{об}\tau_3/T_0};$ $Tu = 2,4\tau_3; T_d = 0,4\tau_3$	$K_p = \frac{1,2}{K_{об}\tau_3/T_0};$ $Tu = 2,0\tau_3; T_d = 0,4\tau_3$	$K_p = \frac{1,4}{K_{об}\tau_3/T_0};$ $Tu = 1,3\tau_3; T_d = 0,5\tau_3$

Рисунок 4 – Зависимость статической ошибки регулирования от τ_3/T_0



а- для аperiodического переходного процесса; б- для процесса с $\xi=20\%$; в- для процесса с $\min \int y^2 dt$; 1- И- регулятор; 2- П- регулятор; 3- ПИ- регулятор; 4- ПИД- регулятор.

Рисунок 3 – Графики для выбора закона регулирования

4. Функциональные схемы систем управления

Выполнению этой части контрольной работы должно предшествовать изучение методического пособия /4/, в котором приводятся основные положения о составлении функциональных схем и дано описание схем систем управления важнейшими технологическими процессами хлебопекарного производства.

Содержанием задания является самостоятельное составление функциональной схемы системы управления объектом, указанным в таблице 4. При составлении схемы нужно руководствоваться описанием функций системы управления, приведенным в учебнике по оборудованию хлебопекарного производства /5/. Дать краткое описание схемы с объяснением условных обозначений приборов, изображенных на схеме и указанием назначения этих приборов.

Таблица 4 – Варианты задания №4

Номер варианта	Наименование объекта управления	Литературный источник
1	Камерный питатель	/5, с.44...46/
2	Установка для хранения и перекачки жидкого жира	/5, с.60/

3	Установка для хранения и транспортировки молока	/5, с.60,61/
4	Установка для приготовления сахарного раствора	/5, с.72...74/
5	Дозатор муки	/5, с.80...82/
6	Автоматическая дозировочная станция	/5, с.88...90/
7	Весовой дозатор периодического действия	/5, с.90,91/
8	Тестомесильная машина периодического действия	/5, с.116,117/
9	Тестомесильный агрегат с подъемоопрокидывателем	/5, с.117...119/
10	Технологический кондиционер	/5, с.177...179/

5. Контрольные вопросы для письменной защиты работы

1. Что называется основной относительной приведенной погрешностью?
2. Что называется классом точности измерительного прибора?
3. Что называется датчиком?
4. По какому принципу датчики делятся на параметрические и генераторные?
5. Что называется характеристикой преобразования датчика?
6. Назовите датчики, которые используются для контроля температуры?
7. Что называется чувствительностью датчика?
8. Что называется автоматическим регулированием?
9. Что называется объектом регулирования?
10. Что называется автоматической системой регулирования?
11. Перечислите параметры, характеризующие динамические свойства объекта регулирования.
12. Что называется кривой разгона?
13. Перечислите показатели качества автоматического регулирования.
14. Что называется статической ошибкой регулирования?
15. Что называется законом автоматического регулирования?
16. Для какого закона регулирования характерно наличие статической ошибки?
17. Дайте определение двухпозиционному регулированию.
18. Перечислите названия параметров настройки ПИД-регулятора.
19. Объясните правила условных обозначений измерительных и регулирующих приборов на функциональных схемах.
20. Составьте функциональную схему системы регулирования температуры (давления, уровня, расхода – по указанию преподавателя).
21. Какой из перечисленных в таблице [4, приложение Б] приборов можно использовать для выполнения функций прибора ба на схеме рис. 2 в методических указаниях /4/?
22. Какой из перечисленных в таблице [4, приложение Б] приборов можно использовать для выполнения функций прибора 2а на схеме рис. 3 в методических указаниях /4/?
23. Какой из перечисленных в таблице [4, приложение Б] приборов можно использовать для выполнения функций прибора 2б на схеме рис. 3 в методических указаниях /4/?
24. Какой из перечисленных в таблице [4, приложение Б] приборов можно использовать для выполнения функций прибора 4г на схеме рис. 4 в методических указаниях /4/?
25. Какой из перечисленных в таблице [4, приложение Б] приборов можно использовать для выполнения функций прибора 9б на схеме рис. 6 в методических указаниях /4/?

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица – Варианты заданий для расчета АСР

№ варианта	№ кривой разгона	Возмущающее воздействие, Dm , %	Максимальное возмущающее воздействие, Dm_{max} , %	Показатели качества регулирования			
				Тип переходного процесса	DX_{1max}	$DX_{ст}$	t_p
1	1	5	10	апериодический	4	0,5	30
2	2	5	12	$x = 20\%$	30	3	130
3	3	5	15	$min\delta$	34	4	300
4	4	5	10	апериодический	0,8	0,2	250
5	5	5	12	$x = 20\%$	5	1	20
6	6	5	15	$min\delta$	34	5	350
7	7	5	10	апериодический	5	0,5	9
8	8	5	12	$x = 20\%$	58	5	40
9	9	5	15	$min\delta$	36	3	400
10	10	5	10	апериодический	0,6	0,1	300

ЛИТЕРАТУРА

1. Порцев В.З., Фролова Г.Ф., Решетников И.Ф. Оформление текстовых документов: Методические указания. – Екатеринбург. Изд. УрГЭУ, 1999. – 44с.
2. Автоматика и автоматизация пищевых производств /М.М.Благовещенская, Н.О.Воронина, А.З.Казаков и др. – М.: Агропромиздат, 1991. – 239с.
3. Протченко Н.В. Автоматика и автоматизация производственных процессов в общественном питании и торговле. – Киев: Вища школа, 1987. – 336с.
4. Луговкин В.В. Функциональные схемы систем управления. Методические указания к самостоятельной работе. – Екатеринбург. Изд. УрГЭУ, 2002.
5. Хромеев В.М. Оборудование хлебопекарного производства. – М.: ИРПО; Изд. центр "Академия", 200. – 320с.

Рисунок А1 – Кривые разгона объектов регулирования

- 1 – апериодический процесс
- 2 – $\sigma=20\%$
- 3 – $\min \int (DX)dt$

Рисунок 4 – Зависимость статической ошибки регулирования от τ/T_0

а – апериодический процесс,
б - $\sigma=20\%$
в - $\min \int (DX)dt$
регуляторы: 1 – И, 2 – П,
3 – ПИ, 4 – ПИД

Рисунок 5 – Зависимость времени регулирования от отношения τ/T_0

а – для апериодического переходного процесса; б – для процесса с $\sigma=20\%$; в – для процесса с $\min f$; 1 – И-регулятор,
2 – П-регулятор, 3 – ПИ-регулятор, 4 – ПИД-регулятор

Рисунок 4 – Графики для выбора закона регулирования