

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

**Е.Я. Сердюкова  
А.В. Калайдо**

# **АВТОМАТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**  
по организации самостоятельной работы для магистрантов  
по направлению подготовки  
44.04.04 «Профессиональное обучение (по отраслям).  
Технология и организация общественного питания»



**Луганск  
2020**

УДК [664-04: 681.5] (076)  
ББК 36.81г.3  
С32

**Рецензенты:**

- Дейнека И.Г.** – заведующий кафедрой легкой и пищевой промышленности ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный технический университет», доктор технических наук, профессор;
- Старченко В.Н.** – профессор кафедры технологий производства и профессионального образования Луганской Народной Республики «Луганский государственный педагогический университет», доктор технических наук, профессор;
- Малькова М.А.** – доцент кафедры педагогики Луганской Народной Республики «Луганский государственный педагогический университет», кандидат педагогических наук, доцент.

**Сердюкова Е.Я., Калайдо А.В.**

**С32** **Автоматика и автоматизация производственных процессов в пищевой промышленности** : учеб.-метод. пособ. по организации самостоятельной работы / Е.Я. Сердюкова, А.В. Калайдо ; ГОУ ВО ЛНР «ЛГПУ». – Луганск : Книта, 2020. – 92 с.

Учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы по дисциплине «Автоматика и автоматизация производственных процессов в пищевой промышленности» содержит тематический план учебной дисциплины; общие рекомендации по организации самостоятельной работы и выполнению индивидуального задания; индивидуальные задания по каждой из тем дисциплины, вопросы подготовки к экзамену, систему текущего и итогового контроля знаний; список рекомендуемой литературы.

Учебно-методическое пособие предназначено для магистрантов очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 44.04.04 «Профессиональное обучение (по отраслям). Технология и организация общественного питания».

УДК [664-04: 681.5] (076)  
ББК 36.81г.3

*Рекомендовано Учебно-методическим советом Луганского государственного педагогического университета в качестве учебно-методического пособия по организации самостоятельной работы для магистрантов по направлению подготовки 44.04.04 «Профессиональное обучение (по отраслям). Технология и организация общественного питания»  
(протокол № 3 от 11.11.2020)*

© Сердюкова Е.Я., Калайдо А.В., 2020  
© ГОУ ВО ЛНР «ЛГПУ», 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Тематический план учебной дисциплины.....	8
Рекомендации к организации самостоятельной работы по дисциплине.....	11
1. Общие положения.....	11
2. Цель выполнения индивидуального задания для самостоятельной работы.....	12
3. Методические рекомендации к выполнению индивидуального задания по самостоятельной работе.....	13
4. Требования к выполнению индивидуального задания по самостоятельной работе.....	14
Тема 1. Задачи автоматизации пищевых производств.....	16
1.1 Основные понятия и определения.....	16
1.2 Задание для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работе по теме 1.....	27
Тема 2. Технологические измерения и приборы.....	28
2.1 Основные понятия и определения.....	28
2.2 Задания для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работе по теме 2.....	32
Тема 3. Измерительные преобразователи и системы дистанционной передачи измерительной информации.....	33
3.1 Основные понятия и определения.....	33
3.2 Задания для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работе по теме 3.....	37
Тема 4. Контроль температурных показателей технологических процессов.....	38
4.1 Основные понятия и определения.....	38
4.2 Задания для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работе по теме 4.....	40
Тема 5. Измерение и контроль давления.....	41
5.1 Основные понятия и определения.....	41
5.2 Задания для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работе по теме 5.....	45
Тема 6. Измерение и контроль количества веществ.....	47
6.1 Основные понятия и определения.....	47
6.2 Задания для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работе по теме 6.....	49
Тема 7. Измерение и контроль уровня жидкости и сыпучих материалов.....	50

7.1 Основные понятия и определения.....	50
7.2 Задания для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работе по теме 7.....	53
Тема 8. Измерение и контроль влажности.....	54
8.1 Основные понятия и определения.....	54
8.2 Задания для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работе по теме 8.....	57
Тема 9. Измерение и контроль плотности.....	59
9.1 Основные понятия и определения.....	59
9.2 Задания для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работе по теме 9.....	61
Тема 10. Промышленные регуляторы.....	62
10.1 Основные понятия и определения.....	62
10.2 Задания для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работе по теме 9.....	67
Тема 11. Схемы систем автоматизации.....	68
11.1. Основные понятия и определения.....	68
11.2. Задания для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работе по теме 11.....	75
Тема 12. Классификация технологических процессов пищевого производства как объектов автоматизации.....	76
12.1 Основные понятия и определения.....	76
12.2 Задания для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работе по теме 12.....	82
Вопросы для подготовки к экзамену.....	83
Критерии оценивания самостоятельной работы студентов	87
Список рекомендованной литературы.....	90
Приложение. Образец оформления титульного листа работы.....	91

## ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие отраслей пищевой промышленности направлено на внедрение прогрессивных технологий и гибких производств с автоматизацией управления на базе использования быстродействующих программируемых технических средств повышенной надежности. Создание высокоэффективных промышленных комплексов, обеспечивающих интенсификацию технологических процессов, базируется на разработке и внедрении автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Учебная дисциплина «Автоматика и автоматизация производственных процессов в пищевой промышленности» знакомит обучающихся с общими принципами автоматизации производства и функциональными возможностями контрольно-измерительных приборов в объеме, позволяющем понять принцип действия и технические возможности существующих систем автоматизации. Программа курса базируется на знаниях общепрофессиональных и специальных дисциплин, входящих в учебный план подготовки бакалавров по данному направлению, она предусматривает изучение современных средств контроля и регулирования параметров технологических процессов пищевых производств; средств автоматизации технологического оборудования и производственных процессов в пищевой промышленности.

Целью изучения дисциплины «Автоматика и автоматизация производственных процессов в пищевой промышленности» является формирование у магистрантов направления 44.04.04 «Профессиональное обучение. Технология и организация общественного питания» знаний по основам автоматического управления и контроля, а также умений и навыков регулирования технологических параметров процессов пищевых производств, внедрения современных технологий и новых видов оборудования, изучение. Результатом изучения данной дисциплины должно стать формирование у обучающихся соответствующих профессиональных компетенций.

Изучение дисциплины «Автоматика и автоматизация производственных процессов в пищевой промышленности» реализуется в контактной форме (в виде лекционных и практических занятий), а также за счет усвоения учебного материала в свободное от аудиторных занятий время в форме самостоятельной и индивидуальной учебно-исследовательской работы. Самостоятельная работа студентов является их основным видом деятельности при

изучении данной дисциплины, она призвана способствовать формированию практических навыков в работе со специальной литературой, мотивировать обучающихся на интенсивную поисковую работу, критическое осмысление полученных теоретических знаний и глубокое изучение актуальных технологических проблем пищевой промышленности. Ее результатом должно стать повышение качества подготовки квалифицированных кадров для предприятий пищевой промышленности и учреждений профессионального образования.

Знания, которые студент получает самостоятельно, благодаря собственному познавательному опыту, творческому мышлению и целенаправленным учебным действиям, усваиваются наиболее эффективно. Если учебный материал обрабатывается самостоятельно (индивидуально), выполняется задание от постановки проблемы до анализа полученных результатов, то запоминается не менее 90% проработанного материала. Однако у большинства современных студентов недостаточно развиты навыки самостоятельной работы, поэтому обеспечение ее высокой эффективности при изучении любой учебной дисциплины требует наличия качественного методического обеспечения.

Настоящее учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы для магистрантов, обучающихся по направлению подготовки 44.04.04 «Профессиональное обучение (по отраслям). Технология и организация общественного питания» составлено в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 44.04.04 «Профессиональное обучение (по отраслям)» и на основании рабочей программы дисциплины «Автоматика и автоматизация производственных процессов в пищевой промышленности».

Представленное учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы по дисциплине содержит: тематический план учебной дисциплины; общие рекомендации по организации самостоятельной работы по дисциплине, в том числе выполнению индивидуального задания; содержание индивидуальных заданий по вариантам; систему текущего и итогового контроля знаний; тесты для самопроверки; список рекомендуемой литературы. Данное пособие является результатом научно-педагогической деятельности авторов на кафедре технологий производства и профессионального образования Луганского государственного педагогического университета.

## ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по изучению дисциплины реализуется в следующих формах: лекционные, практические занятия (семинары), индивидуальная и самостоятельная работа студента. Тематический план дисциплины приведен в табл. 1.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны:

– **знать:** принципы построения современных систем автоматизации и управления техническими объектами и технологическими процессами пищевых производств; конструкцию, принцип действия и основные характеристики современных средств автоматизации и управления; методы оптимизации при выборе номенклатуры средств автоматизации, принципы типизации, унификации и агрегатирования при организации систем автоматизации и управления, иметь представление о тенденциях развития современных средств автоматизации и управления.

– **уметь:** составлять функциональные схемы автоматизации и осуществлять выбор измерительных и регулирующих устройств; проводить анализ технологического процесса пищевых производств как объекта управления.

Тематический план дисциплины «Автоматика и автоматизация производственных процессов в пищевой промышленности» включает 12 тем, содержащих относительно самостоятельные блоки дисциплины. Изучение дисциплины опирается на методы общей теории систем автоматического управления и преобразования данных, положения дисциплин «Прикладная механика», «Электротехника и основы электроники», «Информатика», «Процессы и аппараты пищевых производств».

Таблица 1 – Тематический план дисциплины «Автоматика и автоматизация производственных процессов в пищевой промышленности»

№	Структура курса	Общая	лекции	Практ. занят.	Сам. работа
1	2	3	4	5	6
1.	Задачи автоматизации пищевых производств. Особенности автоматизации пищевых производств. Требования к автоматическим системам.	13	2	1	10

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
2.	Технологические измерения. Единицы измерения. Измерительные приборы, их классификация. Погрешности измерений.	14	2	2	10
3.	Измерительные преобразователи и системы дистанционной передачи измерительной информации. Электрические и пневматические системы передачи сигналов. Реостатный, индукционный, термоэлектрический, дифференцированный преобразователи.	14	2	2	10
4.	Контроль температурных показателей технологических процессов. Важность соблюдения температурного режима в процессах переработки сырья и хранения пищевой продукции. Понятие температуры. Шкалы температур. Особенности измерения температуры в технологических процессах пищевых производств.	14	2	2	10
5.	Измерение и контроль давления. Барометрическое, избыточное и абсолютное давление. Устройства для измерения давления: манометры, барометры, вакуумметры.	14	2	2	10

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
6.	Измерение и контроль количества веществ. Единицы измерения: объемные и массовые. Устройства для измерения количества жидкости. Измерения количества твердых веществ. Устройства для взвешивания. Объемное измерение количества сыпучих веществ. Измерения расхода вещества. Объемные и массовые расходы. Устройства для измерения расхода жидкости и газов.	17	2	3	12
7.	Измерение и контроль уровня жидкости и сыпучих материалов. Средства измерения: измерители и сигнализаторы.	14	2	2	10
8.	Измерение и контроль влажности. Влажность газов и твердых веществ. Психрометры и гигрометры. Лабораторная проверка влажности твердых веществ.	14	2	2	10
9.	Измерение и контроль плотности. Зависимость плотности от концентрации растворов. Плотномеры.	12	2	2	8
10.	Промышленные регуляторы. Исполнительные устройства, их классификация. Основные характеристики регулирующих средств.	14	2	2	10

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
11.	Схемы автоматизации. Принципы построения функциональных схем автоматизации.	16	2	2	12
12.	Типизация технологических процессов как объектов автоматизации. Этапы подготовки объектов автоматизации. Перспективные направления автоматизации пищевых производств.	24	2	2	20
	ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО ЧАСОВ	180	24	24	132

## РЕКОМЕНДАЦИИ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 1. Общие положения

Обязательным элементом успешного усвоения учебного материала дисциплины является самостоятельная работа студентов с научной и технической литературой в области пищевых технологий и автоматизации технологических процессов пищевых производств.

*Самостоятельная работа* – это форма организации индивидуального изучения студентами учебного материала в аудиторное и внеаудиторное время.

*Цель самостоятельной работы* – способствовать формированию самостоятельности как личностной черты и важного профессионального качества будущего специалиста, суть которой заключается в умениях систематизировать, планировать, контролировать и регулировать свою деятельность без помощи и контроля преподавателя.

*Задачами самостоятельной работы* по дисциплине является усвоение знаний, умений, навыков, закрепление и систематизация полученных знаний, их применение при выполнении индивидуального задания для самостоятельной работы, выявления пробелов в системе знаний. Самостоятельная работа дает возможность студенту работать в индивидуальном ритме, а также выбирать оптимальный темп работы и условия ее выполнения.

Самостоятельная работа является основным средством овладения учебным материалом во время, свободное от нормированных учебных занятий, то есть лекционных и практических занятий (аудиторной работы). Учебным планом предусмотрено 132 часа на самостоятельную работу по дисциплине.

Основными видами самостоятельной работы являются:

- изучение лекционного материала;
- составление развернутого конспекта по теоретическому материалу;
- углубленное изучение литературы на тему и поиск дополнительной информации;
- подготовка к практическим занятиям;
- поиск в компьютерных сетях дополнительного учебного материала по предложенным преподавателем темам;
- сбор информации и ознакомление с зарубежным опытом, который касается определенной темы курса;
- работа над индивидуальным заданием;

- самопроверка знаний по вопросам для экзамена;
- подготовка к текущему и итоговому контролю.

Изучение теоретического материала целесообразно осуществлять непосредственно после прослушивания соответствующей лекции. В процессе работы с конспектом лекций, рекомендованной литературой и методическими рекомендациями по выполнению практических работ необходимо выяснить непонятные аспекты и сформулировать вопросы, которые следует задать преподавателю на консультации. Для определения степени усвоения программного материала нужно отвечать на контрольные вопросы к выученным темам.

Отведенное на самостоятельную работу время необходимо использовать рационально в течении всего семестра. Систематическая работа над теоретическим материалом позволит эффективно подготовиться к практическим занятиям, экспресс опросам, модульным контрольным работам и экзамену.

Самостоятельная работа студентов и магистрантов при изучении дисциплины «Автоматика и автоматизация производственных процессов в пищевой промышленности» предусматривает также выполнение индивидуальных творческих задач, составленных по тематике отдельных разделов этой дисциплины. Блок индивидуальных заданий для самостоятельной работы имеет творческое направление и должен обеспечить формирование умений как для использования усвоенной базы знаний на практике, так и для формирования умений и навыков по решению комплекса задач, предусматривающих трансформацию информационного массива в практической инженерно-педагогической деятельности.

Основным итогом выполнения студентами самостоятельных задач является усиление потребности в дальнейшем профессиональном самообразовании, определения собственных возможностей индивидуального развития. Выполнение задач по самостоятельной и индивидуальной работе является обязательным для каждого студента. Каждый студент работает индивидуально под контролем преподавателя, который выдает задание, консультирует и принимает выполненную работу в соответствии с установленными сроками.

## **2. Цель выполнения индивидуального задания для самостоятельной работы**

Цель выполнения индивидуального задания для самостоятельной работы – усилить эффективность и качество

самостоятельной работы студентов над материалом курса с использованием специальной технической литературы, развить творческие способности, творческое мышление студентов, создать навык работать с технической литературой, самостоятельно разрабатывать схемы автоматизации технологических процессов пищевых и перерабатывающих производств, подобрать необходимые приборы и аппаратуру для реализации типовых технологических процессов. В ходе выполнения задания студенты должны кроме рекомендованной литературы использовать специальные технические журналы, материалы, полученные на технологической практике, справочники, каталоги и другие источники.

Выполнение индивидуального задания для самостоятельной работы позволяет овладеть основными понятиями автоматизации пищевых производств, приобрести знания о методах и приборах измерения технологических параметров процессов пищевых производств и средства их регулирования, ознакомиться с принципами построения схем автоматизации, осуществлять типизацию технологических процессов как объектов автоматизации, осознать перспективные направления автоматизации пищевых производств.

Выполнение индивидуального задания для самостоятельной работы предусматривает: систематизацию, закрепление, расширение теоретических и практических знаний по дисциплине и применение их при выполнении индивидуального задания.

Оценка за выполнение индивидуального задания для самостоятельной работы учитывается при выставлении общей оценки по дисциплине.

### **3. Методические рекомендации к выполнению индивидуального задания по самостоятельной работе**

Студентом выполняется один вариант индивидуального задания согласно с номером, соответствующим порядковому номеру студента в журнале студенческой группы. Для оценки преподавателю предоставляется печатный и электронный вариант отчета.

Выполнение индивидуального задания для самостоятельной работы следует начать с изучения лекционного материала, теоретических сведений по каждой из тем, в дальнейшем использовать дополнительную учебную и научную литературу.

При изучении теоретического материала необходимо обратить внимание на приведенные схемы, конструкции и принцип действия приборов.

Выполнять индивидуальное задание целесообразно поэтапно, прорабатывая вопрос для индивидуального задания непосредственно после изучения соответствующей темы курса.

Выполнение отчета по индивидуальной самостоятельной работе по дисциплине предусматривает основательный письменный ответ на один вопрос к каждой из тем курса по варианту. Наличие иллюстраций, схем конструкций приборов, других графических материалов является обязательным. В методических рекомендациях по выполнению самостоятельной работы по каждой теме указано, какие именно материалы должен содержать каждый письменный ответ по соответствующей теме.

Если выполнение определенной задачи вызывает затруднения, следует обратиться за консультацией к преподавателю, представив ему заранее наработанные материалы.

#### **4. Требования к выполнению индивидуального задания по самостоятельной работе**

Индивидуальное задание выполняется в виде отчета на стандартных листах формата А4 с использованием эскизов, схем, таблиц и других иллюстративных материалов. Компьютерный вариант работы выполняется по общим требованиям: шрифт *Times New Roman*, кегль – 14 пунктов, межстрочное отступление через 1,5 интервала, абзацный отступ 1,25 см, поля: верхнее и нижнее – по 2 см, левое – 2,5 см, правое – 1,5 см.

Работа выполняется письменно и состоит из следующих частей:

- титульный лист (выполняется согласно приложению);
- содержание;
- вступление;
- основная часть (выполненные задания по темам курса по вариантам, которые соответственно нумеруют);
- выводы;
- список использованных источников.

В тексте работы в квадратных скобках даются ссылки на литературные источники, например, [4, с. 88].

При составлении отчета по индивидуальной самостоятельной работе следует обязательно соблюдать системы единиц СИ, технических нормативов, нормативов по составлению списка литературы, а также руководствоваться действующими нормативными документами в области автоматизации:

- ГОСТ 21.404.85. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах;

– ГОСТ 3464-68. Условные обозначения трубопроводов для жидкостей и газов, применяемые в схемах и на чертежах;

– ГОСТ 2.747.68. Условные обозначения элементов электрических схем.

*Отчет по индивидуальной самостоятельной работе предоставляется преподавателю в распечатанном и электронном виде.*

Индивидуальное задание для самостоятельной работы должно быть представлено на проверку преподавателю и защищено непосредственно после второго модульного контроля. Защита задачи происходит в индивидуальном порядке за счет времени, отведенном для самостоятельной работы.

*Только при условии выполнения и успешной защите индивидуального задания студенты допускаются к сдаче экзамена.*

## ТЕМА 1. ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

При изучении темы 1 необходимо проработать лекционный материал, изучить и законспектировать основные понятия и определения, ответить на контрольные вопросы к теме. Далее следует приступить к выполнению индивидуального задания для самостоятельной работы согласно полученному варианту с использованием рекомендованной и дополнительной литературы.

### 1.1 Основные понятия и определения

С увеличением нагрузок на аппараты и повышением мощностей машин, сложности и масштабов пищевого производства, с повышением давления, температур, скоростей химических реакций ручной труд даже в механизированном производстве временами просто невозможен. Ограниченные ресурсы человеческого организма (утомляемость, недостаточная скорость реакции на изменения окружающей среды, на большой объем информации, субъективность в оценке производственных ситуаций) является препятствием для дальнейшей интенсификации производства.

Наступает новый этап машинного производства – *автоматизация производства*, который характеризуется освобождением человека от непосредственного выполнения функций управления производственными процессами и передачей этих функций автоматическим устройствам. Автоматизация приводит к улучшению основных показателей эффективности производства: увеличению количества, улучшению качества, снижению себестоимости продукции, повышению производительности труда, способствует безаварийной работе оборудования, исключает случаи травматизма, предупреждает загрязнение окружающей среды промышленными отходами.

При автоматизации производств пищевой промышленности объектом автоматизации является не отдельный технологический процесс или агрегат, а технологический комплекс (ТК) со сложными взаимосвязями между его подсистемами. Современные системы автоматизации пищевой промышленности имеют широкие функциональные возможности, усовершенствованные технические характеристики, и обеспечивают повышение надежности автоматизированных систем управления пищевой промышленности, их скоростью, оперативность управления.

**Производственный процесс** – совокупность взаимосвязанных трудовых и технологических процессов, при реализации которых

исходные материалы и полуфабрикаты превращаются в готовые изделия.

**Автоматическими** называются устройства, которые управляют различными процессами и контролируют их без непосредственного участия человека.

**Предмет или процесс**, подлежащий изучению, называется объектом, а все окружающие предметы, которые взаимодействуют с ними – внешней средой.

**Система** – совокупность элементов и устройств, находящихся в отношениях и связях между собой и образующих определенную целостность (единство).

**Объект управления** – совокупность технологических устройств (машин, орудий труда, средств механизации), выполняющих данный процесс с точки зрения управления.

**Операция управления** – обеспечивает в нужные моменты начало, порядок прохождения и прекращения рабочих операций, выделяет необходимые для их выполнения ресурсы.

Под **управлением** понимают процесс организации такого целенаправленного воздействия на объект управления, в результате которого последний переходит в необходимое (целенаправленное) состояние.

Параметры производственного или технологического процесса или технологического объекта, которые необходимо поддерживать постоянно или изменять по определенному закону, называется **управляемой величиной**.

**Автоматизация сахарной отрасли.** Сахарное производство является одним из самых сложных и энергозатратных. Условия высокой конкуренции в настоящее время на первый план выводят такие показатели, как качество, энергопотребление, себестоимость. Такие условия конкуренции диктуют необходимость применения последних достижений технологии, теплотехники, организации сахарного производства.

Автоматизация сахарной промышленности обеспечивает качественную, эффективную работу всех технологических участков сахарного завода с помощью комплексного подхода. Одной из основных проблем является стабилизация транспортной линии основного продукта сахарной технологии, а также поддержание оптимальных уровней запаса продукта в промежуточных (буферных) сборниках сахарной технологии.

Технологический процесс сахарного производства является непрерывно-поточным, осуществляется с помощью непрерывно

работающего оборудования, удовлетворяет всем основным требованиям с точки зрения автоматизации технологических процессов сахарной промышленности. Большое значение при подготовке объекта или технологического участка сахарного завода к автоматизации является выбор основных технологических параметров объективного управления процессом производства сахара. Специфические условия развития автоматизации технологических процессов сахарной промышленности определяются:

- тенденциями роста единичной мощности сахарных заводов с возрастанием роли задач координации управления предприятиями сахарной промышленности;

- изменением технологических показателей качества сырья, топлива, вспомогательных материалов;

- сезонностью свеклосахарного производства, что снижает эффективность автоматизированных систем управления, повышает требования к снижению первоначальных затрат на их создание;

- недостаточной обеспеченностью средствами измерения, первичными преобразователями (датчиками), исполнительными механизмами и регулирующими органами необходимого качества.

Рост производительности труда на сахарных заводах, разработка новой технологии с целью улучшения качества, повышения эффективности производства сахарной промышленности, требуют обновления а также совершенствования систем управления с использованием современных средств измерения и автоматизации.

**Автоматизация спиртовой отрасли.** Новый этап развития рыночных отношений выдвигает для спиртовой отрасли актуальные задачи внедрения эффективных технологий, обеспечивающих снижение всех производственных затрат, позволяя стабильно получать высококачественную спиртовую продукцию.

Внедрение новых технологий на базе автоматизированных систем управления технологическими процессами спиртового производства чаще всего проводится локально, без учета глубоких взаимосвязей между различными технологическими подсистемами спиртового завода. Одновременное отображение всех переменных технологического процесса, а также оперативное оповещение о возникновении критических ситуаций помогает организовать технологический процесс выпуска спирта, который строго соответствует технологии, и достичь и лучшего качества спиртовой продукции.

Результатом таких мероприятий является более рациональное использование сырья, ресурсов, существенное повышение уровня функционирования автоматической системы в целом.

**Автоматизация области пивоварения и безалкогольных напитков.** Современное производство пива и безалкогольных напитков основано на соблюдении жестких требований, начиная от эффективности производственного процесса, безвредности выпускаемых продуктов.

Использование современных средств автоматизации открывает широкий диапазон аппаратных средств, широкого спектра измерительных приборов, системы промышленного обмена данными. С введением закрытых цилиндрических ферментаторов (бродильных аппаратов), процессов кипения сула под давлением или стационарных трубопроводов с пневматическими клапанами производство пива радикально изменилось. Это привело к стремительному внедрению новых технологий автоматизации процесса приготовления пива.

Технология пива включает довольно много периодически повторяющихся процессов, которые требуют точного соблюдения рецептур, соблюдения многих технологических параметров. Следовательно производство требует оптимизации всех производственных процессов для повышения уровня качества продукции.

Введение автоматизации в области производства пивобезалкогольных напитков обеспечивает высокий уровень, стабильное качество конечного продукта. Достаточно широко автоматизированные системы управления также применяются в технологических процессах дозирования с точно заданным рецептом количеством ингредиентов.

**Автоматизация хлебопекарной отрасли.** Проанализируем особенности предприятий хлебопекарной промышленности, как объектов автоматизации:

– основным видом сырья предприятий производства хлеба является зерно, которое характеризуется четырьмя десятками параметров качества, которые постоянно меняют свое значение, и требуют непрерывного контроля на всех стадиях работы хлебозавода;

– заготовка зерна является сезонным процессом, который сочетается с непрерывностью хлебопекарного производства, регулярностью поставок муки (крупы) на хлебозаводы, а комбикормов – на животноводческие и птицеводческие предприятия;

– предприятия хлебопекарной промышленности характеризуются специфическим отраслевым учетом хлебопродуктов, связанных с изменением массы сырья в процессе хранения;

– жестокий контроль качества хлебной продукции со стороны государства;

– структура хлебопекарного производства имеет иерархический характер (продукция одного производственного процесса является сырьем для других отраслей производства хлебопродуктов);

– возможность многопоточного выпуска продукции из сырья одного вида при производстве муки или крупы с многокомпонентным составом сырья при производстве комбикормов.

Внедрение АСУ на предприятиях хлебопекарной промышленности обеспечивает:

– увеличение производительности, а также эффективности работы предприятий отрасли хлебопродуктов (современная система автоматизации является решающим фактором высокой производительности работы предприятия);

– интенсивнее использовать оборудование предприятий хлебопекарной промышленности;

– экономно электроэнергию, топлива основными технологическими линиями производства хлебопродуктов;

– повышение эффективности использования материальных ресурсов.

**Автоматизация зерновой отрасли.** Внедрение современных информационных технологий, а также последних разработок в сфере промышленной автоматизации предприятий, хранения и переработки зерна оказывает существенное влияние на повышение эффективности управления, роста конкурентоспособности предприятий в целом.

Процесс хранения и переработки зерна сложный, многоступенчатый, энергоемкий. Это требует введения совершенных, надежных систем автоматизации хранения и переработки зерна для достижения высокой эффективности работы отрасли.

Количество контролируемых, а также управляющих параметров современных автоматизированных предприятий хранения и переработки зерна (элеваторов, зернохранилищ, мукомольных заводов, комбикормовых комбинатов) постоянно увеличивается, превышая предел, когда оператор может самостоятельно (без применения сложных автоматизированных комплексов для предприятий хранения и переработки зерна) управлять технологическим процессом. В связи с этим, вопросы внедрения комплексной автоматизации зернохранилищ,

элеваторов, силосов и других объектов по переработке и хранению зерна является актуальным.

Автоматизация технологических процессов сушки, хранения зерна, как правило, выполняется на достаточно высоком уровне. Автоматические системы мукомольного производства предоставляют возможность контролировать процесс увлажнения зерна в подготовительном отделении, формировать помольные партии зерна, формировать сорта муки при отгрузке потребителю, измерять влажность муки в потоке, выполнять весовой контроль при отгрузке.

Основные направления автоматизации технологических процессов хранения и переработки зерна:

- внедрение систем нового поколения – компьютеризированных автоматизированных комплексов зерноперерабатывающих предприятий и хранилищ вместо существующих на многих предприятиях отрасли релейных систем автоматизированного управления процессами хранения и переработки зерна;

- внедрение современных систем автоматизации предприятий хранения и переработки зерна позволяет качественно подготовить зерно к размеливанию, включая формирование помольной партии, оптимальное автоматическое увлажнение зерна, в зависимости от начальной влажности.

Автоматизированный учет продукции зерноперерабатывающих предприятий и зернохранилищ существенно уменьшает влияние человеческого фактора на результат взвешиваний и повышает точность измерений.

Последние разработки в области автоматизации зерноперерабатывающей отрасли позволяют прогнозировать процесс самосогревания зерна, надежно, в автоматическом режиме, управлять потоками влажного и сухого зерна, процессом сушки, а также системой формирования технологических маршрутов в пределах зерноперерабатывающего предприятия.

**Автоматизация молочной отрасли.** Автоматизация молокозаводов является одним из важнейших показателей уровня технического развития отрасли. Комплексная автоматизация молокозавода обеспечивает технологические, экономические преимущества, а также является базой для перспективного развития современной молочной промышленности. Повышение уровня автоматизации молочной промышленности имеет огромное значение для процесса улучшения качества молочных продуктов, оптимального использования производственных ресурсов, экономии энергетических затрат предприятия молочной промышленности.

Повышение уровня автоматизации молочной промышленности меняет подход к работе, упрощая ее физически, требует совершенствования уровня технической подготовки специалистов, освобождает персонал от трудоемких, неквалифицированных видов работ. Автоматизация молочной промышленности разделяется на частичную и комплексную.

При комплексной автоматизации все участки и отделения предприятия молочной промышленности функционируют как единый технологический комплекс молокозавода.

Выбор степени автоматизации молокозавода определяется спецификой молочного производства, экономической целесообразностью автоматизации того или иного процесса, стратегии производителя молочной продукции, финансовыми возможностями молокозавода.

Молочный рынок на современном этапе развития экономики характеризуется высоким уровнем конкуренции. Победителями здесь выходят молокозаводы, которые внедряют в производство передовые, усовершенствованные управляющие схемы, а также технологические режимы производства молока.

Комплексная автоматизация молокозаводов позволяет максимально сократить участие персонала в выполнении сложных технологических процессов, освобождает специалистов от управления локальными операциями, позволяя больше внимания уделять организации взаимодействия оборудования. Обязанности персонала сводятся к налаживанию производственного цикла для работы в определенном режиме, налаживание контрольных приборов, механизмов, устройств, профилактическом ремонте, устранении неисправностей технологических линий молокозавода.

Введение комплексной автоматизации молочных предприятий обеспечивает:

- прозрачность, а также управляемость технологических процессов производства молокопродуктов;
- сокращение возможностей влияния человеческого фактора на ход производственных процессов;
- оперативный учет всех материальных затрат и поступлений.

**Автоматизация мясной отрасли.** В современных экономических условиях промышленная автоматизация постепенно внедряется многими отраслями мясной промышленности. Развитие автоматизации мясной промышленности происходит весьма неравномерно. На этапе первичного забоя, а также переработки предприятиями отрасли достаточно широко используется ручной

труд, – например, при выполнении такой процедуры мясоперерабатывающего предприятия, как обвалка мяса.

Внедрение современных систем автоматизации мясокомбинатов позволит в автоматическом режиме выполнять обработку мяса, сортировку, контролировать отклонения технологических параметров от нормы, уровень загрязнения продукции, проводить обработку и упаковку продукции, жестко контролировать качество выпускаемой продукции, удалять бракованную продукцию, значительно повышать эффективность работы мясоперерабатывающего предприятия.

Основной проблемой внедрения современных технологий мясоперерабатывающей отрасли является их стоимость. Преимуществами комплексной автоматизации предприятий мясоперерабатывающей отрасли является снижение затрат, существенное улучшение качества продукции, снижение сроков производства, снижение рисков. Недостатками внедрения тотальной автоматизации производств по переработке мяса является высокая и не всегда оправданная энергозависимость систем управления.

**Автоматизация масложировой отрасли.** Масложировая отрасль является одной из ведущих отраслей пищевой промышленности, которая обеспечивает выпуск широкого спектра продуктов питания из растительных жиров.

Основной цикл завода по производству и переработке масложировой продукции, кроме получения нерафинированного масла, охватывает комплексную рафинацию, дезодорации растительного масла. Эти процессы являются сложными, требуют ведения непрерывного автоматического контроля технологического процесса, обеспечения надежной работы оборудования, исключение возможности возникновения аварийных ситуаций.

Комплексная автоматизация предприятий масложирового комплекса частично похожа с техническими решениями, которые используются при построении автоматизированных систем управления комбинатов хлебопродуктов – такие системы автоматизации, как измерение веса, тензометрические системы дозирования, измерения температуры в силосах элеватора, а также влажности зерновых в потоке и управление маршрутами перемещения сырья полностью идентичны.

Производства масложирового комплекса характеризуются непрерывностью технологического процесса, что обеспечивает многоступенчатую переработку сельскохозяйственного сырья в продукцию пищевого (бытового) потребления. Для эффективной организации производства масложирового комплекса необходимо

постоянно контролировать как количество потраченного сырья (полученной из нее готовой продукции), так и количество промежуточных продуктов, получаемых на каждом производственном участке.

Практика внедрения систем автоматизации для предприятий масложировой промышленности свидетельствует, что наибольший эффект контроль имеет, если он носит комплексный характер, а учет количества продуктов ведется по массе.

Отсутствие достоверного контроля перемещения сырья, полуфабрикатов, готовой продукции масложировой технологии приводит к значительным потерям продуктов, не позволяет специалистам оперативно контролировать ход производства растительного масла с целью устранения возникающих нарушений. Поэтому создание комплексной системы контроля массы на предприятиях масложирового комплекса пищевой промышленности, которая обеспечивает объективный контроль (регистрацию) движения массы сырья, полупродуктов, готовой продукции, является наиболее актуальной проблемой масложировой отрасли.

Автоматизация производства растительного масла, вторичной продукции масложирового предприятия, обеспечивает значительный экономический эффект благодаря соблюдению заданных качественных показателей продукции масложировой отрасли; уменьшению потерь полуфабрикатов, основной продукции масложировой технологии; снижению трудоемкости процессов производства растительного масла.

Автоматизация управления технологическими процессами на отдельных участках производства обычно осуществляется путем оптимизации или стабилизации режимных параметров технологических процессов. Таким путем можно достичь достаточно высоких технико-экономических показателей как на отдельных участках, которые автоматизируются, так и на производстве в целом.

Итак, **автоматизация** – это этап машинного производства, который характеризуется передачей функций управления от человека к автоматическим устройствам.

**Технологический объект управления (ТОУ)** – совокупность технологического оборудования и реализованного на нем технологического процесса.

**Автоматизированная система управления (АСУ)** – это система человек-машина, что обеспечивает автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимального управления.

Развитие пищевой технологии, где преобладают непрерывные технологические процессы, требует создания более совершенных

систем управления, чем локальные системы автоматического регулирования (АСР). Эти принципиально новые системы получили название автоматизированных систем управления технологическими процессами – АСУ ТП.

**Автоматизированный технологический комплекс (АТК)** – совокупность совместно функционирующих ТОУ и АСУ ТП. АСУ ТП отличается от локальных САР:

- более совершенной организацией потоков информации;
- практически полной автоматизацией процессов получения, обработки и представления информации;
- более высокой степенью автоматизации функций управления, включая пуск и остановку производства.

Глобальная цель управления ТОУ с помощью АСУ ТП состоит в поддержании оптимального значения критерия управления при выполнении всех условий, определяющих множество допустимых значений управляющих воздействий. В большинстве случаев глобальная цель разбивается на ряд отдельных целей; для достижения каждой из них нужно решение простейших задач управления.

Управляющие функции обеспечивают поддержку оптимальных значений критерия управления в условиях меняющейся производственной ситуации. Все они делятся на две группы:

- определение оптимальных управляющих воздействий;
- реализация этого режима путем формирования управляющих воздействий на ТОУ (стабилизация, программное управление; программно-логическое управление).

Любое пищевое производство составляет последовательность **трех основных операций:**

- подготовки сырья;
- собственно переработки;
- выделения конечных целевых продуктов.

Эта последовательность операций включается в единую сложную технологическую систему (ТС).

Современное предприятие как система, состоящая из большого количества взаимосвязанных подсистем, между которыми существуют отношения соподчиненности в виде иерархической структуры с тремя основными ступенями. Каждая подсистема пищевого предприятия представляет собой совокупность технологической системы и системы автоматического управления, они действуют как единое целое для получения заданного продукта или полупродукта.

**Основными источниками экономической эффективности** систем автоматизации пищевых процессов является прирост объема реализации продукции и (или) снижения ее себестоимости.

Улучшение этих экономических показателей чаще всего достигается за счет уменьшения расхода сырья, материалов и энергии на единицу продукции, качества продукции, увеличение производительности оборудования за счет сокращения потерь рабочего времени из-за поломок и остановки и процесса, вызванные ошибками управления и др.

### **Контрольные вопросы по теме 1:**

1. Сформулируйте понятие технологических объектов управления (ТОУ), дайте их классификацию.
2. Что называют технологическими параметрами процесса?
3. Назовите основные направления в совершенствовании управления технологическими процессами.
4. Что такое ТОУ? Что к ним относят в технологических процессах пищевых производств?
5. В чем отличие машин от аппаратов?
6. Какие критерии характеризуют процесс управления?
7. Какие виды технологических процессов Вы знаете?
8. Какие требования предъявляются к технологическому процессу?
9. Что такое автоматизированная система управления? Чем она характеризуется?

### **Тест по теме 1**

Из предложенных Вам вариантов ответов выберите *правильный*.

1. Какое оборудование используют для изменения химических свойств продукта?
  - а) машины;
  - б) аппараты;
  - в) механизмы.
2. Какой вид технологического процесса характеризуется периодическим режимом работы и определенной последовательностью выполнения операций?
  - а) непрерывный;
  - б) непрерывно-циклический;
  - в) циклический.

3. Что обозначает точка критического соотношения на карте критических соотношений?

- а) прибыль;
- б) убытки;
- в) окупаемость.

Из предложенных Вам вариантов ответов выберите *ошибочный*.

4. Какие требования предъявляют к технологическому процессу при его автоматизации?

- а) инерционность технологического процесса;
- б) непрерывность технологического процесса;
- в) компактность оборудования.

5. Какие характеристики применимы для описания отраслей пищевой промышленности?

- а) многостадийность;
- б) простота контроля качественных показателей готовых продуктов;
- в) сложность химико-технологических процессов.

## **1.2 Задание для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работы по теме 1**

1. Производственная система. Технологический процесс.
2. Автоматизированное производство.
3. Характеристика объекта управления.
4. Особенности автоматизации пищевых производств.
5. Значение автоматизации в развитии пищевых производств.
6. Классификация критериев управления.
7. Комплексное производство: участок, цех, предприятие.
8. Типовая структурная схема автоматизированного производства.
9. Критерии классификации технологических процессов в пищевой промышленности.
10. Этапы разработки схемы автоматизации технологического процесса.
11. Понятие схемы автоматизации. Местные схемы автоматизации и их основные функции.
12. Комплекс критериев процесса управления.
13. Требования к технологическому процессу как объекту автоматизации.
14. Экономическое обоснование разработки и внедрения систем автоматического управления.
15. Предпосылки разработки систем автоматического управления.

## ТЕМА 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ПРИБОРЫ

При изучении темы 2 необходимо проработать лекционный материал, изучить и законспектировать основные понятия и определения, приведенные ниже, ответить на контрольные вопросы к теме. Далее следует приступить к выполнению индивидуального задания для самостоятельной работы согласно полученному варианту с использованием рекомендованной и дополнительной литературы. При выполнении задания к варианту 4 необходимо составить соответствующую таблицу. При выполнении задания к варианту 6 необходимо привести соответствующие схемы. При выполнении варианта 11 необходимо привести конкретные примеры пищевых производств.

### 2.1 Основные понятия и определения

Измерения физических величин осуществляется путем эксперимента и вычислений с помощью специальных технических средств. В зависимости от вида измеряемых величин, необходимой их точности, условий проведения эксперимента и вида нужной информации используются различные средства измерительной техники, которые выдают соответствующие сигналы измерительной информации. Любая физическая измеряемая величина благодаря средствам измерения превращается в соответствующий сигнал, который наблюдатель воспринимает непосредственно на шкале прибора, или после преобразования и обработки передается через каналы связи на другие средства измерения в виде сигнала совсем другой физической величины. Например, измерения температуры, давления, плотности сопровождаются преобразованием измеряемой величины сигнала (электрический, пневматический, механический), который с помощью средств воспроизведения выдает значения измеряемой величины на шкале прибора.

**Измерение** – нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. Стандарт определяет методы измерений (метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой).

К **видам измерений** можно отнести измерения:

- прямые и косвенные;
- совокупные и совместные;
- абсолютные и относительные;
- одноразовые и многократные;
- технические и метрологические;

– статические и динамические.

Прямые и косвенные измерения различают в зависимости от способа получения результата измерений.

При прямых измерениях значения величины определяют непосредственно измерительными устройствами путем отображения измерительной информации. Примерами косвенных измерений можно считать нахождение значения угла треугольника по измерению длины сторон, определение площади треугольника или другой геометрической фигуры и т.п.

При совокупных измерениях осуществляется измерение нескольких одноименных величин.

При совместных измерениях осуществляются измерения нескольких не одноименных величин, например, для нахождения зависимости между ними.

При измерениях для отображения результатов могут быть использованы различные оценочные шкалы, в том числе градуированные или в единицах измеряемой физической величины, или в различных относительных единицах, включая и безразмерные. Согласно с этим принято различать абсолютные и относительные измерения.

По количеству повторных измерений одной и той же величины различают одноразовые и многократные измерения, причем многократные осуществляются с последующей математической обработкой результатов измерений.

В зависимости от точности измерения делят на технические и метрологические, а также на равноточные и неравноточные. Технические измерения выполняют с заранее установленной точностью, то есть, погрешность технических измерений не должна превышать заранее заданного значения. Метрологические измерения выполняют с максимально достижимой точностью, добиваясь минимальной погрешности измерения.

Статические и динамические измерения правильнее характеризовать в зависимости от соизмеримости режима восприятия входного сигнала измерительной информации и его преобразования. При измерении в статическом режиме скорость изменения входного сигнала несравненно ниже скорости его преобразования в измерительном звене, и все изменения фиксируются без дополнительных динамических искажений. При измерении в динамическом режиме появляются дополнительные (динамические) погрешности, связанные со слишком быстрым изменением самой

измеряемой физической величины или входного сигнала измерительной информации от постоянной измеряемой величины.

Различают два основных метода измерений: *метод непосредственной оценки* и *метод сравнения с мерой*. При использовании метода непосредственной оценки значения измеряемой физической величины определяют непосредственно по отсчетной шкале устройства прямого действия. Прибор осуществляет преобразование входного сигнала измерительной информации, соответствующего всей измеряемой величине, после чего и происходит оценка ее значения.

Метод сравнения с мерой характеризуется тем, что прибор (компаратор) сравнивает измеряемую величину с аналогичной известной величиной, который служит мерой. Мера, которая воспроизводит с определенной точностью физическую величину определенного (близкого к измеряемой) размера, используют в явном виде. Примерами используемых мер является гири, концевые меры длины или угла и т.д.

При измерении физических величин следует четко разграничить два понятия: истинные значения физических величин и результаты их измерений.

**Истинное значение** физической величины – это значение, идеально отражает свойства объекта как в количественном, так и в качественном отношениях. Истинные значения не зависят от средств нашего познания и является абсолютной истиной, к которой приближается наблюдатель, пытаясь выразить ее как числовое значение.

**Погрешность** результатов измерений – это значение отклонения результатов измерения от истинного значения величины, которая измеряется.

Результат измерения является продуктом познания наблюдателя и является приблизительной оценкой значения величины. Результаты зависят от методов измерения, технических средств, свойств органов чувств наблюдателя, внешней среды и самих физических величин. Разница между результатом измерения  $X$  и истинным значением величины  $Q$  называется абсолютной погрешностью измерения (2.1):

$$\Delta = X - Q. \quad (2.1)$$

**Причины возникновения ошибок:** несовершенство методов измерения, технических средств, органов чувств наблюдателя, изменение условий проведения эксперимента. Изменение условий проведения исследований может влиять на физическую величину, технические средства и самого наблюдателя.

Каждая из приведенных причин возникновения погрешностей обусловлена многими факторами, под влиянием которых формируется общая погрешность измерения.

**Средство измерительной техники** – техническое средство, которое применяется при измерении физических величин и имеет нормированные метрологические характеристики. К средствам измерительной техники относятся средства измерений и измерительные приборы.

**Средство измерений** – средство измерительной техники, реализующее процедуру измерений. К средствам измерений относятся кодирующие, регистрирующие средства измерений, измерительные приборы, каналы, установки и системы (рис.2.1).

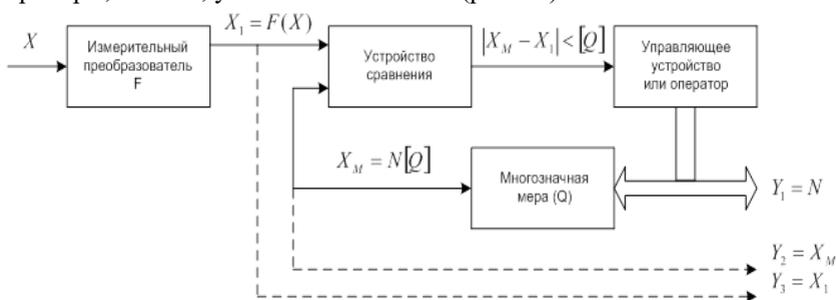


Рисунок 2.1 – Обобщенная структурная схема средства измерения

**Измерительное устройство** – средство измерительной техники, в котором используется лишь одна из составных частей процедуры измерений. Например: преобразование, масштабирование, сравнение, вычисление сигнала и другие операции с сигналом.

**Средства измерительной техники** – достаточно широкое понятие, которое охватывает меры, компараторы, измерительные приборы и преобразователи, измерительные установки и системы, вспомогательные средства. Одни из этих средств достаточно просты, другие – достаточно сложные как по функциональному назначению, так и по строению и методам обработки сигнала измерительной информации.

**Мерой** называется средство измерения, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера. Например: весы – меры массы (кг): 1; 0,5; 0,2; 0,1 и др.

**Измерительный прибор** – средство измерения, предназначенное для формирования информации в доступной для непосредственного восприятия наблюдателем форме. По форме

выдачи информации приборы делятся на аналоговые, показания которых являются непрерывной функцией измеряемой величины, и цифровые, показания которых дискретные, а информация подается в цифровой форме. Кроме того, приборы бывают показывающие, самопишущие, сигнальные, регулирующие со счетчиками, с нормируемыми преобразователями и другими дополнительными функциональными средствами.

### **Контрольные вопросы по теме 2:**

1. Раскройте понятие системы физических единиц.
2. Назовите основные характеристики качества проведенных измерений.
3. Как классифицируют измерения?
4. Назовите способы измерений.
5. Назовите основные виды средств измерения.
6. Назовите погрешности результатов и средств измерений.
7. Как распределяются ошибки измерений?
8. Назовите принципы оценивания погрешностей.
9. Как классифицируют составляющие погрешностей измерений?
10. Назовите погрешности прямых и косвенных измерений.
11. Что такое систематическая составляющая погрешности? Назовите методы ее учета и устранения.
12. Что такое случайная составляющая погрешности? Назовите методы ее учета и устранения.

### **2.2 Задания для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работе по теме 2**

1. Параметры технологического процесса (состояния рабочего вещества) и их измерения.
2. Виды измерений и классы точности приборов.
3. Единицы измерения основных физических величин.
4. Система СИ. Причины использования внесистемных единиц измерения.
5. Средства измерения. Классификация средств измерения.
6. Измерительные приборы. Классификация измерительных приборов.

7. Погрешности результатов измерений и их оценка. Влияние погрешностей на качество контроля параметров технологических процессов.

8. Погрешности, виды погрешностей. Систематические погрешности и их учет.

9. Погрешности, виды погрешностей. Прямые и косвенные измерения.

10. Погрешности, виды погрешностей. Абсолютные и относительные погрешности измерений.

11. Особенности использования измерительных приборов на производстве.

### ТЕМА 3. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ И СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ПЕРЕДАЧИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

При изучении темы 3 необходимо проработать лекционный материал, изучить и законспектировать основные понятия и определения, приведенные ниже, ответить на контрольные вопросы к теме. Далее следует приступить к выполнению индивидуального задания для самостоятельной работы согласно полученному варианту с использованием рекомендованной и дополнительной литературы. При выполнении задания по варианту 4 необходимо составить соответствующую таблицу. При выполнении заданий по вариантам 1, 2, 6, 8, 11 необходимо привести соответствующие схемы. При выполнении варианта 10 необходимо привести конкретные примеры.

#### **3.1 Основные понятия и определения**

Управление технологическим процессом возможно на основании полученной информации о его состоянии и течении. Разнообразии технологических процессов различных отраслей пищевых производства обусловило необходимость получения информации о большом количестве технологических параметров.

Создан кадастр величин, подлежащих измерению. Кадастр содержит более 2000 измеряемых величин, которые охватывают различные отрасли производства, в частности, пищевые производства.

*Кадастр* – систематизированный свод сведений, который составляется периодически или путем непрерывных наблюдений над соответствующими объектами. Он объединяет физические величины, которые определяют состояние технологических объектов управления. К ним относятся величины пространства и времени, механические, электрические и магнитные, акустические, световые, а также относительные.

К *измерительным приборам* относятся устройства, предназначенные для выработки измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия оператором. Измерительные преобразователи (ИП) – это устройства, предназначенные для выработки измерительной информации в форме, удобной для передачи, преобразования, обработки и хранения сигнала. При этом информация не подлежит непосредственному восприятию наблюдателем.

*Сигналом* называется физический процесс, свойства которого определяются взаимодействием между материальным объектом и

средством измерения. По своей природе сигналы могут быть: электрическими, пневматическими, механическими и тому подобное.

**Сигналом измерительной информации** называется сигнал, представляющий измерительную информацию на выходе средства измерений, то есть на выходе первичного преобразователя. В процессе измерения, передачи и воспроизведения приходится иметь дело не с измеряемой величественной, а с сигналом измерительной информации.

Различают измерительные приборы (ИП) с *естественными* и *унифицированными* выходными сигналами. Измерительные преобразователи с естественными выходными сигналами – устройства, в которых осуществляется первичное (обычно однократное) преобразование измеряемой физической величины.

К ИП с *естественным* представлением информации относится большая группа устройств – термоэлектрические преобразователи, термометры сопротивления, тензорезисторы, дифференциально-трансформаторные датчики. Такие ИП применяются в локальных устройствах контроля и автоматизации или при централизованном контроле сравнительно простых объектов.

Измерительные преобразователи с *унифицированным* выходным сигналом имеют на выходе сигналы, предусмотренные соответствующими стандартами; в большинстве случаев применяются унифицированные сигналы. Для преобразования природных сигналов в унифицированные в предусмотренные нормирующие преобразователи.

**Структуры ИП** несмотря на разнообразие измеряемых величин в АСУ ТП могут быть сведены к четырем видам. Структура одноразового прямого преобразования реализуется в ИП с природными выходными сигналами, например в термоэлектрических преобразователях, датчиках давления и перепада давления. Если первичное преобразование измеряемой величины не дает удобного для использования сигнала, применяют структуры с несколькими последовательными ИП.

Дифференциальная структура в ИП применяется в случаях, когда измерение параметра основывается на сопоставлении результатов преобразования измерительной информации, полученной в реальных и в некоторых эталонных условиях. Преимущество этой структуры по сравнению с предыдущими заключается в значительном уменьшении погрешности, обусловленной изменением параметров источника питания и окружающей среды.

Наиболее совершенной является структура с отрицательной обратной связью, получившей название компенсационной схемы.

Преимущества схемы – компенсация изменений параметров измерительного тракта вследствие того, что выходной сигнал непрерывно сравнивается с измеряемой величиной. Отрицательная обратная связь существенно снижает влияние погрешности звеньев прямого канала на результат преобразования.

В качестве основных контрольно-измерительных средств используются датчики, которые непосредственно воспринимают изменения контролируемого параметра и превращают эти изменения в механические или электрические сигналы.

Комплекс технических средств в составе первичного преобразователя, линии связи и средства воспроизведения измеряемой величины является *системой дистанционной передачи сигналов измерительной информации*. Измерительная величина преобразуется в сигнал определенной физической природы, который передается по линии связи к вторичному прибору, где снова сигнал преобразуется в измеряемую величину, приобретает форму, приемлемую для наблюдателя.

Первичным измерительным преобразователем является преобразователь, который первым взаимодействует с объектом измерения и выдает сигнал измерительной информации.



Рисунок 3.1 – Схема дистанционной передачи сигналов измерительной информации

К системам дистанционных передач сигналов измерительной информации выдвигаются следующие требования: точность передачи; достоверность и надежность передачи; защищенность; дистанционированность передачи; минимальная инерционность; стабильность сигналов, независимость от источника питания; экономичность системы дистанционной передачи.

Удовлетворить все приведенные требования в полном объеме с помощью одной дистанционной системы передачи достаточно сложно, однако в большинстве системы отвечают этим требованиям.

Типы преобразователей дистанционных передач выбираются в зависимости от объекта и вида измеряемой физической величины, которая превращается в сигнал, передаваемый по линии связи (ток, напряжение, частота, давление).

### **Контрольные вопросы к теме 3:**

1. Приведите схему дистанционной передачи сигналов измерительной информации.
2. Что называют системой дистанционной передачи сигналов измерительной информации?
3. Что относят к измерительным приборам?
4. Что представляет собой сигнал измерительной информации?
5. Как различают измерительные приборы по видам выходных сигналов измерительной информации?
6. Охарактеризуйте структуру измерительных приборов.
7. Приведите требования к системам дистанционных передач сигналов измерительной информации.

### **3.2 Задания для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работе по теме 3**

1. Унифицированный электросиловой преобразователь.
2. Структура измерительных устройств при централизованном контроле.
3. Целесообразность и необходимость передачи измерительной информации на расстояние.
4. Преобразования сигналов в измерительных устройствах.
5. Первичные измерительные устройства, их назначение. Графическое изображение на функциональных схемах автоматизации.
6. Конечные измерительные устройства, их назначение.
7. Линии связи (передаточные устройства). Их классификация по виду энергии, которая используется. Графических изображений на функциональных схемах автоматизации.
8. Унифицированный пневматический преобразователь.
9. Сравнительный анализ электрических и пневматических передающих систем.
10. Важность измерений и использования измерительной информации в условиях автоматизированного производства.
11. Схемы дистанционной передачи сигналов измерительной информации.

## ТЕМА 4. КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

При изучении темы 4 необходимо проработать лекционный материал, изучить и законспектировать основные понятия и определения, приведенные ниже, и ответить на контрольные вопросы к теме. Далее следует приступить к выполнению индивидуального задания для самостоятельной работы согласно полученному варианту с использованием рекомендованной и дополнительной литературы. При выполнении задания по вариантам 7, 11 необходимо составить соответствующие таблицы. При выполнении задания по вариантам 1–5 необходимо привести соответствующие схемы. При выполнении варианта 11 необходимо привести конкретные примеры по пищевым производствам.

### 4.2 Основные понятия и определения

**Температура** – это один из важнейших технологических параметров, от точности измерения которого зависит эффективность технологических процессов пищевых производств.

Слово «температура» происходит от латинского *temperatura* – нормальное состояние. Это физическая величина, характеризующая состояние термодинамического равновесия системы. Температура всех частей изолированной системы, которая находится в равновесии, одинакова. Если система не находится в равновесии, то между ее частями, которые имеют различную температуру, происходит теплообмен.

Измеряют температуру термометрами на основе зависимости определенных свойств тела (объема, электрического сопротивления и т.п.) от температуры.

Ее измеряют жидкостными или газовыми термометрами, которые предварительно соответственно градуируют. Высокая температура измеряется оптическими термометрами (по спектру излучения) или электрическими термометрами (полупроводниковые термисторы, термопары).

В международной практической шкале температур за начало отсчета принята температура таянья льда при нормальном атмосферном давлении, за 100 градусов – температура кипения воды при нормальном атмосферном давлении. Обозначается  $t, ^\circ\text{C}$  (Цельсия).

В Международной системе единиц СИ, которая используется во всем мире, температуру обозначают символом  $T$  и выражают в градусах Кельвина (обозначение – К).

Температурные шкалы Кельвина и Цельсия связаны формулой:

$$T = 273,15 + t \text{ K} \quad (4.1)$$

Абсолютный ноль по международной шкале равен  $-273,15^{\circ}\text{C}$ .

Измерение температуры может осуществляться различными способами. Каждый метод имеет свои особенности, которые определяются как принципом, так и средствами измерения и схемами их подключения.

Вследствие изменения при нагревании внутренней энергии вещества практически все ее физические свойства зависят от температуры, но для ее измерения выбираются те показатели, которые однозначно изменяются с изменением температуры, не подлежат влиянию других факторов, а также сравнительно легко измеряются. Этим требованиям в наибольшей степени отвечают такие свойства веществ, как объемное расширение, изменение давления в замкнутом объеме, изменение электрического сопротивления, возникновение термоэлектродвижущей силы, интенсивность излучения, положенные в основу конструкций приборов для измерения температуры.

Приборы для измерения температуры делятся в зависимости от физических свойств веществ, связанных с изменением температуры на такие группы:

1. *Термометры расширения*, принцип действия которых основан на свойстве тел изменять под действием температуры свой объем.

2. *Манометрические термометры*, которые действуют по принципу изменения давления жидкости, газа или пара в замкнутом объеме при нагревании или охлаждении рабочего вещества.

3. *Термометры сопротивления* – их принцип действия основан на свойстве металлических проводников изменять электрическое сопротивление при изменении их температуры.

4. *Термоэлектрические термометры*, принцип действия которых основан на способности замкнутой цепи из разнородных металлов или сплавов образовывать термоэлектродвижущую силу, которая зависит от разности температур горячего и холодного спаев.

5. *Пирометры*, которые работают по принципу измерения излучаемой нагретыми телами в видимом или инфракрасном диапазоне энергии, которая зависит от степени их нагретости.

Для автоматического контроля температуры обычно применяются средства измерений общепромышленного назначения. Однако их использование по прямому назначению в пищевой промышленности не всегда допустимо и возможно. В большинстве пищевых производств средства измерений должны быть стерильными,

не допускается использование токсичных веществ, а также возникновения побочных эффектов и явлений, обусловленных контактированием первичных преобразователей с пищевой средой (например, ртуть, стекло и т.д.).

В подавляющем большинстве пищевых технологий рабочие среды является химически активными (диффузные соки, продукты брожения) и агрессивными (моющие щелочные растворы), поэтому средства измерений, контактирующие с такими средами, должны быть коррозионно и эрозионно устойчивыми. В то же время необходимо исключить возможность влияния контактных со средой средств измерений на качество производимой продукции (несвойственные запахи, изменение цвета, ухудшение вкусовых свойств, снижение пищевой ценности продукции).

При измерении давления манометрами необходимо обязательно использовать разделные мембраны, подогреватели трубок, поскольку технологические среды при снижении температуры загустевают и препятствуют передаче давления из среды к манометру.

#### **Контрольные вопросы к теме 4:**

1. Приведите определение понятия температурных шкал.
2. Как классифицируют методы измерения температуры?
3. Приведите классификацию средств измерения температуры.
4. Дайте характеристику термометров сопротивления.
5. Дайте характеристику термометров расширения.
6. Дайте характеристику манометрических термометров.
7. Дайте характеристику термоэлектрических термометров.
8. Назовите особенности применения пирометров в пищевой промышленности.

#### **4.2 Задания для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работе по теме 4**

1. Термометры расширения.
2. Манометрические термометры.
3. Термоэлектрические термометры.
4. Термометры сопротивления, принцип действия и область применения.
5. Термопреобразователи сопротивления на основе металла, их конструкция и принцип действия.
6. Термисторы, их принцип действия и область применения.

7. Бесконтактные средства измерения температуры. Пирометры излучения.
8. Конечные устройства электрических термометров.
9. Важность контроля температуры в пищевой промышленности.
10. Примеры структурных схем приборов для измерения температуры.
11. Измерение температуры. Шкалы температур.
12. Особенности использования устройств для измерения температуры в пищевой промышленности. Примеры графических изображений на функциональных схемах автоматизации приборов для измерения температуры.
13. Классификация термометров по принципу действия.
14. Внедрение общетехнических средств контроля температуры на пищевых производствах.
15. Понятие температуры. Температурные шкалы и переход между ними.
16. Классификация средств измерения температуры.

## ТЕМА 5. ИЗМЕРЕНИЕ И КОНТРОЛЬ ДАВЛЕНИЯ

При изучении темы 5 необходимо проработать лекционный материал, изучить и законспектировать основные понятия и определения, приведенные ниже, ответить на контрольные вопросы к теме. Далее следует приступить к выполнению индивидуального задания для самостоятельной работы согласно полученному варианту с использованием рекомендованной и дополнительной литературы. При выполнении задания по варианту 3 необходимо составить соответствующую таблицу. При выполнении задания по вариантам 4–9, 11 необходимо привести соответствующие схемы. При выполнении варианта 10 необходимо привести конкретные примеры по пищевым производствам.

### 5.1 Основные понятия и определения

**Давление** является показателем соотношения расходов газовой фазы на входе в технологический аппарат и выходе из него. Постоянство давления свидетельствует о соблюдении материального баланса по газовой фазе. Обычно давление (или разрежение) в технологической установке стабилизируют в каком-либо одном аппарате, а по всей системе оно устанавливается в соответствии с гидравлическим сопротивлением линии и аппаратов.

В тех случаях, когда давление существенно влияет на кинетику процесса (например, в процессе ректификации), предусматривается система стабилизации давления в отдельных аппаратах.

В качестве основной единицы измерения давления в Международной системе СИ принят Паскаль. Кроме этого, в промышленности для измерения давления используют такие единицы:

– техническая атмосфера – равна давлению, которое испытывает  $1 \text{ см}^2$  плоской поверхности под действием равномерно распределенной перпендикулярной к поверхности нагрузки силы в 9,8 Н (1 килограмм-силы);

- метр водяного столба (м вод. ст.);
- миллиметр водяного столба (мм вод. ст.);
- миллиметр ртутного столба (мм рт. ст.).

При измерении давления различают:

- абсолютное давление  $P_{абс}$ ;
- избыточное давление  $P_{изб}$ ;
- разрежение  $P_{вак}$ .

Под абсолютным давлением понимают полное давление, под которым находится жидкость, пар или газ.

*Избыточное давление*, измеряемое манометром, равно разности между абсолютным давлением, большим, чем атмосферное, и атмосферным давлением  $P_{атм}$ , показываемым барометром:

$$P_{изб} = P_{абс} - P_{атм} \quad (5.1)$$

Разряжение (вакуум) равно разности между атмосферным давлением и абсолютным давлением, меньшим, чем атмосферное:

$$P_{вак} = P_{атм} - P_{абс}. \quad (5.2)$$

Абсолютное и избыточное давления обычно выражают в килограммах силы на квадратный сантиметр ( $\text{кгс}/\text{см}^2$ ) или килопаскалях (кПа), а вакуумное – в мм рт. ст. или мм вод. Ст, а также кПа.

*Атмосферное давление*, равное давлению на горизонтальную плоскость столба ртути высотой в 760 мм. при плотности ртути, равной  $13\,546\ \text{кг}/\text{м}^3$ , называют физической атмосферой, в отличие от единицы  $\text{кгс}/\text{см}^2$  – технической атмосферы. Взаимосвязь между технической и физической атмосферами следующая:

$$1\ \text{кгс}/\text{см}^2 = 0,9678\ \text{атм}$$

и наоборот

$$1\ \text{атм.} = 103,32\ \text{кПа} = 10,332\ \text{м.вод.ст. (при } 40^\circ\text{C)}.$$

Приборами для контроля давления служат манометры, для контроля давления и разряжения – мановакуумметры, для измерения разряжения – вакуумметр, а для измерения разности (перепада) давлений – дифференциальные манометры.

Приборы для измерения и контроля давления можно классифицировать по различным признакам: по принципу действия, назначению, конструктивным особенностям и классу точности.

**По принципу действия** приборы для измерения давления подразделяются на:

– жидкостные, в которых измеряется давление (или разрежение) путем уравнивания давлением столба жидкости соответствующей высоты;

– пружинные, в которых для определения давления измеряется деформация разного рода упругих элементов – трубчатой пружины, мембраны, гофрированной оболочки (сильфона) и т.д., возникающая под действием измеряемого давления;

– поршневые, в которых давление определяется нагрузкой на поршень, который перемещается в цилиндре, заполненном маслом;

– радиоактивные, в которых измеряется давление (разрежение) методом определения изменений ионизации, производимой излучениями;

– пьезоэлектрические, в которых используется пьезоэлектрический эффект, который заключается в том, что в

некоторых кристаллах (турмалин, кварц, сегнетова соль, пьезокерамика и т.д.) под влиянием силы, действующей в определенном направлении, зависящем от строения кристалла, появляются равные по величине и противоположные по знаку заряды, пропорциональные действующей силе, и исчезающие при снятии нагрузки;

– проволочные тензодатчики, в которых используется эффект изменения сопротивления проволоки под влиянием механических напряжений и деформаций. Материалом для изготовления проволочных тензодатчиков может служить проволока никрома, манганин или константана.

**По конструктивным признакам** приборы подразделяют на:

– жидкостные:

а) трубчатые манометры (стеклянные двухтрубчатые манометры, чашечные однострубчатые манометры);

б) колокольные;

в) кольцевые;

г) поплавковые.

– пружинные:

а) с одновитковой трубчатой пружиной;

б) с многовитковой трубчатой (геликоидальной) пружиной;

в) мембранные с плоской гофрированной мембраной;

г) мембранные с гофрированной оболочкой (сильфонные).

– поршневые.

**Датчики давления.** Принцип действия датчиков давления основан на использовании деформационных свойств. Датчик состоит из двух преобразователей:

– чувствительного элемента (механического преобразователя), который превращает измеряемую величину ( $P$ ) в линейное перемещение штока чувствительного элемента ( $l$ );

– индукционной катушки (электрического преобразователя), превращающих линейное перемещение штока чувствительного элемента ( $l$ ) в напряжение переменного тока ( $U$ ).

**Чувствительные элементы.** В датчиках давления используются различные чувствительные элементы. Наиболее простым ЧЭ является гофрированная мембрана. Такая мембрана штампуются из стали, латуни, бронзы в виде диска с кольцевыми гофрами для повышения упругости и закрепляется в корпусе прибора. Корпус и мембрана образуют полость, контактирующую с измеряемой средой. Под воздействием избыточного давления мембрана деформируется. К мембране крепится шток, который соединен с

сердечником катушки. Более сложным ЧЭ является гофрированная мембранная коробка. Она состоит из двух гофрированных мембран, сваренных по периметру, которые образуют полость. Мембранная коробка имеет большую чувствительность, чем одинарная мембрана.

При измерении давления манометрами необходимо обязательно использовать раздельные мембраны и подогреватели трубок, поскольку технологические среды при снижении температуры загустевают и препятствуют передаче давления из среды к манометру.

### **Контрольные вопросы к теме 5:**

1. Раскройте физическую сущность давления, назовите виды давления.
2. Охарактеризуйте давление как параметр технологического процесса.
3. Охарактеризуйте приборы для измерения давления по принципу действия.
4. Охарактеризуйте приборы для измерения давления по конструктивным признакам.
5. Обоснуйте особенности использования приборов для измерения давления для различных типов технологических процессов пищевой промышленности.
6. Обоснуйте особенности монтажа приборов для измерения давления.
7. Опишите принцип действия датчиков давления.
8. Опишите чувствительные элементы датчиков давления.

### **5.2 Задания для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работе по теме 5.**

1. Важность контроля и измерения давления в пищевой промышленности. Принципиальные схемы устройств для измерения давления.
2. Понятие о давлении, виды давления. Единицы измерения давления. Классификация средств измерения
3. Монтаж приборов давления, требования к их размещению и эксплуатации.
4. Устройства для измерения давления, их классификация по функциональному назначению.
5. Жидкостные манометры, их конструкция, принцип действия и область применения.

6. Колокольные манометры, их конструкция, принцип действия и область применения.

7. Деформационные трубчато-пружинные манометры, их конструкция, принцип действия и область применения.

8. Пьезоэлектрические манометры, их конструкция, принцип действия и область применения.

9. Манометры сопротивления, их конструкция, принцип действия и область применения.

10. Измерения атмосферного давления и устройства для измерения. Функциональное обозначение приборов для контроля давления.

11. Особенности использования приборов для измерения давления в условиях пищевого производства.

12. Приборы с трубчатой пружиной, мембранные, сильфонные.

## ТЕМА 6. ИЗМЕРЕНИЕ И КОНТРОЛЬ КОЛИЧЕСТВА ВЕЩЕСТВ.

При изучении темы 5 необходимо проработать лекционный материал, изучить и законспектировать основные понятия и определения, приведенные ниже, ответить на контрольные вопросы по теме. Далее следует приступить к выполнению индивидуального задания для самостоятельной работы согласно полученному варианту с использованием рекомендованной и дополнительной литературы. При выполнении задания по варианту 3 необходимо составить соответствующую таблицу. При выполнении задания по вариантам 3–10 необходимо привести соответствующие схемы приборов. При выполнении варианта 11 необходимо привести конкретные примеры по пищевым производствам.

### 6.1 Основные понятия и определения

Измерение расхода и массы веществ (жидкости, газов, сыпучих и др.) широко применяется при контроле, регулировании и управлении технологическими процессами пищевых производств.

В пищевой промышленности оптимальное управление многими технологическими процессами основывается на смешении различных компонентов и ингредиентов, входящих в состав конечного продукта, в строго определенных соотношениях, изменение которых может привести к нарушению хода процессов и получения некачественного готового продукта.

**Расход вещества** – это масса или объем вещества, проходящие через сечение канала средства измерения расхода в единицу времени. В зависимости от того, в каких единицах измеряется данная величина, различают объемный или массовый расходы. Объемный расход измеряется в м<sup>3</sup>/с (м<sup>3</sup>/час или любую другую единицу времени), массовый – в кг/с (кг/час, т/час и т.д.).

Расход вещества измеряется с помощью **расходомеров** – средств измерений и учета расхода. Обычно расходомеры предназначены не только для измерения расхода, но и для измерения массы или объема вещества, проходящего через средство измерения в течение определенного интервала времени. В этом случае они называются расходомерами со счетчиками или просто счетчиками.

Масса или объем вещества, прошедшего через счетчик, определяется по разнице двух последовательных во времени показаний счетного устройства или интегратора.

Расходомеры, наиболее распространенные в пищевой промышленности, по принципу действия делятся на следующие **основные группы**:

- переменного перепада давления;
- постоянного перепада давления;
- электромагнитные;
- переменного уровня;
- тепловые;
- акустические.

Кроме того, известны расходомеры, основанные на других принципах действия: резонансные, оптические, ионизационные и др.

В пищевой промышленности распространены измерительные устройства, предназначенные для учета единиц готовой продукции, выпускаемой в виде отдельных изделий (булок, батонов), упаковок (бутылок, коробок, ящиков) и др. Кроме того, очень широко используются различные автоматические весы и весовые дозаторы.

Потребности пищевой промышленности в приборах для измерения расхода, массы и объема различных пищевых продуктов удовлетворяются в основном общепромышленными приборами и устройствами. Существует также большая номенклатура приборов и устройств, предназначенных для измерения расхода пищевых продуктов, в конструкциях которых учитываются специфические свойства последних. В частности, широкое применение находят автоматические взвешивающие и дозирующие устройства для сахара-песка, круп, какао-порошка, кофе и других сыпучих материалов.

По принципу действия специальные приборы аналогичны общепромышленным, но их конструкция учитывает некоторые специфические требования: возможность быстрой чистки и мытья (желательно безразборного), отсутствие застойных зон и др. Кроме того, при изготовлении таких приборов должны использоваться материалы, которые не поддаются коррозионному или химическому воздействию со стороны продукта.

Приборы для измерения расхода, массы или объема пищевых продуктов должны иметь высокую точность и надежность измерения, так как большинство измерений является учетно-отчетными.

В последнее время широкое распространение получают методы и приборы, в которых отсутствуют движущиеся элементы или дросселирующие устройства. Так, с помощью индукционных расходомеров можно измерять расходы быстро кристаллизирующихся и загрязненных жидкостей, растворов и пульп, а также патоки, жидких дрожжей, засахаренной массы и др.

Для измерения расхода вязких продуктов типа опары, теста, фруктово-ягодных начинок и т.п. очень перспективным является применение тепловых и акустических расходомеров.

При использовании общепромышленных расходомеров и ротаметров следует предусматривать необходимость частой их разборки для очистки чувствительных элементов и поплавков от твердых веществ, которые на них оседают.

Нормальная эксплуатация всех типов приборов возможна только при условии соблюдения правил их эксплуатации, основными из которых являются: отсутствие значительных пульсаций давления в трубопроводах, вибраций и ударов; поддержание температуры и давления в заданных пределах; медленное включение потоков при включении приборов во избежание динамических ударов потока.

### **Контрольные вопросы к теме 6:**

1. Что называют расходом веществ?
2. Приведите условия эксплуатации приборов для измерения расхода.
3. Обоснуйте необходимость автоматизации.
4. Обоснуйте необходимость контроля расходов веществ. В каких технологических процессах его необходимо обеспечивать?
5. Классификация приборов контроля расходов веществ.
6. Массовые и объемные расходы веществ.
7. Назовите преимущества акустических расходомеров.
8. Особенности измерения расхода вязких продуктов.
9. Приведите классификацию расходомеров.
10. Приведите конструктивные особенности счетчиков жидкостей и газов.

### **6.2 Задания для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работе по теме 6**

1. Важность контроля расходов веществ в пищевой промышленности. Графическое изображение схем приборов для измерения расхода веществ.
2. Количество веществ, его расход. Единицы измерения количества и расходов веществ.
3. Объемные счетчики, их классификация.
4. Счетчик для измерения расхода жидкости, его конструкция, принцип действия и область применения.

5. Ротационный счетчик для газов, его конструкция, принцип действия и область применения.

6. Скоростные счетчики, их конструкция, принцип действия и область применения.

7. Щелевые счетчики расхода жидкости, их конструкция, принцип действия и область применения.

8. Ультразвуковые счетчики расхода, их конструкция, принцип действия и область применения.

9. Автоматические весы для сыпучих веществ, их конструкция, принцип действия и область применения.

10. Счетчики для штучных изделий, их конструкция, принцип действия и область применения.

11. Условия эксплуатации приборов контроля и регулирования количества веществ.

## ТЕМА 7. ИЗМЕРЕНИЕ И КОНТРОЛЬ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ И СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

При изучении темы 7 необходимо проработать лекционный материал, изучить и законспектировать основные понятия и определения, приведенные ниже, ответить на контрольные вопросы к теме. Далее следует приступить к выполнению индивидуального задания для самостоятельной работы согласно полученному варианту с использованием рекомендованной и дополнительной литературы. При выполнении задания по варианту 3 необходимо составить соответствующую таблицу. При выполнении задания по вариантам 1, 2–10 необходимо привести соответствующие схемы приборов. При выполнении вариантов 2, 11 необходимо привести конкретные примеры по пищевым производствам.

### 7.1 Основные понятия и определения

**Уровень** является косвенным показателем гидродинамического равновесия в аппарате. Постоянство уровня свидетельствует о соблюдении материального баланса, когда приток жидкости равен стоку, и скорость изменения уровня близка к нулю. Следует отметить, что «прилив» и «сток» здесь являются обобщенными понятиями. В простейшем случае, когда в аппаратах (промежуточные емкости, жидкости жидкостно-фазных реакторов) не происходят фазовые превращения, приток равен расходу жидкости, подаваемой в аппарат, а сток – расходу жидкости, отводимой из аппарата. В более сложных процессах, сопровождающихся изменением фазового состояния веществ, уровень является характеристикой не только гидравлических, но и тепловых и массообменных процессов, а приток и сток учитывают фазовые превращения веществ. Такие процессы протекают в испарителях, конденсаторах, выпарных установках, ректификационных колоннах и т.п.

При отсутствии фазовых превращений в аппарате уровень в нем регулируют одним из *трех способов*:

- изменением расхода жидкости на входе в аппарат;
- изменением расхода жидкости на выходе из аппарата;
- регулирования соотношения расходов жидкости на входе в аппарат и выходе из него с коррекцией по уровню.

В пищевой промышленности измерения уровня жидкостей и сыпучих материалов в технологических аппаратах, различных емкостях и резервуарах имеет очень важное значение. Большое разнообразие измеряемых сред, их химических, физических,

электромагнитных свойств делает невозможным создание любых универсальных способов измерения их уровня.

Выбор **метода измерения** зависит от свойств вещества, используемого при измерении:

- плотности;
- удельного веса;
- электропроводности;
- диэлектрических;
- акустических;
- теплофизических;
- оптических.

Затруднения возникают при измерении уровня агрессивных, радиоактивных и взрывоопасных сред. Наличие в контролируемых средах газовыделений и налипания твердой фазы создает дополнительные трудности.

Приборы, применяемые для измерения уровня жидких сред, называются **уровнемерами**.

Уровень измеряется в линейных (м) или относительных (%) единицах. Существует несколько методов измерения уровня жидких сред, каждый из которых находит определенную область применения.

Отсутствие каких-либо универсальных способов измерения уровня объясняется большим разнообразием измеряемых сред, которые отличаются физическими, химическими, электромагнитными свойствами, особенностями эксплуатации, требованием к точности измерения, надежности и долговечности. Уровеньмеры могут быть как с непосредственным наблюдением в местах их установки, так и дистанционной передачей показаний.

Уровеньмеры можно классифицировать **по принципу действия** на:

- механические;
- электромеханические;
- волновые.

Для **дистанционного контроля** уровня применяют различные уровеньмеры в сочетании с электрическими измерительными преобразователями:

- поплавоквые;
- гидростатические;
- пьезоэлектрические;
- радиоизотопные;
- фотоэлектрические;
- ультразвуковые;

- объемные;
- индукционные.

Благодаря простоте и надежности поплавковые и пьезометрические уровнемеры нашли широкое применение в местном контроле и сигнализации уровней жидких сред. Электронные емкостные и радиоизотопные уровнемеры используются при контроле агрессивных и взрывоопасных сред, сигнализации аварийных значений уровней и отключении технологического оборудования.

При использовании радиоактивных, высокочастотных, ультразвуковых приборов должно учитываться вредное влияние их излучения на качество пищевых продуктов и на обслуживающий персонал.

Внедряя системы автоматического контроля, необходимо учитывать повышенную взрывоопасность некоторых технологических производств: спиртовых заводов, сушилок сахара и жома, молока и других продуктов.

### **Контрольные вопросы к теме 7:**

1. Назовите методы измерения уровня жидкостей и сыпучих материалов.
2. Приведите классификацию уровнемеров.
3. Опишите конструкцию поплавковых и буйковых уровнемеров.
4. Опишите конструкцию гидростатических и пьезометрических уровнемеров.
5. Охарактеризуйте емкостные уровнемеры.
6. Охарактеризуйте акустические и ультразвуковые уровнемеры.
7. Приведите конструкцию радиоизотопных уровнемеров.
8. Приведите конструкцию кондуктометрических сигнализаторов уровня.
9. Назовите особенности использования уровнемеров в пищевых производствах.
10. Назовите методы определения уровня сыпучих материалов.

### **7.2 Задания для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работы по теме 7**

1. Поплавковые измерители уровня, их конструкция, принцип действия и область применения.
2. Особенности использования приборов для измерения уровня в условиях пищевого производства.

3. Контактно-механические измерители уровня, их конструкция, принцип действия и область применения.
4. Гидростатические измерители уровня, их конструкция, принцип действия и область применения.
5. Электрические измерители уровня, их конструкция, принцип действия и область применения.
6. Акустические измерители уровня, их конструкция, принцип действия и область применения.
7. Классификация устройств для измерения уровня.
8. Пьезометрические измерители уровня, их конструкция, принцип действия и область применения.
9. Кондуктометрические измерители уровня, их конструкция, принцип действия и область применения.
10. Емкостные измерители уровня, их конструкция, принцип действия и область применения.
11. Условия монтажа и эксплуатации средств для контроля уровня.

## ТЕМА 8. ИЗМЕРЕНИЕ И КОНТРОЛЬ ВЛАЖНОСТИ

При изучении темы 8 необходимо проработать лекционный материал, изучить и законспектировать основные понятия и определения, приведенные ниже, ответить на контрольные вопросы к теме. Далее следует приступить к выполнению индивидуального задания для самостоятельной работы согласно полученному варианту с использованием рекомендованной и дополнительной литературы. При выполнении задания по варианту 3 необходимо составить соответствующую таблицу. При выполнении задания по вариантам 1, 3, 8, 9 необходимо привести соответствующие схемы приборов. При выполнении вариантов 4, 7 необходимо привести конкретные примеры по пищевым производствам.

### 8.1 Основные понятия и определения

**Влажность** зависит от природы вещества, а в твердых телах, кроме того, от степени измельчения или пористости. Содержание химически связанной, так называемой конституционной воды, которая выделяется только при химическом разложении, а также воды кристаллогидратной, не входит в понятие влажности.

Влажность обычно характеризуется количеством воды в веществе, выраженной в процентах (%) от начальной массы влажного вещества (массовая влажность) или ее объема (объемная влажность).

Влажность можно характеризовать также *влажностью*, или *абсолютной влажностью* – количеством воды, отнесенным к единице массы сухой части материала. Эту величину не всегда можно точно измерить, так как в ряде случаев невозможно удалить всю неконституционную воду и взвесить предмет до и после этой операции.

**Относительная влажность** характеризует содержание влаги по сравнению с максимально возможным количеством влаги, которая может содержаться в веществе в состоянии термодинамического равновесия. Обычно относительную влажность измеряют в процентах от максимума.

**Влияние влажности воздуха на свойства материалов.** Подавляющее большинство неорганических и органических материалов, веществ и компонентов обладают в той или иной степени гигроскопичностью, то есть имеют свойство поглощать (сорбировать) водяные пары из воздуха.

Для всех пористых материалов существует определенная зависимость между количеством поглощенной ими влаги (так

называемой гигроскопической влажностью) и относительной влажностью окружающего воздуха. Максимальная гигроскопическая влажность материалов соответствует максимальной (то есть 100%-ной) влажности воздуха.

Нежелательное повышение гигроскопической влажности материалов может привести к:

- увеличению веса и (или) объема (изменения плотности);
- изменению электрической проводимости;
- изменению теплопередачи и теплоотдачи;
- протеканию химических реакций;
- изменению качества продукта;
- изменению эффективности процесса;
- изменению вязкости жидкостей;
- изменению упругости и пластичности;
- изменению условий роста бактерий и микроорганизмов.

Влияние чрезмерно влажного воздуха опасно не только для гигроскопичных материалов. Материалы с малой гигроскопичностью также испытывают воздействие водяного пара влажного воздуха. Избыточная влага является наиболее важным фактором окружающей среды при хранении продукции и сырья.

Измерение и контроль влажности воздуха и других газов может оказаться существенным для контроля различных физико-химических и биологических процессов. Основной объем измерений влажности в пищевой промышленности составляет измерение влажности воздуха.

**Методы и средства измерения влажности,** то есть определения количества молекул воды в веществе, делится на три группы в зависимости от фазового состояния исследуемого вещества или среды:

– *измерения влажности газов* – определение физических величин, характеризующих содержание водяного пара в воздухе или других газах;

– *измерения влажности жидкостей* – периодическое или непрерывное определение содержания воды в жидкостях в случаях, когда вода не является основным компонентом, а только добавкой (например в нефти, маслах, спирте, органических растворителях и др.);

– *измерения влажности твердых веществ* осуществляется для определения количества гигроскопической или свободной (кристаллизационной или абсорбированной) воды в веществе. Метод и средства измерений существенно зависят от вида и состояния исследуемого материала: монолитный, кусковой, листовой, сыпучий, липкий и т.д.

При производстве и хранении многих пищевых продуктов нужна поддержка определенной влажности воздуха. Необходимость регулирования влажности воздуха обусловлена:

- необходимостью сушки продуктов;
- комкованием или слипанием гигроскопичных порошкообразных продуктов;
- санитарно-гигиеническими требованиями в связи с риском роста плесени и бактерий как на самом продукте, так и в производственном цехе;
- риском образования конденсата на продукте, а также на различных поверхностях производственного помещения.

Влажность измеряют специальными приборами – *влажномерами*, которые в зависимости от метода, положенного в основу их работы, делятся на психрометры, гигрометры, весовые влагомеры, кондуктометрические влагомеры, диэлькометрические влагомеры, влагомеры ядерно-магнитного резонанса и др.

### **Контрольные вопросы к теме 8:**

1. Назовите особенности измерения влажности в технологических процессах пищевых производств.
2. Назовите методы оценки влажности газов.
3. Назовите методы оценки влажности твердых веществ.
4. Опишите сорбционно-кондуктометрический метод измерения влажности.
5. Охарактеризуйте психрометрический метод измерения влажности.
6. Охарактеризуйте основные сложности при измерении и регулировании влажности на пищевых производствах.
7. Охарактеризуйте метод точки росы.
8. В чем заключается оценка влажности жидкости?

### **8.2 Задания для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работе по теме 8**

1. Гигрометр на основе изменения импеданса. Конструкция, принцип действия, область применения.
2. Абсолютная и относительная влажность. Устройства для измерения влажности воздуха.
3. Конструкция, принцип действия и сфера использования психрометров.

4. Физическое понятие влажности. Графическое изображение схем устройств для измерения влажности.
5. Методы измерения влажности воздуха и газов, устройства для контроля параметра.
6. Методы измерения влажности жидкости, устройства для контроля параметра.
7. Измерение влажности твердых веществ.
8. Кондуктометрический метод измерения влажности, сфера его применения.
9. Емкостной метод измерения влажности. Емкостной гигрометр на основе полимерного диэлектрика.
10. Влияние влажности на состояние веществ и протекания технологических процессов пищевой промышленности.
11. Влажность газов, твердых тел, жидкости. Контроль и регулирование параметра в технологических процессах пищевых производств.

## ТЕМА 9. ИЗМЕРЕНИЕ И КОНТРОЛЬ ПЛОТНОСТИ

При изучении темы 9 необходимо проработать лекционный материал, изучить и законспектировать основные понятия и определения, приведенные ниже, ответить на контрольные вопросы к теме. Далее следует приступить к выполнению индивидуального задания для самостоятельной работы согласно полученному варианту с использованием рекомендованной и дополнительной литературы. При выполнении задачи по варианту 9 необходимо составить соответствующую таблицу. При выполнении задания по вариантам 4–8 необходимо привести соответствующие схемы приборов. При выполнении вариант в 11 необходимо привести конкретные примеры пищевых производств.

### 9.1 Основные понятия и определения

**Плотность жидкости** является одной из основных физических величин (параметров), характеризующих ее свойства, а в ряде случаев и состав. Измерение плотности играет существенную роль при контроле за ходом технологических процессов и их автоматизации практически во всех отраслях пищевой промышленности, особенно в сахарной, кондитерской, спиртовой, пиво-безалкогольной и др. Значительной является роль измерения плотности при организации системы учета продуктов по массе при их приеме, хранении и отпуске, когда масса вещества не может быть измерена непосредственным взвешиванием и определяется по результатам измерения объема и плотности.

Плотностью называется масса вещества, содержащегося в единице объема, то есть:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (9.1),$$

где  $\rho$  – плотность однородного вещества или средняя плотность неоднородного вещества, кг/м<sup>3</sup>;  $m$  – масса вещества, кг;  $V$  – объем вещества, м<sup>3</sup>.

По принципу действия плотномеры, которые применяются для контроля различных жидкостей во всем диапазоне их изменения, делятся на механические, радиоизотопные и акустические. Известны также приборы, основанные на использовании вихревых, тепловых и гидродинамических явлениях, однако они не получили сколь-нибудь значительного распространения и в пищевой промышленности не применяются. На точность и надежность средств измерений

плотности пищевых продуктов значительно влияет правильный выбор необходимых средств измерения.

Следует исходить из конкретных требований к чувствительности, точности и эксплуатационной надежности. В ряде случаев имеет значение не столько выбор метода измерения, сколько тщательный учет условий и особенностей эксплуатации конкретных приборов и правильная установка этих приборов. Поплавковые плотномеры целесообразно использовать для контроля однородных, чистых капельных жидких сред. При этом должно учитываться влияние на поплавок движения потока, температуры и осадки взвешенных частиц. Условия, исключая влияние движения потока на поплавок и в то же время оседания на него твердых частиц, могут быть созданы при монтаже путем установки специальных отбойных щитков, выпрямителей потока, сливных и переливных устройств, дренажей для удаления осадков, а в некоторых случаях вибрационных устройств. Аналогичные методы монтажа применяются при установке гидростатических мембранных плотномеров, чувствительный элемент которых полностью погружается в измеряемую среду.

При установке гидростатических плотномеров с продувкой воздухом следует учитывать как общие требования, которые заключаются в обеспечении нормального снабжения пьезометрических трубок воздухом, так и специфические, возникающие вследствие возможности кристаллизации на концах импульсных трубок, что создает дополнительное гидравлическое сопротивление, и приводит к значительным погрешностям измерения. При установке весовых плотномеров, которые являются достаточно точными приборами, должна быть предусмотрена возможность их быстрой разборки для периодической промывки и чистки.

Перспективными для пищевой промышленности является использование радиоизотопных и акустических плотномеров, которые обеспечивают бесконтактные и безынерционные измерения, а также достаточную точность. Вибрационные плотномеры также являются перспективными для использования при анализе пищевых сред, в силу того, что чувствительные элементы, к которым подводятся механические колебания, является самоочищающимися и на них не налипают частицы продукта и кристаллы, выпадающие из жидкостей. Однако при этом следует учитывать, что на точность измерений с помощью акустических и вибрационных плотномеров влияет изменение температуры среды, которая анализируется.

### **Контрольные вопросы к теме 9:**

1. Охарактеризуйте понятие плотности как параметра технологического процесса пищевых производств.
2. Обоснуйте необходимость контроля плотности на различных стадиях технологического процесса.
3. Опишите плотномеры и принцип их работы.
4. Приведите классификацию плотномеров.
5. Охарактеризуйте дифференциальный плотномер, принцип его работы.
6. Обоснуйте особенности установки и эксплуатации плотномеров на пищевых производствах.
7. Охарактеризуйте вибрационный плотномер и обоснуйте их использование в автоматизированном производстве.

### **9.2 Задания для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работе по теме 9**

1. Специфика измерения плотности в условиях пищевого производства.
2. Графическое изображение приборов для измерения плотности веществ и продуктов.
3. Физическое понятие плотности. Единицы измерения плотности.
4. Связь плотности вещества с ее составом и физико-механическими свойствами.
5. Поплавковые измерители плотности, их конструкция, принцип действия и область применения.
6. Весовые измерители плотности, их конструкция, принцип действия и область применения.
7. Гидростатические измерители плотности, их конструкция, принцип действия и область применения.
8. Вибрационные измерители плотности, их конструкция, принцип действия и область применения.
9. Акустические измерители плотности, их конструкция, принцип действия и область применения.
10. Классификация и рабочие характеристики измерителей плотности.
11. Номенклатура устройств для измерения и регулирования плотности. Особенности их применения.

## ТЕМА 10. ПРОМЫШЛЕННЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ

При изучении темы 10 необходимо проработать лекционный материал, изучить и законспектировать основные понятия и определения, приведенные ниже, ответить на контрольные вопросы к теме. Далее следует приступить к выполнению индивидуального задания для самостоятельной работы согласно полученному варианту с использованием рекомендованной и дополнительной литературы. При выполнении задания по варианту 5 необходимо составить соответствующую таблицу. При выполнении задания по вариантам 4–11 необходимо привести соответствующие схемы приборов.

### 10.2 Основные понятия и определения

Система любой сложности состоит из *управляемого объекта* (объекта автоматического управления, регулирования) и автоматического управляющего устройства или *регулятора*.

Объект регулирования и автоматический регулятор образуют *систему автоматического регулирования (САР)*.

*Системой автоматического регулирования (САР)* называют такую систему автоматического управления (САУ), задача которой заключается в поддержке исходной величины объекта  $X$  на заданном уровне  $X_{зад}$ . В зависимости от характера задающего действия различают САР трех видов: *системы стабилизации, системы программного управления, следящие системы*.

*Линейными автоматическими системами* называют такие системы, которые можно описать с достаточной точностью линейными уравнениями (алгебраическими, дифференциальными, уравнениями в конечных разностях и т.д.) Линейные системы делятся на стационарные и нестационарные.

*Нелинейные системы* – автоматические системы, динамика которых описывается нелинейными уравнениями. Большинство автоматических систем являются нелинейными. Нелинейности возникают по разным причинам: из-за наличия зон нечувствительности и зоны насыщения в статических характеристиках отдельных элементов, при включении в управляющее устройство системы нелинейных элементов (реле) и т.д. Если нелинейности сильно влияют на динамические свойства системы, то их учитывают и исследуют систему как нелинейную. Однако во многих случаях, особенно в системах с обратными связями при малых отклонениях, нелинейности влияют несущественным образом, и такие системы можно считать линейными.

**Объект управления (регулируемая)** – это совокупность технических средств (машин, аппаратов, устройств), которые выполняют технологический процесс, но при этом нуждаются в специально организованных воздействиях извне для достижения поставленной цели управления.

Система автоматического регулирования состоит из регулируемого объекта и элементов управления, которые влияют на объект при изменении одной или нескольких регулируемых переменных. Под влиянием входных сигналов (управления или возмущения), изменяются регулируемые переменные.

**Цель регулирования** заключается в формировании таких законов, при которых выходные регулируемые переменные мало отличались бы от требуемых значений. Решение данной задачи во многих случаях осложняется наличием случайных возмущений (помех). При этом необходимо выбирать такой закон регулирования, при котором сигналы управления проходили бы через систему с малыми искажениями.

Анализ технологического процесса как объекта автоматического регулирования предполагает оценку его статических и динамических свойств по каждому из каналов от любого возможного управляющего воздействия к любому возможному регулируемому параметру, а также оценку аналогичных характеристик по каналам связи. В ходе такого анализа необходимо выбрать структуру системы регулирования, то есть решить, с использованием какого регулирующего воздействия следует управлять тем или иным параметром состояния. В результате во многих случаях удастся выделить контуры регулирования для каждой из регулируемых величин, то есть получить совокупность одноконтурных систем регулирования.

Осуществляя анализ технологической системы отдельного участка производства как объекта автоматизации, необходимо указать и описать технологические процессы, протекающие в объекте, оборудования для их реализации, привести технологическую схему объекта с указанием режимов работы, значений и допустимых отклонений технологических параметров. Следует уделить внимание параметрическому анализу, то есть определению входных значений (параметров, которые управляются), а также выходных значений – управляющих и побуждающих воздействий, которые характеризуют работу аппаратов, агрегатов и участков производства.

Выбор параметра, который управляется и характеризует работу технологического оборудования, определяется технологическими

требованиями к системе и возможностью их точного и надежного контроля для получения необходимой информации об объекте управления. Отклонение параметров от номинальных значений зависит от характера и значения входных воздействий. Поэтому необходимо учесть все возможные воздействия на объект, выделить основные из этих воздействий, предусмотреть их автоматический контроль и определить управляющие (регулирующие) воздействия. Следует в общем виде дать оценку степени влияния входных значений на выходные параметры. Это выполняется путем параметрического анализа объекта автоматизации. Необходимо учитывать характеристику сырья и вспомогательных материалов, время работы, изменение параметров и характеристик во времени.

Значение управляемой величины, которое согласно заданию должно быть обеспечено в данный момент времени, называют *заданным значением управляемой величины* (управляемого параметра).

Возможные **регулирующие воздействия** – это материальные или тепловые потоки, которые можно изменять автоматически для поддержания регулируемых параметров.

*Выходные переменные.* При построении замкнутых систем регулирования в качестве регулируемых координат выбирают технологические параметры, изменение которых свидетельствует о нарушении материального или теплового баланса. К ним относятся:

- уровень жидкости – показатель баланса по жидкой фазе;
- давление – показатель баланса по газовой фазе;
- температура – показатель теплового баланса в аппарате;
- концентрация – показатель материального баланса по компоненту.

Анализ возможных регулирующих воздействий и выходных координат объекта позволяет выбрать каналы регулирования для проектирования АСР. Окончательный выбор каналов регулирования проводят на основе сравнительного анализа статических и динамических характеристик различных каналов. При этом учитывают такие показатели, как коэффициент усиления, время чистого запаздывания, его отношение к наибольшей постоянной времени канала  $\tau/T$ .

Существует три различных принципа построения систем регулирования, которые обеспечивают реализацию требуемого закона изменения регулируемой величины: по разомкнутому циклу, с замкнутым циклом, по комбинированному циклу регулирования (замкнуто-разомкнутый).

Принцип *разомкнутого* цикла заключается в обеспечении необходимого закона изменения регулируемой величины непосредственно путем преобразования управляющего воздействия.

Принцип *замкнутого* цикла характеризуется сравнением управляющего воздействия с действительным изменением регулируемой величины за счет применения обратной связи и элемента сравнения. За счет этого и обеспечивается в замкнутых системах необходимый закон изменения регулируемой величины.

**Комбинированный** принцип заключается в сочетании замкнутого и разомкнутого циклов в одной системе.

Рассмотрим некоторые термины относительно систем автоматического регулирования.

**Автоматическим управлением** называется процесс, при котором операции выполняются с помощью системы, которая функционирует без вмешательства человека в соответствии с заранее заданным алгоритмом.

Система с *замкнутой цепью воздействия*, в которой регулирующее воздействие производится в результате сравнения действительного значения управляемой (регулируемой) величины с заданным (предложенным) ее значением, называется АСР.

Анализ технологического процесса как объекта автоматического регулирования предполагает оценку его статических и динамических свойств по каждому из каналов от любого возможного управляющего воздействия к любому возможному регулируемому параметру, а также оценку аналогичных характеристик по каналам связи.

В ходе такого анализа необходимо выбрать структуру системы регулирования, то есть решить, с использованием какого регулирующего воздействия следует управлять тем или иным параметром состояния. В результате во многих случаях удастся выделить контуры регулирования для каждой из регулируемых величин, то есть получить совокупность одноконтурных систем регулирования.

Любой технологический процесс как объект регулирования характеризуется следующими основными группами переменных:

1. *Переменные, характеризующие состояние процесса* – эти переменные в процессе регулирования необходимо поддерживать на заданном уровне или изменять по заданному закону. Точность стабилизации переменных состояния может быть различной, в зависимости от требований, диктуемых технологией и возможностями системы регулирования. Как правило, переменные, измеряют

непосредственно, но иногда их можно вычислить, используя модель объекта по другим непосредственно измеряемым переменным.

2. *Переменные, изменением которых система регулирования может влиять на объект с целью управления.* Обычно регулирующими воздействиями служат смена расходов материальных потоков или потоков энергии.

3. *Переменные, изменения которых не связаны с влиянием системы регулирования.* Эти изменения отражают влияние на регулируемый объект внешних условий, изменения характеристик самого объекта и др. Их называют возмущительными воздействиями. Возможность измерения возмущительного влияния позволяет ввести в систему регулирования дополнительный сигнал, который улучшает возможности системы регулирования.

Общая задача управления технологическим процессом формулируется как задача максимизации (минимизации) некоторого критерия (себестоимости, энергозатрат, прибыли) при выполнении ограничений на технологические параметры, наложенные регламентом. Решение такой задачи для всего процесса в целом трудоемко или практически невозможно из-за большого числа факторов, влияющих на ход процесса.

Поэтому весь процесс разбивают на отдельные участки, которые характеризуются сравнительно небольшим числом переменных. Обычно эти участки совпадают с законченными технологическими стадиями, для которых могут быть сформулированы свои подзадачи управления, подчиненные общей задаче управления процессом в целом. Задачи управления отдельными стадиями направленные на оптимизацию (в частном случае, стабилизацию) технологического параметра или критерия, который определяется путем измерения или вычисления.

Оптимизацию критерия проводят в рамках ограничений, задаваемых технологическим регламентом. На основании задачи оптимального управления отдельными стадиями процесса формулируют задачи автоматического регулирования ТП.

### **Контрольные вопросы к теме 10:**

1. Дайте характеристику системы САР ТП.
2. Разъясните понятие объекта управления, приведите примеры.
3. Дайте определение понятиям: регулируемая величина, канал управления, текущее и заданное значение выходной величины.

4. Назовите основные виды воздействий в САР, дайте их характеристику.
5. Охарактеризуйте элементы САР.
6. Определите понятия: автоматический регулятор, исполнительный механизм, регулирующий орган.
7. Определите понятие обратной связи, его виды.
8. Раскройте понятие стабилизации, самовыравнивания.

### **10.1 Задания для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работы по теме 10**

1. Обратная связь как необходимое условие автоматизации процессов в пищевой промышленности.
2. Роль и цель автоматического регулирования процессов.
3. Адаптация и стабилизация систем автоматического регулирования.
4. Общая структура систем автоматического регулирования. Разомкнутые и замкнутые системы автоматического регулирования.
5. Классификация методов регулирования по уровню сложности алгоритмов.
6. Одномерные и многомерные системы автоматического регулирования.
7. Регулировка расходов, соотношение расходов. ФСА регулирования расходов.
8. Регулировка температуры. Примеры автоматических систем регулирования температуры.
9. Регулировка давления. Примеры ФСА регулирования давления.
10. Регулирование уровня. Пример ФСА регулирования уровня.
11. Регулирование времени как технологического параметра ТП пищевых производств.

## ТЕМА 11. СХЕМЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

При изучении темы 11 необходимо проработать лекционный материал, изучить и законспектировать основные понятия и определения, приведенные ниже, ответить на контрольные вопросы по теме. Далее следует приступить к выполнению индивидуального задания для самостоятельной работы согласно полученному варианту с использованием рекомендованной и дополнительной литературы. При выполнении задания по вариантам необходимо привести соответствующие схемы и их элементы.

### 11.1 Основные понятия и определения

На основе анализа технологического процесса как объекта регулирования проектируют систему автоматизации, которая обеспечивает решение поставленной задачи регулирования. Окончательное решение о применении той или иной схемы автоматизации принимают после моделирования различных АСР и сравнения качества получаемых процессов регулирования.

При разработке схем автоматического управления и технологического контроля применяют различные приборы и средства автоматизации, которые сочетаются с объектом управления и между собой по определенным схемам. В зависимости от используемых приборов и средств автоматизации (электрических, пневматических, гидравлических) и линейной связи в проектах автоматизации разрабатывают схемы, которые различают по видам и типам.

Наибольшее распространение в автоматизации технологических процессов приобрели электрические приборы и средства автоматизации, что объясняется большим разнообразием имеющейся аппаратуры и приборов и наличием на объектах источников электропитания необходимой мощности и напряжения.

В связи с этим наибольшее распространение получили электрические схемы. В специальных условиях, например, в условиях взрывоопасных производств, в подавляющем большинстве случаев применяют пневматические приборы и средства автоматизации.

Из-за громоздкости гидравлической аппаратуры и трудностей передачи гидравлических командных импульсов на расстоянии гидравлические схемы не получили распространения.

По типам схемы автоматизации подразделяют на **структурные, функциональные, принципиальные, монтажные, соединений**.

Схемы автоматизации, как правило, выполняют без соблюдения масштаба. В монтажных схемах придерживается действительное

пространственное расположение отдельных средств автоматизации и монтажных изделий. В конструкторской документации схемы автоматизации кодируются буквами и цифрами в зависимости от вида и типа схемы. Схемы автоматизации имеют общие термины и понятия по схемам (Приложение к ГОСТ 2.701-76).

Оборудование и коммуникации изображаются тонкими линиями, технологические потоки выделяются более жирными линиями. В изображении объектов и трубопроводов должны быть пояснительные надписи (наименование оборудования, номера и др.), а также указаны стрелками направления потоков согласно стандарта ГОСТ 2.721-74.

Схемы автоматизации, как правило, выполняют без соблюдения масштаба. В монтажных схемах соблюдается действительное пространственное расположение отдельных средств автоматизации и монтажных изделий. Определение типа и сферы применения схем автоматизации показано в табл. 11.1.

*Таблица 11.1 – Характеристики типов схем автоматизации*

<b>Тип схемы</b>	<b>Определение типа</b>	<b>Сфера применения</b>
1	2	3
1. Структурная схема	Определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязь	Разрабатываются при проектировании изделий (установок) на стадиях, которые являются предварительными относительно разработки схем других типов, используются для общего ознакомления с изделием (установкой)
2. Функциональная схема	Определяет основные процессы, протекающие в отдельных функциональных кругах изделия (установки) или в изделии (установке) в целом	Используются для изучения принципов работы изделий (установок), а также при их наладке, контроле и ремонте

Продолжение таблицы 11.1

1	2	3
3. Принципиальная (полная) схема	<p>Определяет полный состав элементов и связей между ними, и, как правило, дает детальное представление о принципах работы изделия (установки)</p>	<p>Служат основой для разработки конструкторской документации, например, схем соединений (монтажных). Используются для изучения принципов работы изделий (установок), а также при их наладке, контроле и ремонте.</p>
4. Схема соединений (монтажная)	<p>Отображает соединение составных частей изделия (установки) и определяет провода, кабели, по которым осуществляются эти соединения, а также места их присоединения и ввода</p>	<p>Используются при разработке конструкторской документации, и прежде всего чертежей, которые определяют прокладки и способы крепления проводов, кабелей в изделии (установке), а также для осуществления соединений и при контроле, эксплуатации и ремонте изделий.</p>
5. Схема подключения	<p>Отображает внешние электрические связи между измерительными устройствами и средствами получения первичной информации, с одной стороны, щитами и пультами автоматизации – с другой</p>	<p>Используется при разработке конструкторской документации, а также для осуществления подключений изделий и при их эксплуатации.</p>

Продолжение таблицы 11.1

1	2	3
6. Общая схема	Определяет составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации	Используется при ознакомлении с комплексами, при их контроле и эксплуатации. При необходимости общая схема может разрабатываться на собираемую единицу.
7. Схема расположения	Определяет относительное расположение составных частей изделия (установки), а при необходимости также проводов, двигателей, кабелей, трубопроводов и т.д.	Используется при разработке конструкторской документации, а также при эксплуатации и ремонте изделий (установок).

Функциональная схема автоматизации графически делится на две зоны. В верхней части чертежа изображается технологическая схема, а в нижней чертят прямоугольники, которые условно изображают: размещение местных приборов, щитов, пультов, пунктов контроля и управления, управляющие машины и т.п.

**Элемент схемы** – составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное функциональное назначение (резистор, трансформатор, насос-распределитель, муфта и др.).

**Устройство** – совокупность элементов, которая представляет собой единую конструкцию (блок, шкаф, механизм). Устройство может не иметь в изделии определенного функционального назначения.

**Функциональная группа** – совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию.

**Функциональная часть** – элемент, устройство или функциональная группа.

**Функциональная цепь** – линия, канал, тракт определенного назначения (канал звука, тракт тока высокой частоты и др.).

**Линия связи** – отрезок цепи, указывающий на наличие связи между функциональными частями изделия.

**Установка** – условное наименование объекта в энергетических устройствах, на который выпускается схема, например главные (силовые) цепи.

**Функциональная схема автоматизации** (ФСА) является основным проектным документом, который определяет структуру и уровень автоматизации технологического процесса проектируемого объекта, и оснащение его приборами и средствами автоматизации (в том числе средствами вычислительной техники). На функциональной схеме с помощью условных изображений показывают технологическое оборудование, коммуникации, органы управления, приборы и средства автоматизации и т.п. с указанием связей между ними, таблиц условных обозначений и необходимых объяснений.

Точки входа и выхода сигналов на прямоугольниках соответствующих блоков показывают точками, диаметром 1,5–2 мм, около которых указывают количество и условное обозначение каналов.

Графические условные обозначения приборов и средств автоматизации, их размеры и буквенные обозначения должны соответствовать стандарту ДСТУ 21.404-85.

Устройства и средства автоматизации показывают на функциональных схемах развернутым способом, согласно которому каждый прибор или блок, входящий в единый комплект, показывают отдельными условными графическими изображениями. В верхней части изображения (круга, овала) наносят обозначения измеряемой величины и функции, выполняемой прибором в порядке их размещения слева направо. В нижней части указывают позиционное обозначение комплекта измерения или его отдельных элементов. Все принятые условные буквенные обозначения должны быть расшифрованы на схеме.

Линии связи изображают однолинейными и подводят к графическим изображениям приборов сверху, снизу, сбоку. Направление передачи информации указывают стрелками. Для уменьшения пересечений линий связи, последние разрешается разрывать. В местах разрыва оба конца линии связи нумеруют одним и тем же арабским числами. Нумерация разрывов линий связи со

стороны щитовых приборов приводится в порядке возрастания номеров. Расстояние между параллельными линиями связи должно быть не менее 3 мм.

Схемы автоматизации могут быть выполнены как упрощенно, так и развернуто. В первом случае не показывают первичных преобразователей, а также всю вспомогательную аппаратуру.

Приборы и средства автоматизации, которые выполняют сложные функции и выполненные в виде отдельных блоков, показывают одним условным графическим обозначением (рис. 11.1, *а*).

Развернутый способ (рис. 11.1, *б*) используют в тех случаях, когда необходимо конкретизировать функцию каждого прибора и средства автоматизации, входящего в единый измерительный, регулирующий или управляющий комплект.

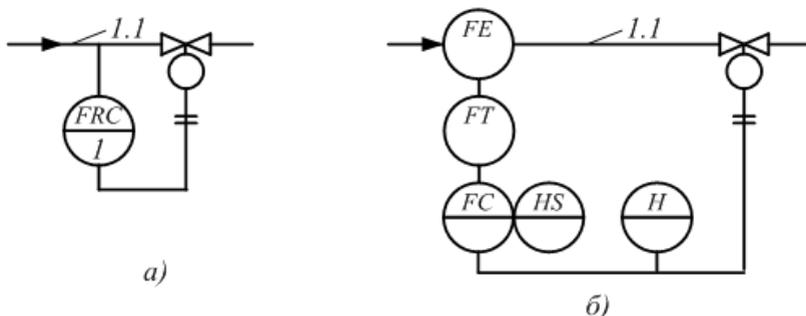


Рисунок 11.1 – Способы выполнения схем автоматизации: *а* – упрощенный; *б* – развернутый

Схемы автоматизации могут выполняться как с условным изображением щитов или пульта управления, так и без них. В первом случае построение схем несколько затруднено, но они более наглядны, во втором – наоборот, упрощается подготовка схем, но наглядность ухудшается.

На базе описания автоматизации и параметрической схемы разрабатывается структурная схема управления объектом. Разработку структурной схемы начинают с приведения технологического процесса с нанесением предопределяющих технологических параметров отдельных операций процесса. Образец выполнения функционально-технологической схемы изображено на рисунке 11.2.

В схеме технологического процесса приведены условные обозначения определяющих технологических параметров отдельных операций процесса (по ГОСТ 3925-59): температура *t*; влажность *m*;

жирность  $J$ ; концентрация сухих веществ  $c$ , давление  $p$ , расход  $G$ , уровень  $H$  и время  $\tau$ .

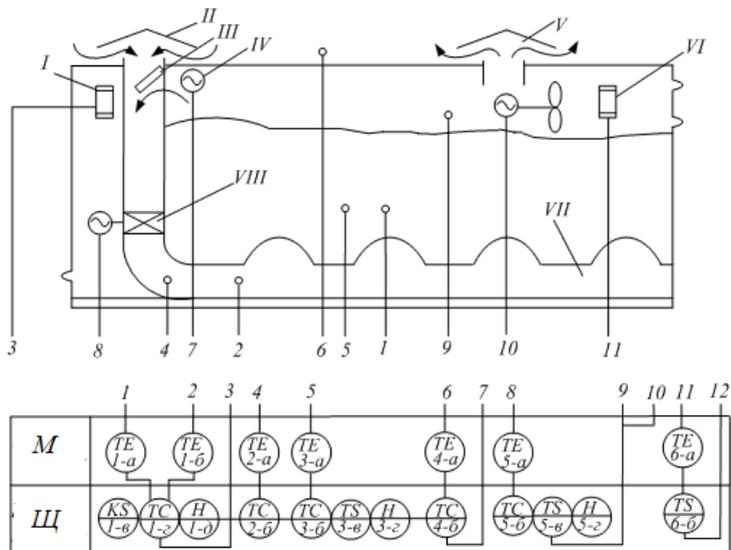


Рисунок 11.2 – Функционально-технологическая схема автоматизации управления температурой овощехранилища: I – подогреватель; II – приточная шахта; III – смесительный клапан; IV – исполнительный механизм; V – вытяжная шахта; VI – рециркуляционно-отопительный агрегат; VII – распределительный канал; VIII – вентилятор; М – приборы на месте; Щ – приборы на щите

После составления схемы технологического процесса разрабатывается графическая часть функциональной схемы автоматизации (ФСА) объекта.

Для реализации схемы автоматизации обычно предпочитают серийные контрольно-измерительные приборы и технические средства автоматизации, входящие в состав Государственной системы приборов и средств автоматизации.

Во время выполнения функциональной схемы автоматизации непосредственно на технологической схеме нужно отобразить все датчики (первичные преобразователи), регулирующие, перекрывающие и переключающие органы, а остальные элементы системы – отразить в нижней части чертежа в расположенных друг под другом

прямоугольниках с надписями слева «Местные приборы», «Приборы на щите управления», «Управляющий вычислительный комплекс».

### **Контрольные вопросы к теме 11:**

1. Сформулируйте общие требования к системам автоматизации.
2. Опишите состав схемы функциональной автоматизации (ФСА) и основные правила ее выполнения.
3. Приведите основные правила выполнения ФСА.
4. Что называют элементом схемы автоматизации?
5. Как классифицируют схемы автоматизации?
6. Каким документом регулируется выполнения схем автоматизации?
7. Что понимают под функциональной группой?
8. Охарактеризуйте упрощенный и развернутый способы выполнения схем автоматизации.
9. Какие контрольно-измерительные приборы используют для реализации схемы автоматизации?

### **11.2 Задания для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работе по теме 11**

1. Правила выполнения схем автоматизации.
2. Структурная схема автоматизации.
3. Функциональная схема автоматизации.
4. Характеристики типов схем автоматизации.
5. Правила изображения элементов функциональной схемы автоматизации.
6. Общие термины и понятия по схемам автоматизации. Требования ГОСТ 2.701-76.
7. Требования по выбору средств автоматизации.
8. Изображения приборов и средств автоматизации в соответствии с ГОСТ 21.404-85.
9. Развернутые и упрощенные схемы автоматизации.
10. Функциональная схема автоматизации. Условные обозначения. Методика выбора первичных и вторичных приборов.
11. Требования по оформлению функциональных схем автоматизации.

## ТЕМА 12. КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПИЩЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ

При изучении темы 12 необходимо проработать лекционный материал, изучить и законспектировать основные понятия и определения, приведенные ниже, ответить на контрольные вопросы по теме. Далее следует приступить к выполнению индивидуального задания для самостоятельной работы согласно варианта с использованием рекомендованной и дополнительной литературы. При выполнении задания по вариантам необходимо привести соответствующие аппаратурные и структурно-функциональные схемы технологических процессов.

### 12.1 Основные понятия и определения

При разработке систем автоматизации за основу берут производственный процесс, который представляет собой совокупность технологических процессов, направленных на создание конечного продукта. Производственный процесс разделяют на технологические процессы, которые, в свою очередь, делятся на рабочие операции.

На рисунке 12.1 приведена функциональная схема автоматизированного производственного процесса, на которой указаны место и взаимосвязь технологических процессов, их режимов, операций с датчиками информационных параметров.

**Технологический процесс** – это совокупность приемов и операции, целесообразно направленных на переработку материала или продукта от входного состояния до необходимого конечного состояния. Технологические процессы могут происходить параллельно или последовательно во времени.

Технологический процесс характеризуется режимами функционирования:

– *установочным* – связанным с подготовкой машин и объектов для выполнения их основных функций;

– *рабочим* – обусловленным взаимодействием объекта или машины с материалом или рабочей средой;

– *биологическим* (или физико-химическим) – связанным с длительным естественным процессом накопления внутри объекта растительной или животноводческой продукции;

– *транспортным режимом* – включающим перемещение машин, рабочих органов, животных или материала;

– режимом обслуживания – который представляет собой, техническое обслуживание машин и их узлов.

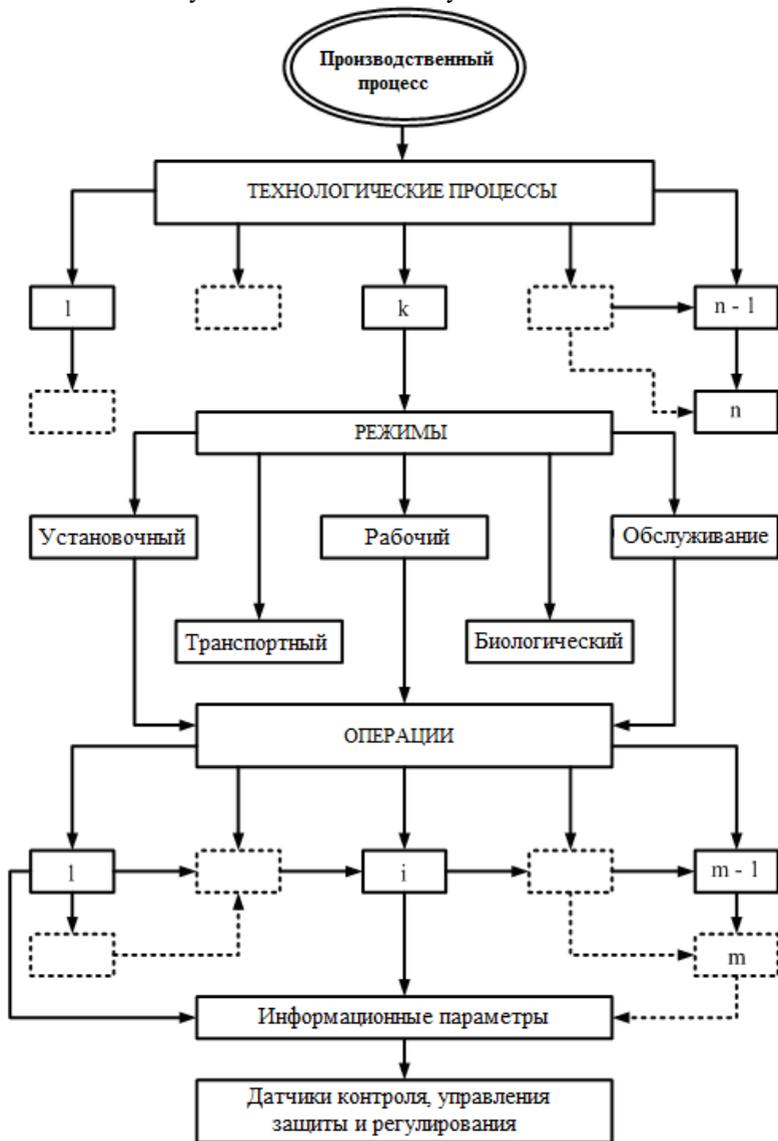


Рисунок 12.1 – Функциональная схема автоматизированного производственного процесса

**Технологическая операция** представляет собой определенную совокупность организационных и технологических действий, обуславливающих нормальное протекание всего процесса. Разделение технологического процесса на технологические операции позволяет выявить продолжительность операции, очередность ее проведения, цикличность, то есть создать алгоритм технологического процесса.

**Контроль и управление** режимами и операциям осуществляются по информационным параметрам, которые измеряются первичными преобразователями различных датчиков. Операции выполняются одновременно (параллельно) или последовательно. Контролируются только основные операции и режимы, характеризующие в целом качественное и количественное выполнение производственного процесса.

**Классификация объектов** при расширении работ по автоматизации технологических процессов и операций облегчает определение объема и очередность автоматизации, разработку типовых решений в области технологии автоматизированного производства и создание технических средств автоматики.

В классификацию должны входить не только существующие процессы и объекты автоматизации, но и те, которые могут быть предложены в дальнейшем. Классификация позволяет точнее сформулировать требования к техническим средствам, выбрать рациональные принципы построения систем автоматизации объектов и разработать общие показатели и методы определения технико-экономической эффективности автоматизации.

Исходя и из задач проектирования систем автоматизации и создания средств автоматики, объекты пищевых производств целесообразно классифицировать по пяти существенным признакам:

- типу технологических процессов;
- взаимосвязями технологического и транспортного движения;
- видами технологического цикла;
- динамическими свойствами объекта;
- агрегатным состоянием обрабатываемого материала.

Классификация *по типу технологических процессов* дает возможность разработать общий подход к решению задачи автоматизации всего класса процессов, несмотря на технологическую специфику. Разделение технологических процессов на механические, тепловые, биологические, химические и гидравлические отражает основное определяющее явление в объекте, в котором могут протекать одновременно и другие процессы, играющие второстепенную роль.

По взаимосвязи технологического и транспортного движений объекты делятся на три класса: с несообщающимся, сообщающимся и независимым движением. В объектах с несообщающимся движением некоторые установки предназначены только для транспортировки материала без его обработки, а другие осуществляют его технологическую обработку. Эти объекты следует отнести к низшему классу с точки зрения экономической эффективности автоматизации.

К более высокому классу относятся объекты, в которых транспортное и технологическое движение соединены и находятся в тесной взаимосвязи: обработка или переработка материалов происходит во время их транспортировки. Для этого класса установок автоматизация позволяет существенно повысить производительность и обеспечить оптимальный режим работы.

Объекты высшего класса имеют независимое движение. Транспортное движение может иметь место во время обработки, а технологическое движение – во время транспортировки. Автоматизация этого класса объектов обеспечивает непрерывность производственного процесса и наибольшую производительность.

*Агрегатное состояние* обрабатываемого материала влияет на выбор исполнительных и первичных преобразователей систем автоматики. Агрегатное состояние материала на входе в объект может в корне отличаться от состояния на выходе из объекта. Это свойство необходимо учитывать при разработке технических средств автоматики пищевого назначения.

Автоматизации проще подлежат объекты с непрерывным технологическим циклом, сложнее – с периодическими процессами, не имеющими самовыравнивания.

Для автоматического управления объектом важно знать его *динамические свойства*, которые существенно влияют на устойчивость и качество регулирования.

С развитием уровня пищевого производства количество технологических процессов и операций, а также средств контроля и управления растет. Поэтому необходимо постоянно совершенствовать и расширять классификацию технологических объектов с учетом особенностей и требований автоматизации. Классификация должна способствовать выработке общих требований к техническим средствам, выбору рациональных принципов построения систем и средств автоматики, разработке общих показателей и методов определения технико-экономической эффективности автоматизации.

На начальном этапе важно правильно поставить задачу автоматизации производственных процессов, еще не автоматизированных участков и отделений пищевых предприятий.

В процессе разработки системы автоматизации основное внимание должно уделяться задаче разработки системы управления технологическими процессами (АСУТП) технологического участка (линии) выбора критерия управления; обоснованию выбора управляющих параметров, которые управляют и управляются, объему и уровню автоматизации; целесообразности использования тех или иных средств автоматизации и вычислительной техники, которые применяются.

Схемы автоматизации (СА) отдельных агрегатов технологических участков или процессов относятся к местным системам автоматизации с расположением средств автоматики на цитах управления агрегатом или технологическим процессом.

**Основными функциями местных систем являются:**

1. Контроль основных параметров технологического процесса.  
2. Управление технологическими процессами, которое предусматривает:

- стабилизацию параметров процесса на заданном уровне, определяющемся технологическим регламентом производства;
- программное управление (включение, пуск, остановка агрегата) по заданной функции времени;
- оптимальное управление исходя из выбранного критерия управления.

3. Защиту оборудования от аварий.

4. Оперативную связь с высшими ступенями управления.

Прежде всего необходим сделать анализ технологического процесса, подлежащего автоматизации, с точки зрения возможности автоматизации, учитывая особенности процесса, накопленный опыт, наличие технических средств автоматизации (приборов, регуляторов, датчиков), а также требований охраны труда и техники безопасности.

При составлении технологических требований к системе автоматизации участка производства обозначают общую задачу автоматизации производства в целом и отдельных его звеньев, определяют объекты, которые автоматизируются, объем и уровень автоматизации, структуру системы, степень автоматизации и централизации управления.

Применение современных систем автоматизации может существенно улучшить следующие основные показатели предприятия такие как производительность труда и качество продукции, снизить

затраты сырья и энергозатраты, позволит увеличить выпуск продукции.

### **Контрольные по вопросу к теме 12:**

1. Что такое типовые схемы автоматизации, с какой целью они разрабатываются?

2. Каков порядок проведения исследования объектов управления?

3. Как осуществляется выбор показателя эффективности, цели управления, регулируемых и сигнализируемых параметров и каналов внесения регулирующих воздействий?

4. Обоснуйте влияние агрегатного состояния обрабатываемого материала на выбор исполнительных и первичных преобразователей систем автоматизации.

5. Приведите основные функции местных систем.

6. Что называют технологической операцией?

7. Чем обусловлена необходимость классификации объектов при автоматизации технологических процессов пищевых производств?

8. Как классифицируются объекты пищевых производств исходя из задач проектирования систем автоматизации и создания средств автоматизации?

9. Какими особенностями характеризуется процесс автоматизации пищевых производств?

10. Выполните анализ пищевого производства как объекта автоматизации.

### **12.2 Задания для выполнения отчета по индивидуальной самостоятельной работе по теме 12**

1. Классификация технологических объектов в автоматизации технологических процессов пищевых производств.

2. Автоматизация транспортировки веществ, функциональные схемы автоматизации.

3. Автоматизация элеваторного хозяйства, функциональные схемы автоматизации.

4. Автоматизация процессов дробления веществ, функциональные схемы автоматизации.

5. Автоматизация прессования, функциональные схемы автоматизации.

6. Автоматизация процессов перемешивания, функциональные схемы автоматизации.

7. Автоматизация теплообменных устройств, функциональные схемы автоматизации.

8. Автоматизация процессов термической обработки, функциональные схемы автоматизации.

9. Автоматизация фильтрации, функциональные схемы автоматизации.

10. Автоматизация учета продукции, функциональные схемы автоматизации.

11. Классификация технологических процессов пищевой промышленности.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

1. Роль и место автоматизации производственных процессов на современном этапе развития перерабатывающих и пищевых предприятий.

2. Функциональные схемы автоматических систем регулирования и их классификация.

3. Характеристика автоматических схем регулирования и их элементов.

4. Свойства и характеристики объектов автоматического регулирования.

5. Самовыравнивания объектов. Запаздывания объектов. Статические и динамические характеристики объектов.

6. Переходные процессы систем регулирования. Показатели качества процесса регулирования.

7. Системы регулирования прерывного действия. Системы регулирования непрерывного действия.

8. Измерения и средства измерений. Технологические измерения и приборы.

9. Виды измерений.

10. Измерительные приборы. Их классификация.

11. Погрешности измерений. Виды погрешностей.

12. Измерительные схемы приборов.

13. Преобразователи с естественными сигналами.

14. Преобразователи с унифицированными сигналами. Унифицированный электросиловой преобразователь.

15. Унифицированный частотно-силовой преобразователь. Унифицированный пневматический преобразователь.

16. Пневматическая дистанционная передача.

17. Электрическая дистанционная передача.

18. Шкалы измерений температуры.

19. Термометры расширения. Жидкостный стеклянный термометр.

20. Дилатометрический термометр.

21. Биметаллический термометр.

22. Манометрические термометры.

23. Термоэлектрические термометры.

24. Измерительные приборы термоэлектрических термометров.

25. Термопреобразователи сопротивления (платиновые, медные, полупроводниковые).

26. Пирометры излучения.

27. Особенности использования приборов для измерения температуры в пищевой промышленности.

28. Единицы измерения давления. Барометрическое, избыточное и абсолютное давление.

29. Классификация приборов для измерения давления.

30. Жидкостные и U-образные манометры, их конструкция и принцип действия.

31. Колокольные и кольцевые манометры, их конструкция и принцип действия.

32. Деформационные манометры (мембранные, сифонные, трубчато-пружинные).

33. Электрические манометры (пьезоэлектрические, манометры сопротивления, емкостные).

34. Единицы измерения количества вещества. Объемные счетчики для воды.

35. Скоростные счетчики.

36. Расходомеры переменного перепада давления, их конструкция и принцип действия.

37. Расходомеры постоянного перепада давления (ротаметры). Расходомеры щелевые.

38. Индукционные расходомеры.

39. Ультразвуковые расходомеры.

40. Тепловые расходомеры.

41. Автоматические весы и дозаторы.

42. Счетчики штучных изделий, их конструкция и принцип действия.

43. Механические уровнемеры (поплавковые, мембранные, контактно-механические, вибрационные).

44. Гидростатические уровнемеры (пьезометрические, гидростатические).

45. Электрические уровнемеры (кондуктометрические сигнализаторы уровня, емкостные уровнемеры).

46. Волновые уровнемеры (резонансные, адеструктивные, радиолокационные).

47. Акустические уровнемеры.

48. Применение уровнемеров в различных отраслях пищевых производств.

49. Механические плотнометры (весовые, поплавковые, гидростатические, вибрационные).

50. Радиоизотопные плотнометры.

51. Акустические плотнометры.

52. Особенности использования плотномеров в пищевых производствах.

53. Тепловые влагомеры (психометрические, конденсационные) для измерения влажности в газах.

54. Сорбционные влагомеры (деформационные, сорбционно-частотные, электрометрические, электролитические, подогревные электролитические, кулонометрические) для измерения влажности в газах.

55. Инфракрасные влагомеры для измерения влажности в газах, их конструкция и принцип действия.

56. Тепловые влагомеры (термогравиметрические, дистилляционные, теплофизические, электрофизические, диэлькометрические, ТВЧ-влагомеры) для измерения влажности в твердых телах.

57. Влагомеры ядерного магнитного резонанса для измерения влажности в твердых телах.

58. Инфракрасные влагомеры для измерения влажности в твердых телах.

59. Акустические влагомеры для измерения влажности в твердых телах.

60. Измерение влажности твердых веществ.

61. Классификация регулирующих устройств.

62. Регулирующие устройства приборного типа (электрические регулирующие устройства, пневматические регулирующие устройства).

63. Регулирующие устройства агрегатного типа (электрические регулирующие устройства, пневматические регулирующие устройства).

64. Регулирующие устройства прямого действия.

65. Рабочие органы автоматических устройств (регулирующие органы, запорные органы).

66. Регулирование температуры.

67. Регулирование давления.

68. Регулирование расходов.

69. Регулирование уровня.

70. Проектирование систем автоматизации производственных процессов.

71. Функциональная схема автоматизации.

72. Понятие технологического процесса как объекта автоматизации.

73. Основные задачи автоматизации пищевых производств в современных условиях.

74. Классификация технологических объектов автоматизации.

75. Структурная схема автоматизации.

76. Элементы функциональной схемы автоматизации.

## КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа студентов подлежит обязательному контролю, который решает следующие *задачи*:

- побуждение студента к глубокому регулярному изучению курса в течение всего семестра;
- коррекция учебной деятельности студента благодаря предоставлению объективной оценки его работы;
- установление обратной связи между преподавателем и студентами;
- получение информации о текущем состоянии учебного процесса для своевременного принятия мер по его совершенствованию.

Структура средств контроля знаний по дисциплине «Автоматика и автоматизация производственных процессов в пищевой промышленности» приведены в табл. 1.

Объектами *текущего контроля* являются:

1. Систематическая и активная работа студентов на практических занятиях.
2. Уровень усвоения студентами вопросов, вынесенных для самостоятельной работы.

Оцениванию систематичности и активности работы студентов в течение семестра подлежат:

1. Уровень знаний, обнаруженный при рассмотрении теоретических вопросов и продемонстрированных на практических занятиях.
2. Активность при обсуждении вопросов, вынесенных на практические занятия.
3. Составление развернутого конспекта по дисциплине «Автоматика и автоматизация производственных процессов в пищевой промышленности» с использованием дополнительной литературы.

Ниже представлена структура средств контроля знаний по дисциплине «Автоматика и автоматизация производственных процессов в пищевой промышленности». Семестровая рейтинговая оценка рассчитывается, исходя из критериев:

- две письменные модульные работы.....50%
- подготовка отчетов по практическим занятиям.....10%
- самостоятельная работа студентов.....40%

Для определения рейтинга студентов в процессе выполнения самостоятельной работы используется карта оценивания СРС (см. ниже).

## Карта оценивания самостоятельной работы студентов

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Максимальный балл рейтинга за вид (%)
1	Самостоятельное изучение и конспектирование рекомендуемой и научно-технической литературы по темам.	
1.1	Автоматизация производственных процессов. Требования к автоматизированным системам.	1%
1.2	Передача измерительной информации на расстояние. Реостатный, индукционный, термоэлектрический, дифференциально-трансформаторный преобразователь.	1%
1.3	Важность соблюдения режима давления в технологических процессах переработки. Устройства для измерения давления: манометры, барометры, вакуумметры.	1%
1.4	Особенности измерения температуры в пищевой промышленности.	1%
1.5	Измерение количества веществ. Измерения количества твердого тела. Объемные и массовые расходы. Устройства для измерения расхода жидкости и газов.	1%
1.6	Измерение уровня жидкости и сыпучих материалов. Средства измерения: измерители и сигнализаторы.	1%
1.7	Измерение влажности и в газах и твердых телах. Средства измерения влажности: Психрометры и гигрометры. Лабораторная проверка влажности для твердых веществ.	1%
1.8	Физические свойства веществ, плотность.	1%
1.9	Основные характеристики регулирующих средств. Исполнительные устройства.	1%
1.10	Задача автоматизации пищевых производств.	1%
2.	Выполнение индивидуального задания для самостоятельной работы	30%
<b>ВСЕГО:</b>		<b>40%</b>

Выполнение студентами задач для самостоятельной работы предусматривает:

- выполнение и защиту индивидуального задания для самостоятельной работы, которое охватывает все темы курса;
- составление развернутого конспекта по дисциплине;
- проработку рекомендованной и дополнительной литературы, справочников, научно-технических и отраслевых периодических изданий.

Общая итоговая оценка знаний студентов состоит из суммы баллов по результатам выполнения практических работ, итогового и текущего контроля знаний, а также баллов за выполнение самостоятельной работы.

Система контроля самостоятельной работы предусматривает проверку выполнения студентом выдаваемых ему учебных задач, а также выяснения степени усвоения знаний.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация производства : учебник для СПО / под общ. ред. О. С. Колосова. – М. : Издательство Юрайт, 2018. – 291 с.
2. Автоматизация технологических процессов пищевых производств : учебник / под ред. Е.Б. Карпина. – М. : Агропромиздат, 1985. – 534 с.
3. Ануфриев В.В. Автоматика и автоматизация производственных процессов пищевой промышленности : учеб. пособие / В.В. Ануфриев, Е.Я. Демидов, Ю.С. Сербулов. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1983. – 175 с.
4. Ладанюк А.П. Автоматизация технологических процессов и производства пищевой промышленности : учебник / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, И. В. Ельперин и др. – К. : Аграрное образование, 2001. – 244 с.
5. Петров И.К. Технологические измерения и приборы в пищевой промышленности : учеб. пособие / И.К. Петров. – М. : Агропромиздат, 1985. – 341 с.
6. Райхер Я.Г. Основы автоматизации процессов спиртового и ликероводочного производства : учебник / Я.Г. Райхер. – М. : Пищевая промышленность, 1972. – 340 с.
7. Селевцов Л.И. Автоматизация технологических процессов : учебник / Л.И. Селевцов, А.Л. Селевцов. – 3-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2014. – 352 с.
8. Соколов В.А. Автоматизация технологических процессов пищевой промышленности : учебник / В.А. Соколов. – М. : Агропромиздат, 1991. – 445 с.
9. Хажинский М.А. Основы автоматизации процессов хлебопекарного производства : учебник / М.А. Хажинский. – М. : Пищевая промышленность, 1971. – 360 с.
10. Чижов А.А. Автоматическое регулирование и регуляторы в пищевой промышленности : учеб. пособие / А.А. Чижов., Л.М. Федоровский. – М. : Пищевая промышленность, 1984. – 239 с.
11. Широков Л.А. Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП в пищевой промышленности : учебник / Л.А. Широков, В.И. Михайлов, Г.С. Фельдман и др. ; под ред. Л.А. Широкова. – М. : Агропромиздат, 1988. – 310 с.
10. Яценко В.Ф. Основы автоматизации технологических процессов пищевых производств : учебник / В.Ф. Яценко, В.А. Соколов, Л.Б. Сивакова и др.; под ред. В.А. Соколова. – М. : Лёгкая и пищевая промышленность, 1983. – 400 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**

Образец оформления титульного листа работы

Государственное образовательное учреждение высшего  
образования Луганской Народной Республики  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра технологий производства и профессионального  
образования

### **КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «АВТОМАТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»**

Вариант № \_\_\_\_

Студент (ка) \_\_\_\_\_

Группа \_\_\_\_\_

Руководитель \_\_\_\_\_

Луганск, 2020

Учебное издание

СЕРДЮКОВА Елена Яковлевна  
КАЛАЙДО Александр Витальевич

**АВТОМАТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В  
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Подп. в печать 25.11.20 г. Формат 60×84 1/16.  
Бумага офсет. Гарнитура Times New Roman.  
Печать ризографическая. Усл. печ. л. 5,35.  
Тираж 100 экз. Зак. № 105.

*Издатель*

ГОУ ВО ЛНР «ЛГПУ»

«Книга»

ул. Оборонная, 2, г. Луганск, 91011. Т/ф: (0642) 58-03-20.  
e-mail: knitaizd@mail.ru