

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 14:35:45
Уникальный программный ключ:
24f866be2aca1648403682b99230111cafd9

Одобрена
на заседании кафедры

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

ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

Утверждена

Советом по учебно-методическим
вопросам и качеству образования

16 декабря 2025 г.

протокол № 4

Председатель



Карх Д.А.

(подпись)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины	Системы управления технологическими процессами
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	11
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	12

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 обучения студентов является формирование компетенций, направленных на реализацию мероприятий по повышению эффективности управления технологическими процессами производства, автоматическими системами и средствами контроля за технологическим оборудованием

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>ПК-2 Способеносуществлять приемку, освоение и испытание вводимых эксплуатационных средств технических средств 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 о технических характеристиках оборудования и средств автоматики, запчастях, 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
--	---

5. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Тема	Наименование темы	Часов	Контактная работа .(по уч.зан.)			Самост. работа	Контроль самостоятельной работы
			Все го часов	Лекции	Лабораторные		
Семестр 7		17					
Тема 1.	Технические средства систем управления(ПК-1)	44	2	2		40	
Тема 2.	Методы и средства контроля технологических	48	2	2		44	
Тема 3.	Автоматические системы регулирования	45	2	2		41	
Тема 4.	Системы управления технологическими процессами на предприятиях общественно	34	2	2		30	

6. ФОРМЫ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ШКАЛЫ ОЦЕНИВАНИЯ

Раздел/Тема	Вид оценочного средств	Описание оценочного средства	Критерии оценивания
Текущий контроль (Приложение 4)			
Тема 1	Тест № 1(приложение 4)	Тест состоит из 4 вопросов	5 баллов
Тема 2	Тест № 2(приложение 4)	Тест состоит из 5 вопросов	5 баллов
Тема 3	Тест № 3(приложение 4)	Тест состоит из 5 вопросов	5 баллов

Тема 4	Тест № 4(приложение 4)	Тест состоит из 5 вопросов	5 баллов
Промежуточная аттестация(Приложение 5)			
7 семестр(Эк)	Билеты к экзамену(приложение)	Билет содержит 2 теоретических вопросов 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. Технические средства систем управления (ПК-1)
Структура технических средств систем автоматизации технологических процессов и их классификация. Датчики и чувствительные элементы, управляющие устройства; автоматические регуляторы; микропроцессорные контроллеры; управляющие вычислительные комплексы. Исполнительные устройства. Логические и цифровые устройства систем управления. Принципы работы цифровых измерительных приборов; микропроцессорная техника в системах управления.

Тема 2. Методы и средства контроля технологических параметров (ПК-2)
Задачи технологического контроля в предприятиях общественного питания. Методы и средства контроля качества сырья, параметров технологических процессов, качества продукции. Измерение температуры, давления, уровня, расхода и количества, плотности, вязкости и состава жидкостей

Тема 3. Автоматические системы регулирования (ПК-1; ПК-2)
Автоматическое регулирование технологических параметров - как способ обеспечения качества продукции. Принципы автоматического регулирования: по отклонению, по возмущению, комбинированный. Контур АСР: объект регулирования, регулятор, прямая и обратная связи. Показатели качества регулирования. Законы автоматического регулирования: позиционный, пропорциональный, интегральный. Инженерный метод выбора закона регулирования

Тема 4. Системы управления технологическими процессами на предприятиях общественного питания (ПК-1)
Технологические процессы предприятий общественного питания как объекты управления; особенности управления непрерывными, периодическими и дисперсными процессами. Принципы управления тепловым электрическим и газовым оборудованием. Принципы управления механическим оборудованием. Принципы управления холодильным оборудованием. Функциональные и принципиальные схемы типовых систем управления отечественного и импортного оборудования предприятий общественного питания.

7.2 Содержание практических занятий и лабораторных работ

Тема 2. Методы и средства контроля технологических параметров (ПК-2)

Исследование работы датчиков и регуляторов уровня.

Тема 3. Автоматические системы регулирования (ПК-1; ПК-2)

Исследование работы системы двухпозиционного регулирования

Тема 4. Системы управления технологическими процессами на предприятиях общественного питания (ПК-1)

Исследование работы системы ПИД- регулирования. Исследование работы системы управления пищеварочным котлом. Исследование работы системы управления посудомоечной машиной непрерывного действия.

7.3. Содержание самостоятельной работы

Тема 1. Технические средства систем управления (ПК-1) Моделирование химических реакторов.
Тема 2. Методы и средства контроля технологических параметров (ПК-2) Оптимизация химико-технологических процессов
Тема 3. Автоматические системы регулирования (ПК-1;ПК-2) Экспериментально - статистический метод моделирования
Тема 4. Системы управления технологическими процессами на предприятиях общественнопитания (ПК-1) Экспериментально - аналитический метод моделирования.

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

7.3.2. Практические задания по дисциплине для самостоятельной подготовки к зачету/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 кафедры 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. Ярушин С. Г. Технологические процессы в машиностроении. Учебник для вузов [Электронный ресурс]:. - , 2023. - 564 с – Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/531308>

3. Наумова Е.Г., Нажимова Н.А., Кулигина Н.О., Мончарж Э.М. Управление технологическими процессами и производствами [Электронный ресурс]: Учебное пособие. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. - 208 – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/2102011>

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.

Libre Office. Лицензия GNU LGPL. Срок действия лицензии - без ограничения срока.

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

Электронная электротехническая библиотека

<http://www.electrolibrary.info>

Корпорация ОВЕН

<http://www.owen.ru/>

Портал промышленной группы «Метран»

<http://www.metran.ru/>

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)
3. Принципы автоматического регулирования
4. Дать характеристику позиционного регулирования
5. Характеристика пропорционального и интегрального законов регулирования.
6. Характеристика пропорционально-интегрально-дифференциального закона регулирования.
7. Свойства объектов регулирования.
8. Датчики и чувствительные элементы (определение, классификация).
9. Реле (определение, функции в системах управления, классификация).
10. Исполнительные элементы систем управления (определение, классификация).
11. 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

Примерные практические задания к экзамену

Номер задания	Содержание задания	Компетенция
	<i>Задания закрытого типа</i>	
1	<p>При разработке технического задания на проектирование требуется определить: Совокупность каких элементов САР по отклонению , применяемых при производстве биотехнологической продукции называется исполнительным устройством (ИУ).</p> <p>1) Регулирующий орган (РО) и исполнительный механизм (МО) 2) Измерительный преобразователь (ИП) и задающем устройстве (ЗУ) 3) Измерительный преобразователь (ИП) и сравнивающее устройство (СУ), 4) Сравнивающее устройство (СУ) и регулятор (Р)</p>	ПК-1
2	<p>На основе полученных знаний инженерных и технологических процессов требуется определить: Какие системы предназначены для поддержания постоянного заданного значения регулируемого параметров в пищевом производстве?</p> <p>1) Системы логико-программного управления 2) Системы дистанционного управления 3) Стабилизирующие системы автоматического регулирования 4) Системы автоматического контроля</p>	ПК-1
3	<p>Что представляет собой совокупность всех рабочих операций, технологического оборудования, и реализацию на нем согласно инструкциям и регламентам технологического процесса производства биотехнологической продукции?</p> <p>1) Алгоритм функционирования 2) Уровень дистанционного управления 3) Система автоматической блокировки 4) Технологический объект управления</p>	ПК-2
4	<p>Совокупность технических средств измерения и вспомогательных устройств, объединенных между собой линиями связи используемая для автоматического измерения, индикации и регистрации параметров, характеризующих состояние объекта управления в пищевой промышленности. Что это?</p> <p>1) Системы автоматической сигнализации 2) Критерий управления 3) Системы автоматического контроля 4) Технологический объект</p>	ПК-2
5	<p>По назначению и принципу действия преобразователь, который включает в себя чувствительный элемент, находящийся под непосредственным воздействием измеряемой среды при реализации технологических операции производства биотехнологической продукции называется:</p>	ПК-2

	<p>1)Промежуточный преобразователь (ПрП) 2)Передающий преобразователь (ПП) 3)Первичный измерительный преобразователь (ПИП)</p>	
6	<p>Величины воздействий, вызывающие нарушение равновесного состояния объекта биотехнологического производства и отклонение регулируемого параметра от заданного значения, называются:</p> <p>1)Возмущающими воздействиями 2)Статическими воздействиями 3)Отклонениями 4)Отклоняющими воздействиями 5)Рассогласованиями 6)Возмущениями</p>	ПК-1
7	<p>Согласно требований технической документации разность между заданным и текущим значениями регулируемого параметра в биотехнологическом производстве называется:</p> <p>1)Возмущением 2)Замыканием 3)Зомбинированием 4)Рассогласованием</p>	ПК-2
8	<p>Согласно требованию инструкций технологических процессов производства биотехнологической продукции значение регулируемого параметра, которое необходимо поддерживать постоянным в процессе реализации некоторых технологических операций, называют:</p> <p>1)Отклоняющим значением 2)Заданным значением 3)Обратным значением 4)Текущем значением</p>	ПК-1
9	<p>Какие системы автоматического регулирования в пищевом производстве сочетают в себе замкнутый и разомкнутый контур управления, и оба принципа управления -по отклонению и возмущению:</p> <p>1)Комбинированные 2)САР 3)Следящей 4)Одноконтурной</p>	ПК-1, ПК-2
10	<p>Какие системы управления биотехнологическими операциями применяются для объектов с широким диапазоном изменения их свойств и режимов функционирования при неполной априорной информации об условиях работы системы.</p> <p>1)Самоорганизующиеся 2)Следящие 3)Приспосабливающиеся 4)Самонастраивающиеся 5)Адаптивные</p>	ПК-1, ПК-2

	6) Программные	
	<i>Задания открытого типа</i>	
1	При расчете эффективности управления современными технологическими процессами определяется оптимальный уровень автоматизации конкретного предприятия. Как называется уровень визуализации, контроля и человеко-машинного управления технологическим процессом производства продуктов биотехнологии?	ПК-2
2	Отрасль науки и техники, включающая теорию автоматического управления и принципы построения автоматических систем и обеспечивающих их технических средств, называется:	ПК-1
3	Какие системы предназначены для автоматического оповещения и эффективной работы современных технических систем и обслуживающего персонала о состоянии параметров биотехнологического процесса	ПК-1, ПК-2
4	Как называются системы, непрерывно поддерживающие постоянное значение регулируемого технологического параметра при производстве биотехнологической продукции или изменяющие его по заданному алгоритму?	ПК-2
5	При осуществлении технологических регулировок оборудования следует учитывать, что качество регулирования в непрерывных САР, применяемых при производстве биотехнологической продукции зависит от прямых показатели качества регулирования. Перечислите некоторые из них на выбор	ПК-1
6	Для увеличения эффективности производства биотехнологической продукции в современных технологических линиях используют систему, в которой по ее предыдущему состоянию и некоторой дополнительной информации можно вполне определенно предсказать ее последующее состояние. Как она называется?	ПК-1, 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
Системы управления технологическими процессами**

ВВЕДЕНИЕ

Учебным планом подготовки студентов направления 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» заочной формы обучения предусматривается выполнение контрольной работы по курсам «Системы управления технологическими процессами» (2). 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...150 м 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 $f'(X)$:

$$\sigma = \lim_{\Delta C \rightarrow 0} \frac{\Delta U}{\Delta C} = \frac{dU}{dC} = f'(X)_{\text{Equation.3}} \quad (2.3)$$

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	$C = \epsilon \epsilon_0 \frac{s}{d}$	d=1,0 и 2,0 мм	$\epsilon=1; s=10\text{мм}^2$.
2	Плоскопараллельный емкостный датчик угловых перемещений	$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 s (n-1) \alpha}{j \beta d}$	$\alpha = 20^\circ$ и 40°	$\epsilon=1; s=200\text{мм}^2, n=4; j = 60^\circ; d=2\text{мм}$
3	Емкостный уровнемер жидкости	$C = \frac{b}{d} \epsilon_0 H + \frac{b}{d} \epsilon_0 h (\epsilon_{жк} - 1)$	H=0,3 и 0,5 м	b=0,2м; d=5мм; $\epsilon_{жк}=4$
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	$U = \frac{k \mathcal{F}}{\frac{C_u}{n} + C_0}$	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	$U = 2 \mathcal{F} \mathcal{M}_u \frac{l}{l_u}$	l=0 и 4 мм	f=50Гц; $M_H=2 \cdot 10^{-2} \text{ Гн}; I=0,35\text{А}; l_H=5\text{мм}$
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	$R_t = R_0 \left[1 + A_1 t + B_1 t + C_1 t (t - 100) \right] \times 10^{-3}$	t=-100 и 0°C	$A_1=3,9692 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}; B_1=-5,8290 \cdot 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-2}; C_1=-4,3303 \cdot 10^{-12} \text{ }^\circ\text{C}^{-4}; R_0=500 \text{ Ом}$.

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	$R_t = R_0 \left(1 + \frac{\Delta L}{L_0} + h \frac{D \dot{\sigma}}{l_0 \dot{\sigma}} \right)$	$\Delta L=1$ 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 $0,5 \text{ м}$	$\epsilon = 4$; $H = 0,8 \text{ м}$; $d_1 = 2 \text{ см}$; $d_2 = 5 \text{ см}$
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 $\Delta Y_{\text{в}}$ при том же возмущении, но без вмешательства регулятора:

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

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.

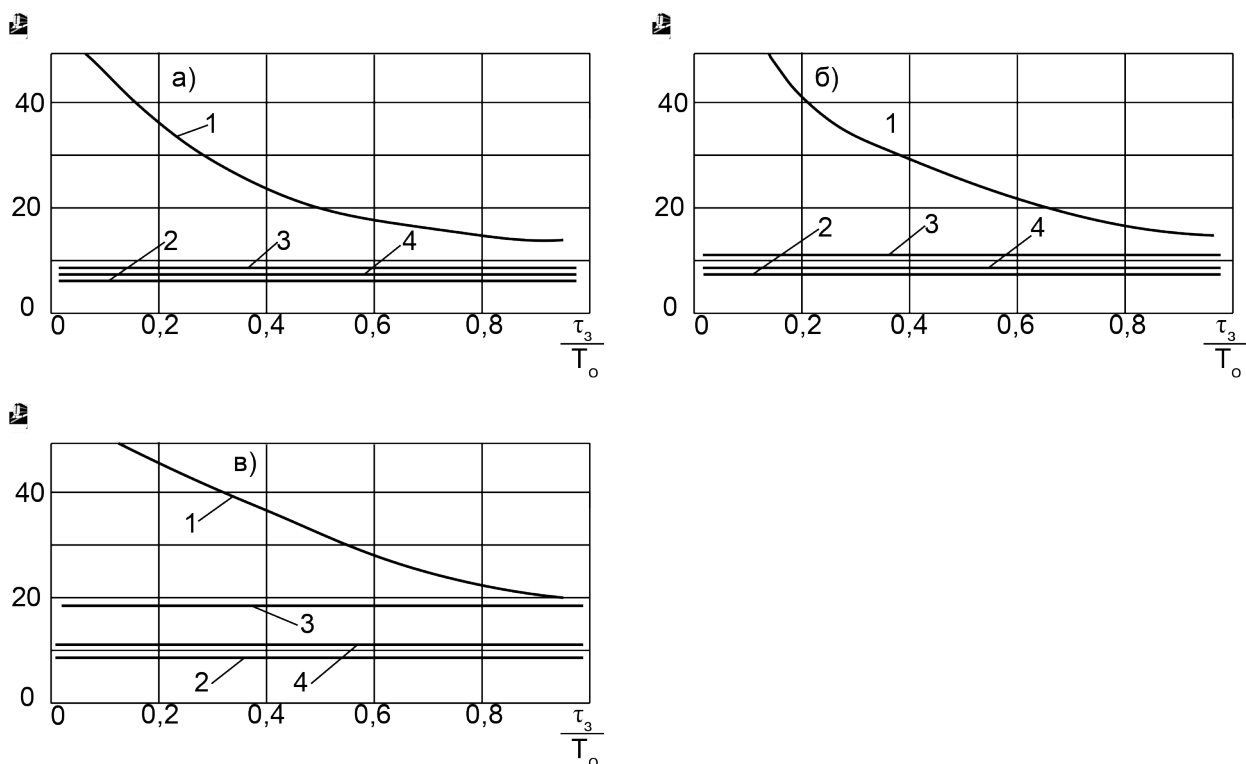
3.6 Расчет оптимальных значений параметров настройки регулятора

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 подъемопркидывателем	/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 – аperiodический процесс
- 2 – $\sigma=20\%$
- 3 – $\min \int (DX)dt$

Рисунок 4 – Зависимость статической ошибки регулирования от τ/T_0

а – аperiodический 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