

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Н. С. Будченко, Н. А. Долгий

МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Учебно-методическое пособие по курсовому проекту для студентов,
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки 15.03.04
«Автоматизация технологических процессов и производств»

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2021

УДК 681.5.04

Рецензент:

доктор технических наук, профессор кафедры систем управления и вычислительной техники Калининградского государственного технического университета Г. Г. Арунянц

Будченко Н. С., Долгий Н. А. Монтаж и эксплуатация систем автоматизации управления технологическими процессами: учебно-методическое пособие / Н. С. Будченко, Н. А. Долгий. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. – 107 с.

Учебно-методическое пособие к курсовому проекту по дисциплине «Монтаж и эксплуатация систем автоматизации управления технологическими процессами» для студентов бакалавриата по направлению подготовки 15.03.04 - Автоматизация технологических процессов и производств содержит задание на курсовой проект, порядок его выполнения, рекомендации по анализу объекта автоматизации, разработке функциональной схемы автоматизации, принципиальной электрической и монтажной схем, чертежа общего вида щита (пульты) системы управления.

Рис. 25, табл. 29, список лит. - 20 наименований

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено кафедрой автоматизации производственных процессов ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» «30» марта 2021 г., протокол № 7

Учебно-методическое пособие рекомендовано к изданию методической комиссией факультета автоматизации производства и управления «21» апреля 2021 г., протокол № 04

УДК 681.5.04

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2021 г.
© Будченко Н. С., Долгий Н. А. 2021 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.....	6
2 УЧЕБНЫЕ ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ	8
2.1 Структура и содержание курсового проекта	8
2.2 Описание объекта и анализ задач управления	10
2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации технологического объекта управления (ТОУ).....	14
2.4 Разработка принципиальной электрической схемы системы управления ТОУ.....	15
2.5 Разработка монтажной схемы (электрических соединений).....	18
2.6 Разработка чертежа общего вида системы управления.....	20
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	24
Приложение А. СХЕМЫ И ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ	26
1. Установка дозирования рыбы	26
2. Холодильная установка	28
3. Дефростационная установка.....	32
4. Бланширователь	35
5. Обжарочная печь туннельного типа.....	39
6. Камерная коптильная установка	43
7. Туннельная коптильная установка.....	45
8. Двухкорпусная выпарная установка	49
9. Сублимационная установка.....	52
10. Котельная установка.....	55
11. Варочный котел.....	58
12. Вакуумный массажер	60
13. Вакуум-охладитель	63
14. Установка для бездымного копчения.....	66
15. Реактор	70
16. Смеситель-измельчитель	72
17. Дезодорационная установка.....	75
18. Головной бродильный чан.....	78
19. Экстрактор.....	81
20. Отделение дрожжегенерации и брожения	85
21. Цилиндрикоконический бродильный аппарат	89
22. Ванна длительной пастеризации	92
23. Трубчатая пастеризационная установка	94
24. Ротационная печь	98
25. Заквасочный танк.....	100
Приложение Б. ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА.....	103

Приложение В. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ АВТОКЛАВА.....	104
Приложение Г. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ПРИНЦИПАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ АВТОКЛАВА	105
Приложение Д. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ МОНТАЖНОЙ СХЕМЫ (ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ)	106
Приложение Е. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖА ОБЩЕГО ВИДА ЩИТА УПРАВЛЕНИЯ	107

ВВЕДЕНИЕ

Курсовое проектирование по дисциплине «Монтаж и эксплуатация систем автоматизации управления технологическими процессами» является важным компонентом подготовки бакалавров, завершающим обучение основам проектирования, монтажа и эксплуатации автоматизированных объектов и систем управления. Технические решения и разработки, принятые в ходе выполнения курсового проекта, могут быть использованы при выполнении студентом выпускной квалификационной работы.

Целью выполнения проекта является изучение современных методов проектирования автоматизированных комплексов, линий и технологических процессов, систем автоматизации и управления, а также приобретение практических навыков разработки соответствующей технической документации.

В качестве объектов управления используются типовые технические системы и процессы, которые широко применяются в пищевой и рыбной промышленности, область их применения постоянно расширяется. При всем своем разнообразии они имеют много общего в структуре, аппаратном оформлении, целях и задачах управления.

В ходе выполнения проекта обучающийся должен показать способность самостоятельно принимать технические решения и разрабатывать графическую и текстовую документацию в соответствии с ГОСТами.

В процессе работы над курсовым проектом студент закрепляет навыки по пользованию специальной научной и справочной литературой, технической документацией (техническими регламентами, технологическими инструкциями, ГОСТами, техническими условиями, стандартами организации и др.).

Работа над курсовым проектом является творческим, самостоятельным видом учебного процесса. Студент несет полную ответственность за полученные в ходе курсового проектирования результаты, принятые решения и окончание работы в назначенный срок.

1 ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Монтаж и эксплуатация систем автоматизации управления технологическими процессами» направления 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

При работе над курсовым проектом у студента, обучающегося по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом, формируются следующие компетенции:

- способность аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции;

- способность аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области монтажа и эксплуатации систем автоматизации и управления технологическими системами;

- способность выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовности использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики и испытаний и управления процессами:

- способность выполнять работы по монтажу и эксплуатации систем автоматизации и управления технологическими системами.

Перечень тем курсового проекта, предлагаемый студенту для проектирования, связан с автоматизацией типового объекта пищевой промышленности, но тема также может быть предложена студентом или рекомендована предприятием. В качестве исходных документов для проекта могут быть использованы материалы, полученные студентами при прохождении учебной и производственной практики на промышленных предприятиях и в проектных организациях. Оптимальной является разработка проекта для решения актуальных производственных задач предприятия. При проектировании необходимо использовать современные методы принятия решений и системы автоматизированного проектирования. Полезно проведение патентных исследований и обзора научно-технической литературы по теме проекта.

Учебно-методическое пособие содержит описание общих требований к выполнению и оформлению проекта. Тема и содержание курсового проекта оформляются в виде задания на курсовой проект, который выдает преподаватель перед началом проектирования.

Темой курсового проекта предусматривается проектирование системы автоматизации заданного технологического объекта, включая проектирование принципиальной электрической схемы, монтажной схемы электрических соединений и схемы общего вида щита управлением объектом.

Примерный перечень тем курсовых проектов приведен в Приложении А. Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части. В графической части курсового проекта необходимо представить разработанные функциональную схему автоматизации, принципиальную электрическую схему управления заданным технологическим объектом, монтажную схему электрических соединений и схему общего вида щита управлением объектом.

2 УЧЕБНЫЕ ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

2.1 Структура и содержание курсового проекта

Содержание курсового проекта должно соответствовать утвержденной теме и заданию на курсовой проект. Курсовой проект состоит из пояснительной записки (ПЗ) и графической части.

В соответствии с общими требованиями, установленными стандартами, а также рекомендациями кафедры автоматизации производственных процессов ПЗ курсового проекта должна включать:

- титульный лист (Приложение Б);
- аннотацию;
- содержание;
- введение;
- составление технического задания на проектирование системы автоматизации технологического процесса:
 - основные проектные разделы;
 - заключение;
 - список использованных источников;
 - приложения.

Объем ПЗ - 30-40 страниц оригинального текста формата А4. Оригинальность текста проверяется на объем содержащихся заимствований, который не должен превышать 30 %. В ПЗ обязательно должен быть представлен иллюстративный материал (рисунки, графики, схемы и т. д.). Краткое содержание разделов ПЗ приведено ниже.

Аннотация кратко отражает направленность, объем и содержание курсового проекта. В нее включаются сведения об объеме ПЗ, количестве иллюстраций, таблиц, наименований использованных источников. Объем аннотации - не более 1 страницы.

Во Введении обосновывается актуальность темы курсового проекта для решения задач автоматизации действующих и создания новых автоматизированных и автоматических технологий и производств. В этом разделе формулируются цель и задачи работы. Объем Введения - 2-3 страницы.

Техническое задание на проектирование системы автоматизации технологического объекта составляется в соответствии с действующими нормативными документами по проектированию систем автоматизации с учетом перспектив развития науки и техники.

Основное содержание технического задания на разработку систем автоматизации технологических процессов приведено в разделе 2.2.

Задание на проектирование составляется применительно к типовым технологическим объектам отрасли, примерный перечень и описание которых приводится в настоящем учебно-методическом пособии или может быть предложен студентом.

Конкретный объект автоматизации и перечень локальных подсистем

автоматизации, подлежащих разработке, устанавливаются преподавателем при выдаче студенту индивидуального задания.

Задание на проектирование должно содержать следующие основные данные:

- 1) наименование технологического объекта и задачу проектирования;
- 2) основание для проектирования;
- 3) перечень агрегатов, установок объекта, охватываемых проектом с указанием особых условий (при их наличии);
- 4) стадийность проектирования;
- 5) технические требования к системе автоматизации (общие по всей системе, детальные - к разрабатываемой подсистеме);
- 6) предложения по централизации и структуре управления автоматизируемым объектом, объему и уровню автоматизации;
- 7) предложения по размещению центральных и местных пунктов, щитов и пультов управления;
- 8) перечень представляемой документации.

В разрабатываемом курсовом проекте должны быть отражены пять основных разделов:

Раздел 1. Описание объекта и анализ задач управления.

Раздел 2. Разработка функциональной схемы автоматизации технологического объекта управления (ТОУ).

Раздел 3. Разработка принципиальной электрической схемы системы управления ТОУ

Раздел 4. Разработка монтажной схемы (электрических соединений).

Раздел 5. Разработка чертежа общего вида системы управления.

Состав и структура разделов 4-5 согласовываются с руководителем при разработке задания на курсовой проект и могут существенно отличаться от вышеприведенного в зависимости от темы курсового проекта (КП). Объем КП не может существенно отличаться от регламентированного данным учебно-методическим пособием.

Состав графической части зависит от темы курсового проекта и определяется руководителем до начала проектирования.

В **Заключении** кратко описываются достигнутые результаты по всем разделам проекта, формулируются выводы и практические рекомендации. В разделе необходимо проанализировать результаты проекта и наметить задачи, которые будут решены при прохождении преддипломной практики и в ходе выполнения выпускной квалификационной работы. Оно должно отражать актуальность темы проекта, новизну и целесообразность обоснованных технических решений, обеспечивающих выпуск конкурентоспособной и значимой для человека продукции, рекомендации по применению современных технических средств, монтажу средств автоматики, а также значимость для отечественной промышленности функционирования предприятия в рыночных условиях.

Список использованных источников содержит полный перечень

учебников, технической литературы, методических указаний, ссылок на сайты, содержание которых было использовано при проектировании. Состав графической части зависит от темы курсового проекта и определяется руководителем до начала проектирования.

В Приложения может быть включен дополнительный материал в виде таблиц и рисунков для отражения полноты проекта. Это могут быть, например, спецификации к чертежам. Приложения необходимо обозначить прописными буквами русского алфавита, а в пояснительной записке курсового проекта делать на них ссылки.

2.2 Описание объекта и анализ задач управления

В данном разделе студентом приводится характеристика указанного в задании технологического объекта управления, дается обоснование применения указанной в задании технологической установки для данного технологического объекта и определяются технические данные проектируемой установки на основании ее производительности.

При анализе заданного объекта автоматизации необходимо детально изучить его структуру, конструктивные особенности, принцип работы, технологическую схему. Рекомендуется составить параметрическую схему, раскрывающую причинно-следственные связи между группами контролируемых и управляющих параметров, а также оценить влияние возможных возмущений на ход технологического процесса.

К основным технологическим параметрам, подлежащим регулированию в пищевых производствах, относят расход, уровень, давление, температуру, концентрацию и массу. Необходимо отметить, что основной задачей автоматизации является контроль и регулирование, в результате которых формируется управляющее воздействие на изменение того или иного параметра технологического процесса.

При проектировании автоматизированной системы управления необходимо использовать современные технические средства, имеющие возможность точного измерения и регулирования технологических параметров.

В качестве примера рассмотрим автоклав как объект управления и определим основные задачи управления.

Автоклав периодического действия является наиболее распространенным стерилизационным аппаратом. Он позволяет осуществлять тепловой процесс в любых условиях, под атмосферным и избыточным давлением, пригодным для стерилизации консервов в стеклянной, жестяной таре любых размеров.

При стерилизации в паровой среде корзины с банками загружаются в автоклав, затем его крышку герметично закрывают и начинают подачу пара. Одновременно с подачей пара открывают клапан продувки автоклава и клапан слива, выпуская из аппарата смесь пара и воздуха. Этот этап называется продувкой и предназначен для удаления из автоклава воздуха. Воздух является плохим проводником тепла, и его присутствие в автоклаве не позволяет осуществлять равномерную стерилизацию. Продувка продолжается 5-7 минут и заканчивается, когда из клапана слива начинает выходить обильная струя пара, что свидетельствует об удалении воздуха из автоклава. После этого клапаны продувки и слива закрываются, и в течение предусмотренного формулой стерилизации времени нагрева продолжают равномерно подавать пар до тех пор, пока в автоклаве не установится необходимая температура стерилизации.

При достижении температуры стерилизации уменьшают подачу пара. Далее следует период собственно стерилизации, в течение которого необходимую температуру поддерживают постоянной, регулируя ее по мере необходимости увеличением или уменьшением степени открытия клапана подачи пара.

В период стерилизации за правильностью поддерживаемого процесса следят не только по показаниям термометра, но и по показаниям манометра, так как между температурой и давлением насыщенного пара существует определенная зависимость, приведенная в таблицах параметров насыщенного водяного пара. По окончании этапа стерилизации клапан подачи пара перекрывают и переходят к охлаждению консервов.

С началом охлаждения открывают клапан подачи сжатого воздуха, что обеспечивает поддержание давления в автоклаве равным давлению внутри банок.

Спустя 1-2 мин открывают клапан подачи охлаждающей воды и включают регулятор давления, который в процессе охлаждения регулирует противодавление в автоклаве. При охлаждении консервов до 40-45 ° С происходит открытие клапана слива. Процесс стерилизации считается законченным.

Консервы стерилизуют по режимам, специально разработанным для каждого вида продукта, типа тары и аппарата. Режим стерилизации консервов регламентируется технологом-инспектором.

Условную запись теплового режима аппарата, в котором стерилизуют консервы, называют формулой стерилизации. Для стерилизации паром в аппаратах периодического действия эта запись имеет вид:

$$\frac{a - A - B - C}{T},$$

где a – продолжительность продувки автоклава;

A – продолжительность подъема температуры в автоклаве до собственной температуры стерилизации, мин;

B – продолжительность стерилизации, мин;

C – продолжительность снижения температуры автоклава, мин;

T – температура стерилизации, °С.

Значения A и C зависят, в основном, от конструктивных особенностей автоклава. Значение величины C обусловлено необходимостью выравнивания давления в банке с атмосферным давлением перед выгрузкой автоклава. Пренебрежение этапом снижения давления приводит к необратимой деформации жестяных банок или к срыву крышек со стеклянной тары. Период времени, необходимый для снижения давления в аппарате, зависит от вида, типа, размеров банки. Необоснованное сокращение периода снижения температуры и давления в автоклаве приводит к образованию дефектов банок.

Продолжительность периода собственно стерилизации B изменяется в широком диапазоне и определяется экспериментально в зависимости от вида консервного продукта, его органолептических и физико-химических свойств, вида тары, температуры стерилизации, условий отмирания микроорганизмов и др.

Величину T выбирают как максимальную допустимую температуру для данного вида консервов, вызывающую наименьшие изменения качественных показателей продукта.

Для определения эффективности процесса стерилизации используется коэффициент S , который можно выразить следующим образом:

$$S = Ln \left(\frac{N_n}{N_k} \right),$$

где N_n – начальное количество патогенных микроорганизмов в одном грамме продукта;

N_k – конечное количество патогенных микроорганизмов в одном грамме продукта.

На следующем этапе проектирования системы автоматизации составляется техническое задание на проектирование САУ автоклавом, в котором указываются следующие пункты:

1. Наименование технологического объекта и задача проектирования – «Разработка системы автоматизации автоклава».

2. Основание для проектирования – индивидуальное задание кафедры АПП на курсовое проектирование.

3. Перечень агрегатов, установок, охватываемых проектом автоматизации: автоклав, система подачи пара, система подачи холодной воды, система подачи воздуха, система спуска воздуха, система спуска воды.

4. Стадии и сроки проектирования.

4.1. Проект автоматизации разрабатывается в одну стадию – технорабочий проект.

4.2 Сроки выполнения проектных работ – указывают даты начала и окончания работ.

5. Исходные данные.

5.1. Условия работы.

5.1.1. Технологическое оборудование и технические средства САУ располагаются в закрытом производственном помещении.

- 5.1.2. Температура окружающей среды – (20 ± 10) °С.
- 5.1.3. Относительная влажность окружающей среды – (65 ± 20) %.
- 5.1.4. Абсолютное давление окружающей среды $(8,36-10,6) \cdot 10^4$ Па.
- 5.2. Источники энергоснабжения, паро- и водоснабжение.
- 5.2.1. Электроснабжение: $U=380/220$ В, 50 Гц, $P=15$ кВт.
- 5.2.2. Водоснабжение: $P_{вд}=5 \cdot 10^5$ Па, $Q_{в}=4000$ кг/ч.
- 5.2.3. Пароснабжение: $P_{п}=6 \cdot 10^5$ Па, $Q_{п}=500$ кг/ч.
- 5.3. Технические требования к САТП.
- 5.3.1. Регулируемые параметры:
- температура в автоклаве;
 - давление в автоклаве.
- 5.3.2. Контролируемые параметры приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень контролируемых параметров

Наименование параметров	Обозначения	Номинальное значение	Пределы измерения	Требования к точности
Температура стерилизации, °С	T	120	110-150	± 1
Давление в автоклаве, МПа	P	0,22	0,1-0,3	$\pm 0,005$
Давление пара, МПа	Pп	0,5	0,1-1,0	$\pm 0,01$
Расход пара, кг/ч	Fп	500	0-600	± 12
Давление воды МПа	Pв	0,5	0,3-0,5	$\pm 0,01$
Расход воды, кг/ч	Gв	4000	3500-4500	± 50
Давление воздуха, МПа	Pвз	0,14	0,12-0,15	$\pm 0,005$
Закрытие крышки автоклава		-	Откр-Закр	-

5.3.3. Структура управления объектом автоматизации.

- в системе автоматизации должно быть предусмотрено местное и дистанционное управление со щита управления электроприводами клапанов;
- в системе автоматического регулирования температуры и давления должно быть предусмотрено переключение на автоматический и ручной режим;
- щиты местного управления электроприводами должны располагаться вблизи агрегатов.

5.3.4. Вид используемой энергии в САТП – электрическая.

5.3.5. Потребляемая мощность – не более 75 кВт.

5.3.6. Требования по технике безопасности:

- все технические средства автоматизации, питаемые от электросети, должны иметь надежное заземление;
- в системе автоматизации должна быть предусмотрена сигнализация о выходе параметров за допустимые пределы и о незакрытой крышке автоклава в начале работы.

6. Перечень предоставляемой документации.

6.1. Функциональная схема системы автоматизации автоклава.

6.2. Принципиальная электрическая схема САУ автоклавом.

- 6.3. Таблица электрических соединений САУ автоклавом.
- 6.4. Чертеж общего вида щита управления.
- 6.5. Пояснительная записка.

2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации технологического объекта управления (ТОУ)

Функциональная схема автоматизации является основным техническим документом, определяющим функциональную структуру, параметры контроля, регулирования, сигнализации, защиты и блокировки, а также способы регулирования и организацию пунктов контроля и управления. При разработке функциональных схем автоматизации используются:

ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства (СПДС). Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» и ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов». Этими документами устанавливаются два способа построения функциональных схем автоматизации: упрощённый и развёрнутый. При упрощённом способе весь комплект приборов контроля или регулирования параметра изображается одним условным знаком, расположенным в любом месте чертежа и имеющим одно позиционное обозначение. Такой способ может быть использован только для локальных систем управления, реализованных на приборных технических средствах (регуляторах). При развёрнутом способе каждый прибор системы контроля или регулирования параметра изображается отдельным условным знаком, а все приборы располагаются в нижней части чертежа, в специальных прямоугольниках, в зависимости от места расположения прибора. При этом способе позиционные обозначения всех приборов контроля или регулирования одного параметра имеют одну и ту же цифру, а каждый из приборов – эту цифру с цифровым индексом (через тире), причём индексация проводится в направлении прохождения сигнала. Развёрнутый способ может быть использован для любых функциональных схем автоматизации.

Рассмотрим пример выполнения функциональной схемы автоматизации автоклава, реализованной с применением программируемого логического контроллера ПЛК63 отечественной фирмы ОВЕН. Система автоматизации автоклава, изображенная на функциональной схеме, позволяет осуществлять контроль и регулирование следующих технологических параметров:

- измерение расхода воды и пара в трубопроводах;
- измерение давления пара, сжатого воздуха и воды в трубопроводах;
- измерение, контроль и регулирование температуры и давления среды в автоклаве.

Помимо основных технологических параметров, в функциональной схеме предусмотрены контроль открытия (закрытия) крышки автоклава и сигнализация в случае нарушения его герметичности.

В функциональной схеме предусмотрена сигнализация для оповещения персонала в случае, когда температура или давление в автоклаве выходит за

рамки заданных пределов.

Функциональная схема системы автоматизации автоклава содержит следующие контуры:

- регулирования температуры в автоклаве (TE 1а, ПЛК63, К1);
- регулирования давления в автоклаве (PE 4а, ПЛК63, К2).

Кроме контуров регулирования, функциональная схема системы автоматизации включает:

- контур подачи охлаждающей воды (ПЛК63, Н 7а, NS 7б, NS 7в, исполнительный механизм 7г, К4);
- контур слива воды (ПЛК63, Н 8а, NS 8б, NS 8в, исполнительный механизм 8г, К5);
- контур измерения расхода воды (FE 9а, FIT 9б, ПЛК63);
- контур измерения расхода пара (FE 10а, FIT 10б, ПЛК63);
- контуры измерения давления в трубопроводах подачи пара, воды и сжатого воздуха (PG 11а, PG11б, PG 12а, PG12б, PG 13а, PG13б);
- контур контроля герметичности автоклава и блокировки подачи греющего пара при открытой крышке (ZT 3а, GSA 2-2, ПЛК63).

Функциональная схема автоматизации автоклава приведена в Приложении В.

2.4 Разработка принципиальной электрической схемы системы управления ТОУ

Принципиальные электрические схемы определяют полный состав приборов, аппаратов и устройств, а также связей между ними, которые обеспечивают решение задач управления, регулирования, защиты, измерения и сигнализации. Они служат для изучения принципа действия системы и необходимы как при выполнении наладочных работ, так и в эксплуатации. Кроме того, на основании принципиальных схем разрабатываются другие документы проекта: монтажные схемы щитов и пультов, схемы внешних соединений и т. п. На принципиальных электрических схемах все аппараты (реле, пускатели, переключатели) изображают в отключенном состоянии. При необходимости изображения какого-нибудь аппарата во включенном состоянии это оговаривается на поле чертежа. Электрические схемы выполняют в соответствии со стандартами ГОСТ 2.701-2008 и ГОСТ 2.702-2011 на отдельные установки и участки автоматизированной системы (например, схема управления насоса, схемы регулирования температуры реактора и др.). В эти схемы включают: элементы схемы, устройства и взаимосвязи между ними. Элемент схемы - составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии и не может быть разделена на части (реле, трансформатор, резистор, диод и т. д.). Устройство - совокупность элементов, выполняющая определенную функцию и представляющая собой единую конструкцию (блок, прибор, плата и т. д.). Линия взаимосвязи - отрезок линии, указывающий на наличие связи между элементами и устройствами. Условные графические обозначения элементов электрических схем регламентируются рядом стандартов и обычно совпадают с условными обозначениями, принятыми в

мировой практике. Однако иногда, особенно в электросхемах на импортное оборудование, встречаются графические изображения, отличные от российских стандартов. Устройства (за исключением исполнительных механизмов) показывают упрощенно в виде прямоугольников. При этом в кружках, располагаемых по контуру прямоугольника, показывают обозначения входных и выходных линий связи и питания. Допускается не приводить на принципиальных схемах обозначения выводов электроаппаратов, если они приведены в технической документации на щиты пульты. Буквенно-цифровые обозначения элементов и устройств на электрических схемах регламентированы ГОСТ 2.710-81. Все технические средства, отображенные на принципиальной схеме, должны быть однозначно определены и записаны в перечень элементов и устройств по форме в соответствии с ГОСТ 2.702-2011. Перечень может быть выполнен либо на поле чертежа, либо отдельным документом. Часто элементы записывают группами, соответственно местам их установки. Чтение схемы обычно начинают с основной надписи, располагаемой в нижнем правом углу листа. Здесь указывается наименование объекта, название изделия, дата выпуска чертежа и др. Затем необходимо ознакомиться с таблицей перечня элементов, отраженных на схеме, с различными пояснениями и примечаниями. Все это позволяет установить вид и тип данной схемы, ее построение и связь с другими документами. В принципиальных электрических схемах элементы могут изображаться двумя способами: совмещенным и разнесенным.

При совмещенном способе составные части элементов или устройств изображают на схеме в непосредственной близости друг к другу. При разнесенном способе составные части элементов и устройств или отдельные элементы устройств изображают на схеме в разных местах таким образом, чтобы отдельные цепи изделия были изображены наиболее наглядно. При совмещенном способе все части каждого прибора, технические средства автоматизации и электрического аппарата располагают в непосредственной близости и заключают в прямоугольный, квадратный или круглый контур, выполненный сплошной тонкой линией. Разнесенный способ изображения является преимущественным при выполнении схем автоматизации, т. к. при этом способе отчетливо видны все электрические цепи, что облегчает чтение схем. В этом случае составные части приборов, аппаратов, технические средства автоматизации располагают в разных местах таким образом, чтобы отдельные цепи были изображены наиболее наглядно. Принадлежность изображаемых контактов, обмоток и других частей к одному и тому же аппарату устанавливается по позиционным обозначениям, проставленным вблизи изображений всех частей одного и того же аппарата.

Для облегчения чтения принципиальных электрических схем используются следующие приемы: а) нумеруются все возможные цепи; б) под обозначением реле помещается надпись с указанием мест расположения контактов; в) вблизи позиционных обозначений у изображения контакта указывается номер цепи, в которую включена соответствующая обмотка.

Принципиальная электрическая схема системы автоматизации автоклава

(Приложение Г) состоит из:

- силовой части;
- управляющей части;
- контроллера ПЛК63;
- первичных измерительных преобразователей.

Силовая часть содержит автоматические выключатели QF1-QF4, тепловые реле КК1, КК2, электродвигатель М1 и электромагнитные клапаны YA1- YA4. Управляющая схема содержит кнопки управления SB1- SB12, сигнальные лампы HL1-HL4, магнитные пускатели КМ1-КМ6, конечные выключатели SQ1, SQ2, двухполюсные переключатели SA1, SA2 и переключатель режимов управления SA3.

На схеме отражены датчик температуры в автоклаве BK1, датчики расхода воды BF1 и пара BF2, датчик давления в автоклаве BP1, а также датчик состояния положения крышки автоклава BZ1.

Рассмотрим работу принципиальной электрической схемы. С помощью автоматических выключателей QF1-QF5 осуществляется подключение к сети переменного напряжения 380 вольт электропривода М1 и электромагнитных клапанов.

Контроллер ПЛК63 и система управления подключаются к сети переменного напряжения 220 В с помощью сетевого выключателя SA1. Тепловые реле КК1, КК2 обеспечивают тепловую защиту электропривода М1.

Рассмотрим управление приводами исполнительных механизмов.

Схема управления обеспечивает два режима работы: ручное и автоматическое.

Переключатель режимов управления SA2 обеспечивает переключение режимов работы схемы управления электроприводами реверсивного двигателя клапана подачи пара М1, двигателей клапанов подачи воздуха, спуска воздуха, слива, подачи воды. Рассмотрим управление электроприводами на примере М1. Запуск электропривода на открытие клапана подачи пара производится путем нажатия кнопки SB2, при этом подается напряжение на магнитный пускатель КМ1, который подключает привод М1 к сети, а также осуществляет блокировку кнопки SB4 и размыкает цепь, в которую включен магнитный пускатель КМ2, отвечающий за реверс электропривода М1 (закрытие клапана). При полном открытии клапана срабатывает конечный выключатель SQ1, который размыкает цепь магнитного пускателя КМ1. Запуск электропривода на закрытие клапана производится путем нажатия кнопки SB4. При этом подается напряжение на магнитный пускатель КМ2, который подключает привод М1 к сети, а также осуществляет блокировку кнопки SB2 и размыкает цепь, в которую включен магнитный пускатель КМ1, отвечающий за реверс электропривода М1 (открытие клапана). При полном закрытии клапана срабатывает конечный выключатель SQ2, который размыкает цепь магнитного пускателя КМ2. Для останова клапана необходимо кратковременно нажать на кнопку SB1 или SB3, в зависимости от направления движения электропривода. При этом пропадает напряжение на соответствующем магнитном пускателе КМ1 или КМ2.

2.5 Разработка монтажной схемы (электрических соединений)

Монтаж и эксплуатация средств автоматизации должны осуществляться в соответствии с требованиями правил устройства электроустановок и правилами эксплуатации электроустановок.

Электродвигатели и аппараты должны быть установлены таким образом, чтобы они были доступны для осмотра и замены, а также по возможности для ремонта на месте установки.

Вращающиеся части электродвигателей и части, соединяющие электродвигатели с механизмами, должны иметь ограждения от случайных прикосновений.

Электродвигатели и их коммутационные аппараты должны быть заземлены или занулены в соответствии с требованиями правил устройства электроустановок.

Электродвигатели должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы была исключена возможность попадания на их обмотки и токосъёмные устройства воды, масла, эмульсии и т. п., а вибрация оборудования не превышала допустимых значений.

Для группы двигателей, служащих для привода одной машины или ряда машин, осуществляющих единый технологический процесс, следует применять общий аппарат или комплекс коммутационных аппаратов, если это оправдывается требованиями устройства или безопасности эксплуатации. В остальных случаях каждый электродвигатель должен иметь отдельные коммутационные аппараты.

Коммутационные аппараты должны отключать от сети одновременно все проводники, находящиеся под напряжением.

Коммутационные аппараты должны соответствовать характеристикам приводимого механизма во всех режимах его работы в данной установке.

Схема соединений содержит сведения, необходимые для выполнения монтажных работ. Они указывают, где и как устанавливаются электрооборудование и конкретные части технологической установки, включая шкафы и пульта. На дверке шкафа обычно размещают приборы, сигнальные лампы (мнемосхемы), переключатели режимов работы, кнопки управления и т. д, на панели внутри шкафа – коммутирующую, защитную и другую аппаратуру. Вводный выключатель обычно размещают на боковой стенке шкафа. Для выбора шкафа необходимо знать не только габариты аппаратуры, но и основные размеры, определяющие собственно монтажную зону. На чертеже общего вида щита могут быть показаны: вид на дверку шкафа, на этом виде изображают все приборы и элемент мнемосхем; вид на панель шкафа со стороны открытой дверки; перечень приборов и аппаратуры, изображенных на данном чертеже; таблицы надписей в рамках и на табло, включающие позиционные обозначения элементов и при необходимости их назначение. Приборы и аппараты изображаются здесь упрощенно. Проводится общая размерная линия от отметки 0, и размерные числа наносятся в направлении выносных линий у их концов. Размеры по горизонтали наносят от вертикальной оси шкафа по обе ее стороны. Около изображений приборов проставляют

буквенно-цифровые обозначения по принципиальным электрическим схемам. Внешние электрические проводки присоединяют к аппаратам через сборки зажимов или штепсельные разъемы. Электрические проводки щитов и пультов выполняются изолированными медными проводами марок ПВ, а проводки к приборам и аппаратам, устанавливаемые на неподвижных частях щитов и пультов, на дверках, поверхностных рамках или имеющих разъемные соединения, - гибким проводом марок ПГВ и ПМВГ. Схемы соединений являются безмасштабным документом и должны точно соответствовать принципиальной схеме, а именно: все типы аппаратов, приборов и специальных устройств, предусмотренные принципиальной схемой, должны сохраняться в схеме соединений. Маркировка участков цепей, проставленная на принципиальной схеме, должна точно соблюдаться в схеме соединений. Однако в схеме соединений, по сравнению с принципиальными схемами, имеются добавления: изображения и нумерация выводов приборов и аппаратов, а также зажимов для внешних соединений. Приборы и аппараты изображают упрощенно в виде прямоугольников. Над прямоугольниками указывают позиционное обозначение, принятое по принципиальной схеме. Внутри прямоугольника электромагнитных реле пускателей условно изображают элемент совмещенным способом. Выводные зажимы аппаратов показывают кружками, чтобы изображение соответствовало их действительному расположению. Зажимы маркируют согласно принципиальной электрической схеме, если же выводные зажимы аппаратов имеют заводскую маркировку, то ее пишут тут же в скобках. Схемы внутренних соединений обычно выполняют тремя способами. Если же схема внутренних соединений сложная, то множество проводов затемняет чертеж, и проследить их пути трудно.

При разработке принципиальной электрической схемы соединений показывают соединение составных частей изделия между собой и определяют провода, жгуты, кабели, которыми осуществляются соединения, места соединения и ввода. На схеме изображаются все устройства, входящие в состав изделия, их входные и выходные устройства, соединения между устройствами. Графические расположения на схеме должны примерно соответствовать расположению элементов в шкафу, а контактов - на аппарате. Около соединений указываются позиционные обозначения, номера проводов и кнопки.

Таблица электрических соединений предназначена для облегчения работ по монтажу и установке оборудования. В ней показываются соединения внутрищитовых и внешнетовых проводок. Форму таблицы соединений выбирает разработчик схемы в зависимости от сведений, которые необходимо поместить на ней.

В графах таблиц указывают следующие данные:

- в графе «Обозначение провода» - обозначение одножильного провода, жилы кабеля (многожильного провода, электрического шнура) или провода жгута;
- в графах «Откуда идет», «Куда поступает» - условные буквенно-цифровые обозначения соединяемых элементов или устройств;

- в графе «Соединения» - условные буквенно-цифровые обозначения соединяемых элементов или устройств, разделяя их запятой;

- в графе «Данные провода» в общем случае:

а) для одножильного провода - марку, сечение и, при необходимости, расцветку в соответствии с документом, на основании которого его применяют;

б) для кабеля (многожильного провода, электрического шнура), записываемого в спецификацию как материал, - марку, сечение и количество жил в соответствии с документом, на основании которого применяют кабель (многожильный провод, электрический шнур);

- в графе «Примечание» - дополнительные уточняющие данные.

Схема электрических соединений разрабатывается на основе принципиальной электрической схемы. Она представлена в Приложении Д. Пример выполнения монтажной схемы (электрических соединений).

2.6 Разработка чертежа общего вида системы управления

Щиты и пульты управления в системах автоматического контроля, регулирования и управления являются конструктивными элементами для размещения приборов и аппаратуры, относящихся к данной системе. Щиты и пульты позволяют рационально разместить и связать в единую систему не только приборы, регуляторы, средства сигнализации и дистанционного управления, но и относящиеся к ним элементы электрической коммутации, трубные проводки, средства защиты и блокировки, а также другие вспомогательные устройства. Исходными материалами для выбора щитов и пультов и размещения на них приборов и средств автоматизации при разработке чертежей общих видов щитов и пультов являются схемы взаимосвязей между пунктами контроля и управления; функциональные схемы автоматизации; принципиальные электрические и пневматические схемы автоматического регулирования, управления и сигнализации; схемы питания; чертежи щитового помещения; монтажно-эксплуатационные инструкции на приборы и аппаратуру и чертежи установки приборов и аппаратуры на фасадах щитов и пультов.

Типы и основные размеры щитов и пультов, предназначенных для стационарных установок с нормальными условиями эксплуатации, определены ОСТ 36.13.90 «Щиты и пульты систем автоматизации технологических процессов».

По конструктивному оформлению щиты делятся на шкафные и панельные - полногабаритные и малогабаритные; пульты - на приставные и отдельно стоящие. Кроме того, данный ОСТ предусматривает приставные панели. Шкафные щиты являются щитами с закрытой коммутацией, панельные - с открытой.

Шкафные щиты и пульты могут быть двух исполнений: защищенные и защищенные с уплотнением (последние имеют только уплотнение дверей, ограничивающее попадание пыли внутрь щита и пульта). На фасадной стороне щитов или панелей размещают показывающие, самопишущие и регулирующие приборы, переключатели к приборам, светосигнальную арматуру, аппаратуру оперативного управления; изображают мнемосхемы.

Компоновку и расположение приборов и аппаратуру на щитах и панелях необходимо выполнять в соответствии с ходом технологического процесса (его поточность) слева направо, начиная от начальных стадий и до завершающих для данной установки или объекта. Должны приниматься во внимание вопросы эстетического порядка (комплектование в группе приборов однородных размеров, формы, внешнего оформления), а затем соблюдаться условия удобного обзора приборов. Приборы и аппаратуру на панелях щитов можно размещать в несколько рядов по высоте.

При размещении приборов на щитах и панелях следует придерживаться следующих принципов: в верхней части щита, на высоте от пола 2000-2100 мм, размещается светосигнальная арматура (лампы, табло); ниже должны находиться: в зоне 1000-2000 мм - показывающие приборы; в зоне 1100-1700 мм - автоматические регуляторы и самопишущие приборы; ниже, в зоне 700-1500 мм, - аппаратура переключения и дистанционного управления.

Как по горизонтали, так и по вертикали между наружными габаритными размерами приборов и аппаратуры должны быть выдержаны минимальные расстояния порядка 30-60 мм, однако эти расстояния могут увеличиваться при необходимости обеспечения свободного открывания крышек приборов и размещения с тыльной стороны коммутации и трубных линий и установки под каждым прибором или аппаратом рамок с надписями, указывающими назначение прибора или аппаратуры.

Внутри шкафных щитов и за их панелями размещается неоперативная аппаратура системы контроля и регулирования, а также вспомогательная аппаратура: реле, трансформаторы, импульсные прерыватели, оборки зажимов, предохранители, автоматические выключатели и др.

Приборы и вспомогательная аппаратура размещаются на боковых и задних стенках шкафных щитов, на боковых стенках панельных щитов, а также на стене или панели за панельными щитами.

Аппараты защиты и управления схемы питания размещают на отдельных панелях, группируя выключатели и предохранители по величине напряжения (380, 220, 127, 48, 36 В и т. д.).

Под предохранителями и выключателями указывается наименование аппарата по схеме и его характеристика.

Групповые оборки зажимов располагаются в нижней части передней, задней и боковых стенок щитов, горизонтально или вертикально, в один или несколько рядов при расстоянии между рядами оборок не менее 150 мм. Сборку зажимов для подсоединения внешних коммутаций располагают в нижней части щита на высоте не менее 150-200 мм от пола.

На чертежах щитов и пультов помещают:

1) вид передней панели всего щита или верхней панели пульта с упрощенным изображением приборов, аппаратуры управления и мнемосхемы с полной координацией аппаратуры и с указанием габаритных размеров щита и пульта. Чертеж фасадной стороны щита и пульта выполняется в масштабе 1:10;

2) вид стенок (пульта) с внутренней стороны с упрощенным начертанием (в масштабе 1:10) установленных на них аппаратов и изделий, в том числе

сборок зажимов, коробов и коллекторов для прокладки электрических и трубных проводок;

3) таблицу надписей в рамках к приборам, вспомогательному оборудованию, пусковой и сигнальной арматуре;

4) спецификацию панелей щитов и пульта;

5) спецификацию приборов и аппаратуры для установки на передних панелях щита и верхних панелях пульта;

6) спецификацию вспомогательной аппаратуры, устанавливаемую внутри щита.

Позиционные обозначения средств автоматизации и буквенно-цифровые обозначения по электрическим схемам рекомендуется проставлять на полках-выносах, проводимых от изображений средств автоматизации, аппаратуры управления и сигнализации.

Пример общего вида щита управления автоклавом представлен в Приложении Е.

Выбранный щит является шкафным ЩШ-3Д-1 (2200×800×600), он отвечает требованиям по габаритам и исполнению.

На представленном чертеже отражены:

- вид на фронтальную плоскость щита управления, на которой показаны все приборы и средства автоматизации с постановкой габаритных размеров щита и размеров, координирующих установку приборов и средств автоматизации;

- перечень составных частей щита, содержащий разделы: «Стандартные изделия», «Прочие изделия»;

- поясняющие надписи и технические требования на изготовление щита.

При проектировании были учтены следующие конструктивно-эксплуатационные факторы:

- важность прибора;

- частота использования;

- функциональные связи с другими средствами;

- последовательность использования;

- конструктивные особенности;

- наглядность;

- симметричность расположения приборов и аппаратуры;

- удобство при ремонте и обслуживании.

В верхней части щита располагается табло (поз. 4) на котором показывается подача пара, подача воздуха, продувка, слив, подача воды, а также о закрытом состоянии крышки. Ниже располагаются показывающие приборы температуры и давления (поз. 5) в автоклаве, клавиатура контроллера КР-500 (поз. 6), показывающие приборы давления воздуха и пара в магистралях (поз.7), здесь же расположен переключатель режимов ПВП 17-29 (поз.8). Также на щите имеются лампы, которые сигнализируют об отклонении температуры и давления от номинального значения. Под каждым прибором расположены рамки с названием измеряемых параметров. Система автоматизации автоклава

позволяет проводить регулирование как в ручном, так и в автоматическом режиме.

Для выбора соответствующего режима предусмотрены переключатели. В случае регулирования в ручном режиме используются кнопки ручного управления, которые расположены в нижней части щита (поз. 9).

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов, А. А. Автоматизация технологических процессов и производств: учеб. пособие / А. А. Иванов. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2016. - 224 с.
2. Системы промышленной автоматизации: учеб. пособие / А. И. Сергеев и др. - Оренбург: ОГУ, 2017. - 106 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).
3. Бородин, И. Ф. Автоматизация технологических процессов: учеб. / И. Ф. Бородин, С. А. Судник. - Москва: КолосС, 2007. - 344 с.
4. Илюхин, В. В. Монтаж, наладка, диагностика, ремонт и сервис оборудования предприятий молочной промышленности: учеб. / В. В. Илюхин, И. М. Тамбовцев, М. Я. Бурлев. - Санкт-Петербург: ГИОРД, 2008. - 499 с.
5. Трегуб, В. Г. Проектирование, монтаж и эксплуатация систем автоматизации в пищевой промышленности: учеб. / В. Г. Трегуб, А. П. Ладанюк, Л. Н. Плужников. - Москва: Агропромиздат, 1991. - 352 с.
6. Монтаж приборов и средств автоматизации: справ. / А. С. Ключев и др.; ред. А. С. Козлов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Энергия, 1979. - 728 с.
7. Федоров, Ю. Н. Справочник инженера по АСУТП: проектирование и разработка: учебно-практич. пособие: в 2 т. / Ю. Н. Федоров. - 2-е изд. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. - Т. 1. - 449 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).
8. Автоматизация и управление в технологических комплексах: монография / под общ. ред. А. М. Русецкого. - Минск: Беларуская навука, 2014. - 376 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).
9. Каминский, М. Л. Монтаж трубных проводок систем автоматизации / М. Л. Каминский, В. М. Каминский. - Москва: Энергия, 1978. - 88 с.
10. Монтаж, наладка, эксплуатация систем автоматизации. Учебное пособие / В. Н. Назаров и др. - Тамбов: ТГТУ, 2012. - 240 с.
11. Бузулуцкая, О. Б. Монтаж контрольно-измерительных приборов и средств автоматики: учеб. пособие / О. Б. Бузулуцкая и др. - Астана: НАО Холдинг Кэсіпқор, 2018. - 140 с.
12. Сердобинцев, С. П. Системы управления технологическими процессами и информационные технологии: учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности 260302.65 - Технология

рыбы и рыбных продуктов / С. П. Сердобинцев. - Калининград: Изд-во КГТУ, 2006. – 485 с.

13. Сердобинцев, С. П. Автоматика и автоматизация производственных процессов в рыбной промышленности: учеб. /С. П. Сердобинцев. - Москва: Колос, 1994. - 335 с.

14. Чупин, А. В. Интеллектуальные системы автоматизированного управления: учеб. пособие по дисциплине "Интеллектуальные системы автоматизированного управления" для студентов, обучающихся по направлению 15.03.04 "Автоматизация технологических процессов и производств" / А. В. Чупин. - Кемерово: Кемеровский технологический ин-т пищевой пром-сти (ун-т), 2016. - 107 с.

15. Пантюхина, Е. В. Комплексная автоматизация пищевой промышленности: учеб. / Е. В. Пантюхина. - Тула: Изд-во ТулГУ, 2019. - 216 с.

16. Монтаж, сервисное обслуживание, диагностика и ремонт основных типовых технологических мехатронных систем и робототехнических комплексов в пищевой промышленности: учебно-практ. пособие для студентов по специальностям: 15.03.02, 15.03.04, 27.03.02, 27.04.02, 27.03.04, 09.03.01 / А. А. Будник и др. - Москва: Спутник+, 2019. - 96 с.

17. Карнадуд, Е. Н. Средства автоматизации и управления: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 15.03.04 "Автоматизация технологических процессов и производств" всех форм обучения / Е. Н. Карнадуд, О. С. Карнадуд. – Кемерово: КемТИПП, 2016. - 120 с.

18. Лазарев, В. Л. Робастное управление в биотехнологической промышленности: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 27.03.04 "Управление в технических системах" / В. Л. Лазарев. - Санкт-Петербург: ИТМО, 2015. - 193 с.

19. Ившин, В. П. Современная автоматика в системах управления технологическими процессами: учеб. пособие: для студентов технологических вузов и колледжей / В. П. Ившин, М. Ю. Перухин. - Москва: ИНФРА-М, 2013. – 399 с.

20. Оборудование и автоматизация перерабатывающих производств: учеб. для академического бакалавриата / А. А. Курочкин, и др. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Изд-во ЮРАЙТ, 2019. - 586 с.

Приложение А

**СХЕМЫ И ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ
АВТОМАТИЗАЦИИ**

1. Установка дозирования рыбы

Основной целью процесса дозирования рыбы является наполнение банок кусочками рыбы с последующим взвешиванием в весоконтрольном аппарате. В набивочных машинах (например, типа ИНА-115, ИНА 125 и ИНА-130) используется метод объемного дозирования с вибрационным уплотнением продукта. В качестве весоконтрольного аппарата используется ИВА-107.

Установка дозирования продукта в тару, в частности, рыбные консервы (рисунок 1), состоит из транспортера подачи пустых банок 1, транспортера выгрузки наполненной тары из набивочной машины 2, вибродозатора 3 и весоконтрольного аппарата ИВА-107. Вибродозатор набивочной машины состоит из двух основных частей: вертикального рыбовода и порционирующего механизма. Рыбовод представляет собой совокупность отдельных труб - питателей, плавно переходящих в одну трубу (жгутообразователь), сечение которой уменьшается к выходу из рыбовода. Порционирующий механизм состоит из поворотного стола, дозирующего стакана с подпружиненным поршнем и дискового ножа.

Рыба, разделанная на тушки или филе, загружается в трубы жгутообразователя. Под действием сил тяжести и направленной вибрации продукт формируется в уплотненный жгут, который в поперечном сечении соответствует форме и внутренним размерам банки. Под жгутообразователь с определенным циклом подводятся стаканы стола с поршнями. Под действием пружины поршень под жгутообразователем по копиру опускается вниз, освобождая объем в стакане, который заполняется опускающимся жгутом рыбы. Этот объем соответствует заданной порции, на которую настроена машина. Порция рыбы отделяется от жгута дисковым ножом. При повороте стола над отрезанной порцией устанавливается банка в положении «вверх дном». При последующем повороте стола и подъеме поршня по копиру в банку выдавливается отрезанная порция. В дальнейшем с помощью кантователя банка переворачивается в положение «вниз дном» и выводится из машины.

Весоконтрольный автомат производит взвешивание наполнений тары, и в случае расхождения текущего значения массы с требуемым значением программа управления формирует сигнал на исполнительные устройства - электромагнитные или пневматические лопатки, которые производят разделение потока банок на три потока: «недовес», «перевес», «норма».

Система управления дозирующей установкой предусматривает наличие контуров: измерения расходов холодной воды, положения консервных банок на транспортерах подачи пустых банок и выдачи наполненных, измерения скорости транспортеров и массы наполненных банок. Контролируемые параметры приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Контролируемые параметры

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значение	Диапазон измерения	Требования к точности
Расход воды, м ³ /ч	Fв	8.0*10 ²	(5- 8, 5)*10 ²	±2
Масса продукта в банке, г	Wпр	370	100-370	±2
Высота дозирующего стакана, мм	H	59-62	50+70	±0,5
Частота вибрации вариатора, Гц	fв	16	0-16	±0,5
Скорость транспортера, м/с	Стр	0,2	0,15 -3	±1

Регулируемые параметры:

Расход воды, м³/ч

Масса продукта в банке, г

Скорость транспортера, м/с

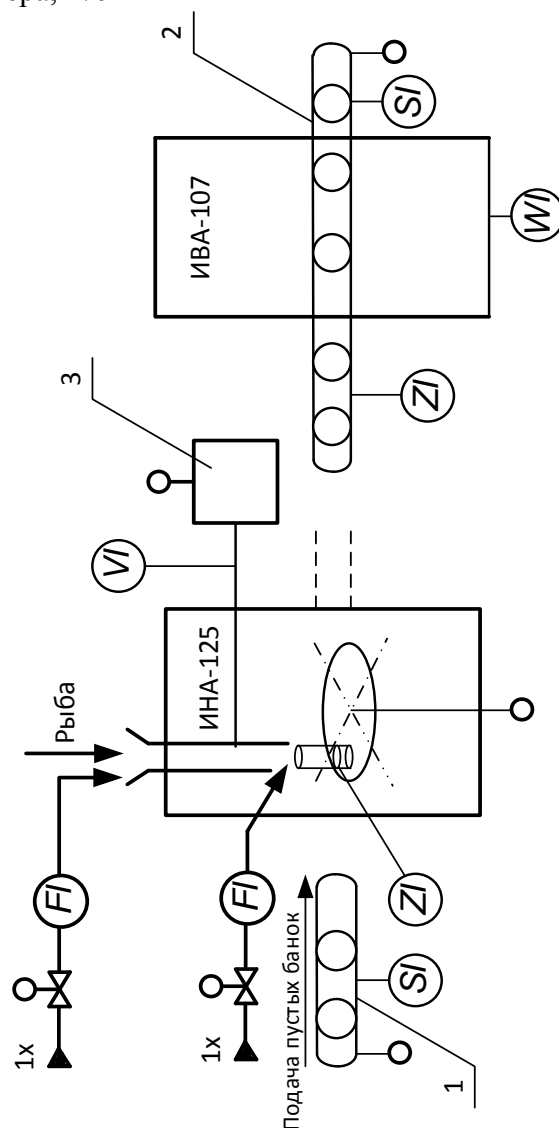


Рисунок 1 - Установка дозирования рыбы

2. Холодильная установка

1. На рыбоконсервных предприятиях хранение брикетов с мороженой рыбой осуществляется в холодильных камерах, оснащенных холодильными установками. Основной задачей автоматизации таких установок является поддержание заданной температуры в объекте охлаждения или температуры хладоносителя. Для обеспечения эффективной работы самой установки требуется решать задачи автоматизации внутренних потребностей, например, питание испарителей жидким хладагентом, поддержание давления конденсации и др.

2. Ниже рассматривается состав и работа холодильной установки на базе винтового компрессора (рисунок 2).

В основной контур, определяющий холодопроизводительность установки, входят следующие элементы: винтовой компрессор K_m , испаритель I , водяной конденсатор K_d , регенеративный теплообменник T_o , маслоотделитель M_o с маслоборником M_c . Испаритель I связан с объектом K_m прямым и обратным трубопроводом подачи рассола, температуру которого необходимо стабилизировать. Хладагент, отобрав тепло от рассола, в виде пара подается в регенеративный теплообменник T_o , где подогревается встречным потоком жидкого хладагента, всасывается в компрессор K_m . В компрессоре происходит сжатие парового хладагента, после чего его можно передавать в конденсатор, а затем - в испаритель. Однако при сжатии возникает сопутствующий эффект насыщения хладагента смазочным маслом, поэтому по пути движения сжатого парового хладагента ставится маслоотделитель M_o . В конденсаторе K_d хладагент сжижается в результате теплообмена с внешней водой, затем через регенеративный теплообменник и терморегулирующий вентиль (ТРВ), где дросселируется, подается в испаритель. В работе данной холодильной установки в качестве хладагента используется хладон.

Контур маслоотделителя и подготовки масла содержит маслоотделитель M_o , маслохолодильник M_x и маслонасос НС. Из маслоотделителя масло стекает в маслоборник, из которого забирается насосом, и через маслохолодильник M_x , охлаждаемый водой, подается в компрессор.

3. Режимы работы системы автоматизации.

3.1. Регулирование температуры хладоносителя. Для решения основной задачи - регулирования температуры рассола изменяют холодопроизводительность компрессора K_m путем перемещения регулирующего золотника (РЗ) с помощью электрического исполнительного механизма. В САР температуры хладоносителя, кроме объекта регулирования - участка трубопровода с рассолом, - должен быть измерительный преобразователь (датчик), собственно регулятор и электрический исполнительный механизм РЗ компрессора.

3.2. Регулирование питания испарителя производится с помощью САР, содержащей, кроме объекта регулирования, дифференциальный регулятор (регулятор разности) давления и температуры на выходе испарителя и

управляемый ventиль. Конструктивно такой регулятор выполнен в виде терморегулирующего вентиля - ТРВ (регулятор прямого действия).

3.3. Регулирование давления конденсации хладагента осуществляется с помощью САР, в составе которой, кроме объекта регулирования, измерительный преобразователь давления, регулятор и управляемый ventиль на магистрали охлаждающей воды.

3.4. Регулирование температуры масла на этапе предварительной подготовки масла осуществляется после включения установки САР. Содержит объект регулирования в виде маслосборника M_c с нагревательным элементом, маслохолодильника M_x , цепи циркуляции масла с ventилем рециркуляции КЗ, маслонасоса; измерительный преобразователь температуры на участке этой цепи и регулятор, управляющий электронагревательным элементом. При достижении заданного значения температуры масла ($30-40^\circ C$) с выхода САР подается сигнал, разрешающий основной пуск остановки.

3.5. Регулирование температуры масла в маслохолодильнике осуществляется после основного пуска установки. САР температуры содержит объект регулирования - трубопровод масла, измерительный преобразователь температуры, регулятор и регулируемый ventиль на участке подвода охлаждающей воды.

4. Система автоматического управления выполняет заданную программу пуска и остановки машины.

Процесс пуска можно рассматривать в виде определенной последовательности действий (тактов):

1-й этап - включение электродвигателя маслонасоса и включение САР температуры масла. Происходит предварительный подогрев масла и его освобождение от растворенного хладона.

2-й этап при достижении заданной температуры - сигнал блокировки пуска.

3-й этап - включение привода компрессора K_m , закрытие КЗ, открытие вентиля подачи масла (ВМ) в компрессор, отключение электронагревателя маслосборника M_c .

В режиме "Останов" отключается питание электродвигателей компрессора и маслонасоса, закрываются электромагнитные ventили. Схема автоматического управления формирует дополнительно команду на закрытие регулирующего золотника РЗ. Контролируемые параметры приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Контролируемые параметры

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значение	Диапазон измерения	Требования к точности измерения
Температура рассола, $^\circ C$	Тр	-18	-10-(-20)	± 1
Температура масла, $^\circ C$	Тм	35	25-40	± 1
Давление всасывания компрессора, МПа	Рвс	0,1	0,03-0,5	$\pm 0,01$

Давление нагнетания компрессора, МПа	P_H	1,5	1,0-3,5	$\pm 0,01$
Давление масла, МПа	P_M	0,8	0,5-1	$\pm 0,01$
Давление конденсации, МПа	P_K	0,3	0,05-0,8	$\pm 0,01$

Регулируемые параметры:

Температура хладоносителя – T_p ;

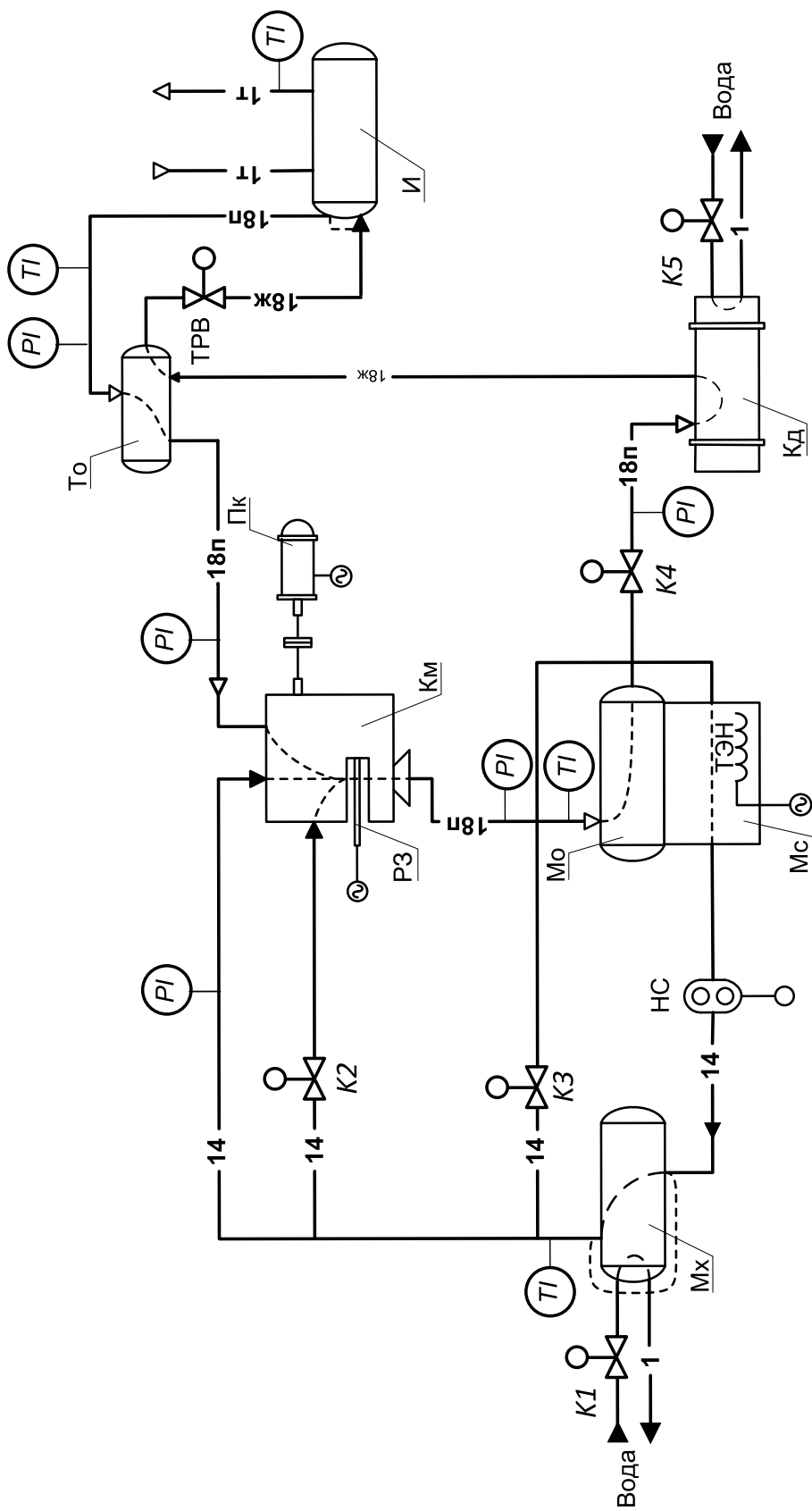
Температура масла – T_m ;

Давление конденсации хладагента – P_k .

Управляющие параметры:

Изменение холодопроизводительности компрессора – P ;

Расход охлаждающей воды в конденсаторе и маслохолодильнике – F_v .



НС - центробежный насос, К2- вентиль подачи масла, К3 - вентиль рециркуляции, TRB - терморегулирующий вентиль, Км - винтовой компрессор, P3 - регулирующий золотник, То- теплообменник, ТЭН – электронагреватель, Мо – маслоподъемник, Мх – маслоотделитель, Мс- маслосорник, Кд – конденсатор, И – испаритель, 18ж - хладагент жидкий, 14 – масло, 1 – вода, 1 т - рассол

Рисунок 2 - Холодильная установка

3. Дефростационная установка

1. Назначение дефростера - размораживание брикетов с рыбой и доведение температуры рыбы до заданного значения.

Дефростер оросительного типа (рисунок 3) содержит транспортный конвейер переменной скорости, состоящий из верхнего и нижнего транспортеров, оросительную систему (душ) и ванну-сборник. Душ связан с ванной посредством насоса постоянной производительности, образуя контур циркуляции воды ванна - оросительная система - ванна. К дефростационной установке имеется подвод магистралей пара, холодной и горячей воды. Ванна имеет два слива: один - свободный по достижении максимального уровня, другой - с управляемым вентилем.

2. Режим работы дефростера: заполнение ванны водой, дефростация брикетов (основной режим), остановка, слив воды из ванны.

Заполнение ванны водой предшествует основному режиму работы. Исходное состояние: включены вентили подачи холодной и горячей воды. При заполнении ванны необходимо обеспечить рабочую температуру смеси и начальный уровень, величина которого несколько ниже максимального. В основном режиме регулирование температуры воды в ванне должно осуществляться путем дозирования горячей воды; регулирование уровня прекращается. Перед дефростацией включаются циркуляционный насос и привод транспортного конвейера.

3. Регулирование температуры в оросительной системе осуществляется путем дозирования пара в трубопровод.

Начальные параметры скорости конвейера, расхода и температуры воды соответствуют среднестатистическим значениям.

Процесс дефростации - непрерывный. Брикеты с мороженой рыбой укладываются в кассеты верхнего транспортера и поступают в зону душа. Кассеты служат для удержания брикетов при их прямом и обратном движении по верхнему транспортеру до полного размораживания. Из размороженных брикетов рыба пересыпается на нижний транспортер. В конце движения по нижнему транспортеру температура тела рыбы должна достигать заданного значения.

Достижение рыбой температуры $+(1-2)^{\circ}\text{C}$ на выходе дефростера должно осуществляться независимо от:

- 1) начальной температуры брикетов мороженой рыбы;
- 2) вида и размера рыбы;
- 3) температуры окружающей среды (работа в зимнее или летнее время);
- 4) производительности дефростера.

Производительность дефростера характеризуется скоростью транспортного конвейера. Последняя определяется производительностью линии разделки рыбы.

Остановка дефростера может быть вызвана его избыточной производительностью или остановкой линии обработки рыбы. Сигнал остановки подается вручную.

Один или два раза в сутки по результатам бактерицидного анализа пробы воды из ванны принимается решение о полной смене ее содержимого. При сливе воды осуществляется ручная мойка из шланга всех элементов дефростационной установки. Контролируемые параметры приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Контролируемые параметры

Наименование параметра	Обозначение	Номинал. значение	Пределы измерен.	Требования к точн. измерения
Температура орошающей воды, °С	Тов	+20	10-25	±2
Температура воды в ванне, °С	Тв	+22	14-30	±2
Скорость транспортера, см/мин	Стр	25	0-100	±2
Давление пара, кгс/см ²	Рп	4	2-6	±0,2
Температура брикета мороженой рыбы, °С	Тбр	-18	-(0-20)	±1
Расход орошающей воды, м ³ /час	Фв	3	0-5	±0,2
Температура рыбы на выходе дефростера, °С	Тр	±1	(+5-5)	±0,5
Температура горячей воды, °С	Тгв	+70	(50-90)	±2
Состояние приводов и запорной арматуры			Вкл-Выкл Откр-Закр	

Регулируемые параметры:

Температура орошающей воды - Тов;

Время дефростации - τ;

Температура воды в ванне - Тв.

Управляющие параметры:

Расход пара - Рп;

Расход горячей воды - Фгв;

Скорость транспортера - Стр

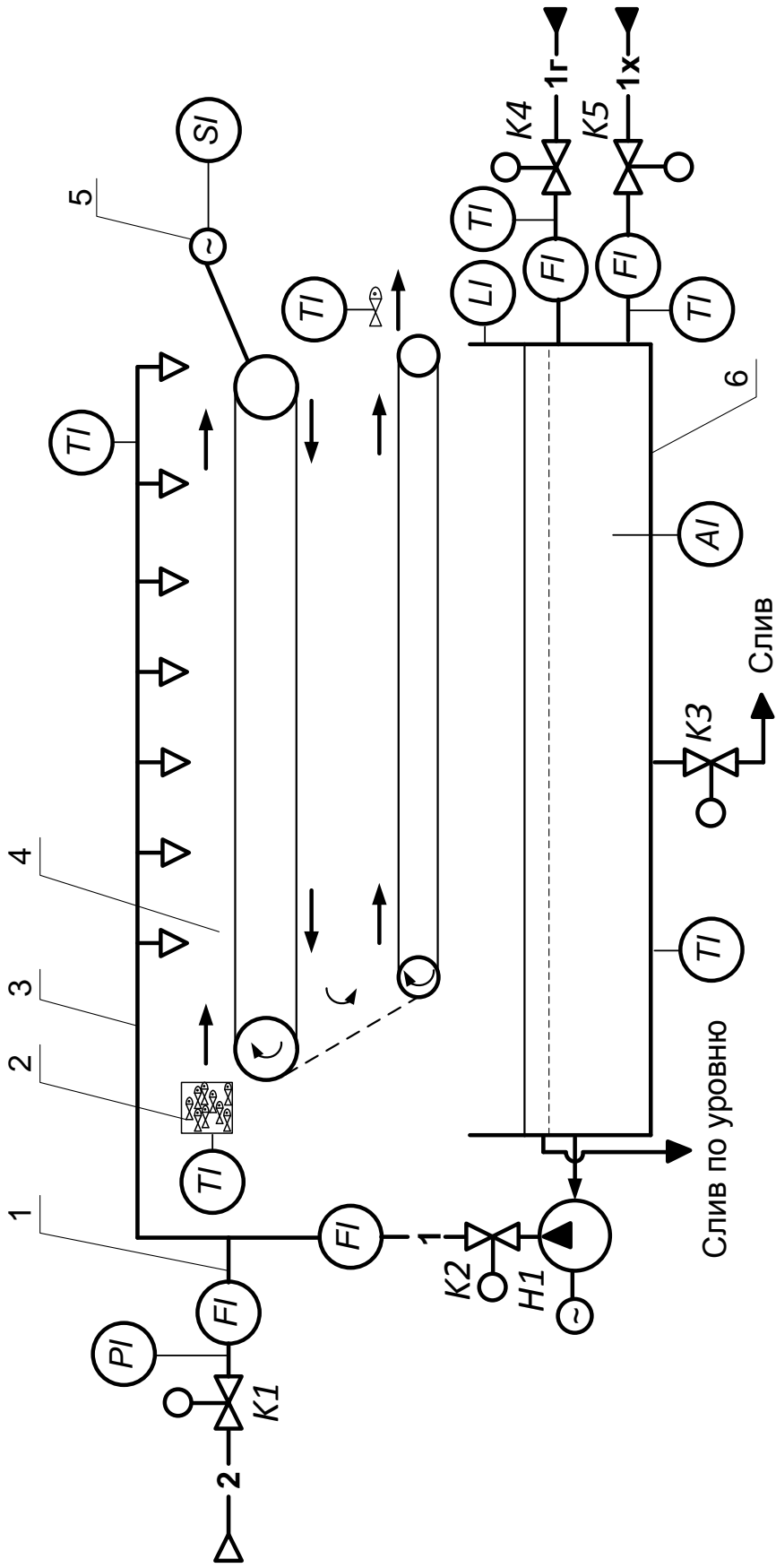


Рисунок 3 - Дефростационная установка

4. Бланширователь

1. Назначение бланширователя - проварка кусочков рыбы в банках в паровой среде на линии производства бланшированных консервов.

Рыба при проварке теряет часть влаги. Недоварка, как и переварка, способствует ухудшению качества консервов, тепловой режим бланширователя - длительность и температура варки - зависит от вида, жирности рыбы и способа разделки, размера и формы кусочков, определяемого номером банки. Для придания рыбе товарного вида - покрытия подсушенной корочки и удаления избытка влаги - на конечном этапе бланширования осуществляют подсушку банок с рыбой горячим воздухом.

2. В производственных условиях бланширование осуществляется в аппаратах различных конструкций – от паровых установок типа ИИС-6 до современных ИТА -206, Н2-ИТА210, в которых теплоносителем служит острый пар.

Бланширователь ИТА -206 содержит (рисунок 4) полугерметичный корпус с наружным размером 3 х 4 х 12 м, к которому с боков подходят транспортеры загрузки (ТЗ) и выгрузки (ТВ), а внутри размещается конвейер банконосителей (КБ) с примерно 500 банконосителями-противнями. Внутри корпуса перегородками выделены камеры проварки (КПр) и подсушки (КПо), через которые проходит КБ. В передней части бланширователя имеются устройства механической загрузки (УЗ) и выгрузки (УВ) банок. Аппарат связан с магистралями подачи пара, воды, слива конденсата, воды и бульона.

Пар из магистрали через управляемый клапан поступает сначала в калориферы вентиляторов В1 и В2 (показан на рисунке 4 один В1), а затем через парораспределитель 1 свободно выходит в КПр 1. Банки с рыбой посредством ТЗ и УЗ подаются на противни КБ сначала дном вниз, а затем переворачиваются дном вверх. В таком положении банки поступают в нижнюю часть бланширователя, омываются водой из душа 2, затем заходят в КПр, в которой рыба варится при температуре 95-98 °С. Из КПр банки поступают в КПо (поз. 3), где при работающих вентиляторах поддерживается температура 110-120 °С. Из КПо банки подаются на УВ, с помощью которого выталкиваются на ТВ и одновременно переворачиваются дном вниз. В процессе бланширования ТВ перемещается равномерно с заданной скоростью, определяемой производительностью консервной линии. Перевернутые банки позволяют самотеком удалить бульон, образующийся при варке рыбы. Бланширователь имеет сборник смазочного масла 3.

3. Основная задача регулирования - поддерживать заданные значения температур в КПр и КПо. Температуру в КПр изменяют дросселированием пара, а в КПо - числом включенных вентиляторов. Задачу регулирования можно расширить, представляя ее как оптимизационную. В качестве критерия качества работы бланширователя следует принять заданную величину потери массы рыбы при варке. требуемая потеря массы рыбы задается технологом, исходя из вида, жирности рыбы и других факторов. Текущее значение потери массы рыбы определяется взвешиванием банок на входе и выходе аппарата.

Имеется датчик-счетчик банок на входе. Задача оптимизатора заключается в пошаговом поиске такого теплового режима, при котором достигается заданное качество бланширования.

4. С целью экономного использования пара и электроэнергии необходимо автоматизировать процессы пуска и остановки бланширователя.

Пуску должны предшествовать условия: наличие рабочего уровня масла в маслосборнике, закрытое состояние всех вентилях и отключенное состояние электропривода. По команде "Пуск" должна включиться САР температуры в КПр (паровой вентиль сначала полностью открывается, идет интенсивный прогрев бланширователя). При достижении температуры в КПр рабочего значения подается световой сигнал на разрешение включения транспортеров (транспортеры имеют общий привод, их включение должно осуществляться вручную по соображениям техники безопасности). При поступлении сигнала, подтверждающего включение транспортеров, включается душ для мойки банок и далее ожидается поступление банок с рыбой на вход бланширователя. Как только банки подошли (условие означает начало загрузки аппарата), включается счетчик длины цепи (или числа банкноситеелей) КБ. При поступлении в счетчик числа 300, означающего, что противни с банками подошли к выходу КНР, включается САР температуры в Кпо, и температура набирает нужное значение. Бланширователь считается выведенным на рабочий режим.

5. Режим программной остановки начинается с момента прекращения подачи банок на вход бланширователя. Условием остановки аппарата является его полное освобождение от продукта. Для этого по сигналу о прекращении поступления банок (окончании загрузки) включается счетчик длины цепи КБ. При отсчете числа 300, означающего, что освобожденный от банок участок конвейера банкноситеелей подошел к выходу КНР, подается сигнал на выключение САР температуры в КПр (подача пара прекращается). При последующем отсчете числа 400, означающего, что конвейер без банок прошел камеру подсушки, выдается сигнал выключения САР температуры в КПо (включаются В1 и В2). При отсчете числа 500, означающего, что все банки выгружены, подается сигнал на выключение транспортеров бланширователя. На этом режим программной остановки заканчивается. При срочной остановке электропривода транспортеров, вызванной перекосами, заклиниваниями банок и т. д. (соответствующий сигнал подается вручную), необходимо выключить САР температуры в обеих камерах. Контролируемые параметры приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Контролируемые параметры

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значение	Пределы измерения	Требования к точности измерения
Температура в камере, °С	$T_{\text{ПР}}$	96	95-98	± 2
Температура воздуха в камере подсушки, °С	$T_{\text{ПС}}$	115	110-120	± 2
Температура пара в паропроводе, °С	$T_{\text{П}}$	140	130-150	± 2
Давление пара в паропроводе, кгс/см ²	$P_{\text{П}}$	5	4-6	$\pm 0,1$
Расход пара, кг/ч	$F_{\text{П}}$	650	500-800	± 10
Скорость транспортера, м/с	$S_{\text{ТР}}$			
Количество банок, шт.	N			
Масса рыбы, кг	W			
Уровень смазочного масла в сборнике, м	L			
Состояние приводов и запорной арматуры			Вкл-Выкл Откр-Закр	

Регулируемые параметры:

Температура в камере подсушки – $T_{\text{ПС}}$;

Температура в камере проварки – $T_{\text{ПР}}$;

Управляющие параметры:

Расход пара – $F_{\text{П}}$;

Расход воздуха (количество включенных вентиляторов) – $F_{\text{В}}$;

Возмущающие параметры:

Нагрузка бланширователя.

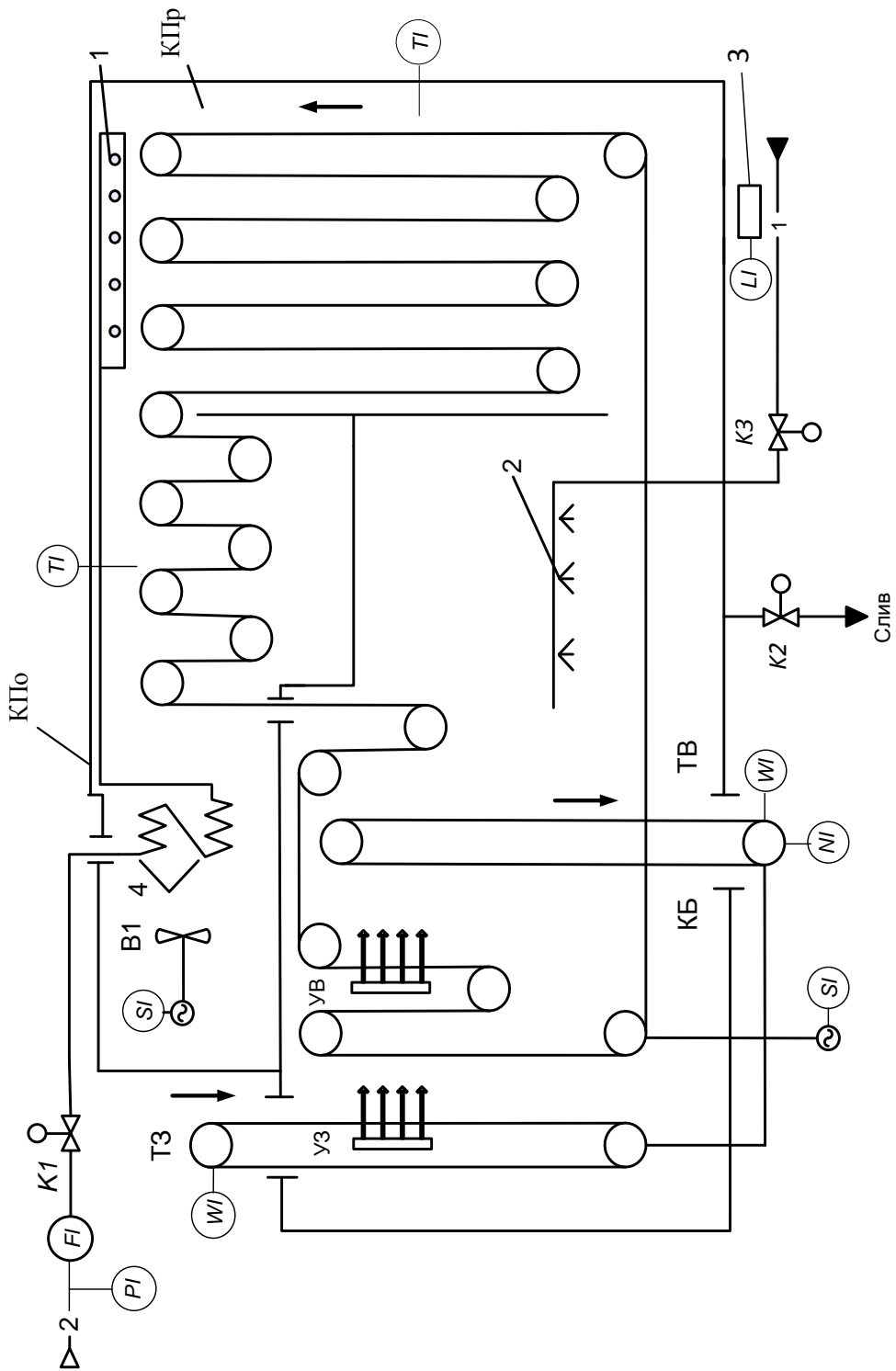


Рисунок 4 - Бланширователь

5. Обжарочная печь туннельного типа

Назначение обжарочной печи – кратковременная термическая обработка в масле рубленых полуфабрикатов с начинками с целью повышения механической прочности поверхностного слоя, образования золотистой корочки, уничтожения поверхностной микрофлоры.

Обжарочная печь входит в состав линии производства рубленых полуфабрикатов с начинками. Содержит транспортер, теплоизолированный корпус, в котором установлена масляная ванна (рисунок 5). Прогрев масла до необходимой температуры осуществляется двумя теплообменниками. Панированные полуфабрикаты посредством транспортера подаются в ванну и перемещаются в слое кипящего масла. Прижимной транспортер предотвращает всплывание продукта.

Аппарат снабжен системой очистки масла. Грубые загрязнения оседают на дно ванны. Масло по трубопроводу забирается из конечной части ванны насосом, прокачивается через фильтр, где процеживается через ткань, грубые загрязнения оседают и удаляются через проход в бадью, а чистое масло сливается и по трубопроводу возвращается в переднюю часть аппарата.

Режимы работы печи: 1) заполнение ванны маслом; 2) прогрев масла; 3) обжаривание поступающих полуфабрикатов и пополнение израсходованного масла; 4) фильтрация масла; 5) слив масла; 6) остановка.

1. Режим заполнения ванны маслом. Исходное состояние: уровень масла на нулевой отметке, клапаны маслопровода закрыты, привод транспортера выключен. Открывается клапан для подачи масла. Работает регулятор уровня масла в ванне.

2. Режим прогрева масла. Исходное состояние – уровень масла на рабочей отметке, клапан для подачи масла закрыт. Открываются клапаны для подачи нагретого пара в теплообменники. Работает регулятор температуры масла в ванне.

3. Режим обжаривания полуфабрикатов и пополнения масла. Исходное состояние – достижение рабочего значения температуры масла в ванне. Включается привод транспортера. Работает регулятор скорости транспортера. Пополнение уровня необходимо в связи с удалением части масла вместе с обжаренным полуфабрикатом.

4. Фильтрация масла. В процессе обжаривания масло в печи загрязняется осыпающейся панировкой, тем самым качество его снижается. Чтобы не допустить снижения качества масла, используется регулятор его плотности. При превышении рабочего значения плотности открываются клапаны и включаются насосы для подачи загрязненного масла в фильтр и очищенного масла из фильтра в печь, тем самым осуществляется очистка масла. Также контролируется расход масла.

5. Режим слива. Осуществляется по специальной команде «Слив» после остывания содержимого ванны. Исходное состояние: клапаны для подачи нагретого пара в теплообменники закрыты, привод транспортера выключен, температура масла не выше 40 °С.

6. Режим остановки осуществляется по окончании работы линии или при необходимости проведения ремонтно-профилактических работ.

В состав САУ, обеспечивающей режимные параметры обжарочной печи, входят:

- 1) САУ уровня масла;
- 2) САУ температуры масла;
- 3) САУ скорости транспортера;
- 4) САУ плотности масла.

Контролируемые параметры приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Контролируемые параметры

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значение	Пределы измерения	Требования к точности измерения
Температура масла в печи, °С	T_M	180	(140÷200)	±2
Уровень масла, мм	L_M	53	(0÷80)	±0,5
Скорость транспортера, м/с	S_{TP}	0,3	(0÷1)	±0,05
Расход масла, м ³ /ч	F_M	2,04	(0÷5)	±0,5
Плотность соевого масла, кг/м ³	D_M	830	(800-1000)	±1

Регулируемые параметры:

Температура масла – T_M ;

Уровень масла (над транспортером) – L_M ;

Скорость транспортера – S_{TP} ;

Плотность масла – D_M .

Управляющие параметры:

Расход масла – F_M ;

Расход пара – F_{II} ;

Напряжение на электроприводе транспортера – $U_{пр}$.

Для заполнения ванны 1 маслом открывают клапан К1. При заполнении ванны необходимо обеспечить рабочий уровень масла L_M , равный заданному значению L_3 . Включают САУ уровня масла. При превышении L_M заданного значения L_3 открывают клапан для слива масла К2. При недостаточном L_M клапан 1 для подачи масла приоткрывают, чтобы достичь заданного значения L_3 . Как только рабочий уровень масла L_M достигает заданного значения, клапан 1 закрывают.

Для обеспечения прогрева масла открывают клапаны К3 и К4 для подачи нагретого пара в теплообменники 2. Включают САУ температуры масла. Начинают корректировку температуры масла T_M . Если рабочее значение T_M превышает заданное T_3 , прикрывают клапаны К3 и К4 для подачи нагретого пара в теплообменники. При недостаточной T_M приоткрывают клапаны К3 и К4, чтобы достичь заданного значения T_3 .

Для обеспечения режима обжаривания включают транспортер 3. Контроль процесса обжаривания производится при регулировании скорости

транспортера $S_{тр}$, которая должна быть равна заданному значению S_3 . Включают САР скорости транспортера (времени обжаривания). При превышении $S_{тр}$ заданного значения S_3 уменьшают скорость транспортера.. При недостаточной $S_{тр}$ увеличивают скорость транспортера, чтобы достичь заданного значения S_3 .

Контроль качества масла производится регулированием плотности масла D_m , которая должна быть равна заданному значению D_3 . Включают САР плотности масла. При превышении D_m заданного значения D_3 открывают клапаны К5 и К6 (соответственно) и включают циркуляционные насосы для подачи загрязненного масла в фильтр и очищенного масла в печь.

Контролируют расход масла.

По окончании работы линии транспортер выключают, клапаны К3 и К4 для подачи нагретого пара в теплообменники закрывают, САР температуры масла, уровня масла, времени обжаривания, плотности масла выключают. Производят слив масла открытием клапана К2. По окончании слива клапан К2 закрывают.

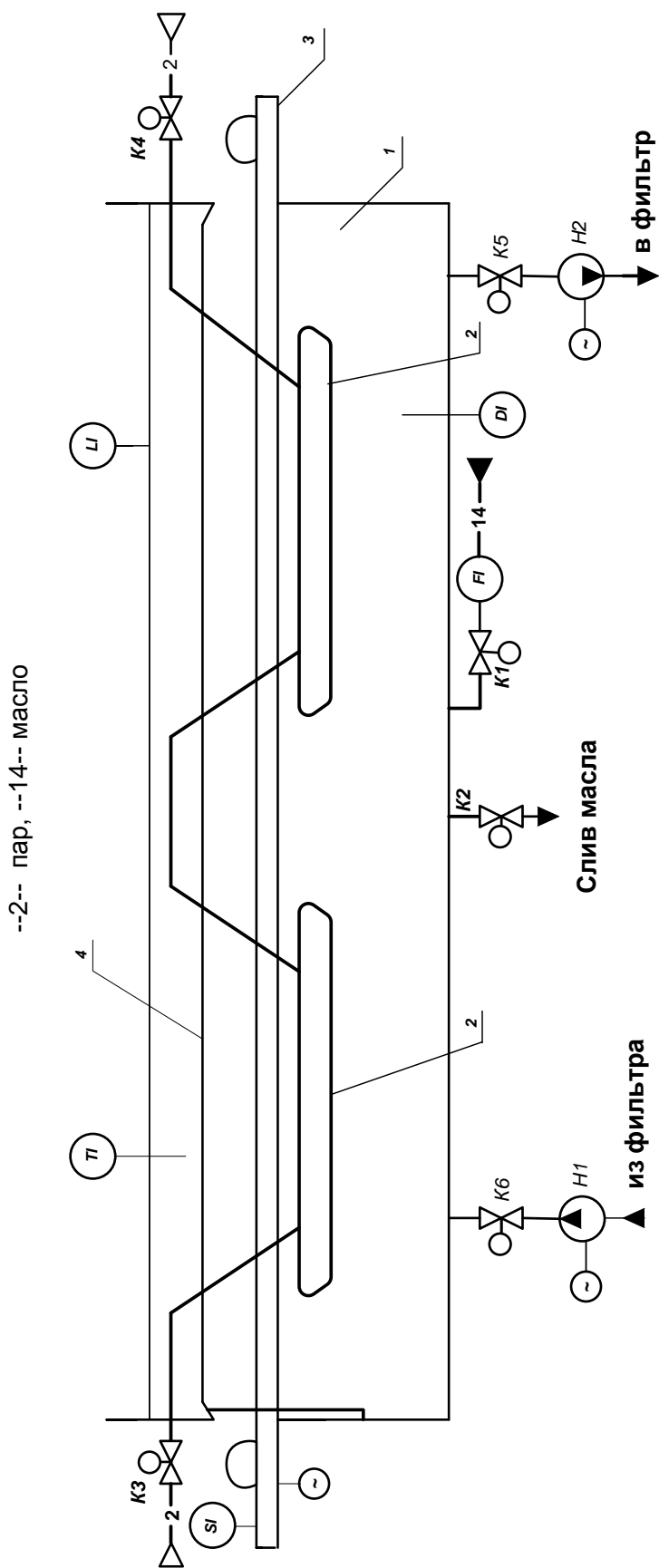


Рисунок 5 - Обжарочная печь туннельного типа

1 - масляная ванна обжарочной печи, 2 - теплообменник, 3- транспортер, 4- прижимной конвейер
Клапаны:

K1 - для подачи масла, K2 - для слива масла, K3, K4 -для подачи нагретого пара в теплообменники, K5 - для подачи загрязненного масла в фильтр, K6 - для подачи очищенного масла в печь

6. Камерная коптильная установка

Камерная коптильная установка предназначена для холодного копчения рыбы, мясопродуктов, колбас и птицы. В зависимости от конструктивных особенностей оборудования различают копчение в установках камерного, туннельного и башенного типов.

Копчение в установках камерного типа выполняют в специальных небольших камерах периодического действия, где в одном объеме проводят все стадии обработки (подсушку, собственно копчение, проваривание и т. д.).

С учетом широкого размерного диапазона продуктов, подлежащих сушке и копчению, в камерной коптильной установке предусмотрено применение универсальной технологической тележки с подвешиванием продуктов на рейках, универсальных вешалках или шомполах. Продукты небольшого размерного ряда могут размещаться на сетках или противнях. Достоинствами копчения в установках камерного типа являются высокое качество продукции, простота и удобство обслуживания. К недостаткам относится ручной труд при загрузке камер и проблемы с равномерным распределением коптильной среды при наращивании объема камеры.

Принцип работы установки основан на копчении в условиях рециркуляции дымовоздушной смеси (ДВС). Подача воздуха в камеру смешения КС осуществляется с помощью вентилятора В1. Дым, образуемый в дымогенераторе, смешивается с воздухом в КС, и далее вентилятором В2 образуемая ДВС поступает в коптильную камеру (рисунок 6).

Работа камеры устройства заключается в выполнении технологических операций:

- подсушки, предназначенной для снижения процентного содержания влаги в продукте;
- копчения, придающего продукту новые гастрономические качества;
- продувки, освобождающей камеру от дыма и снижающей температуру конечного продукта.

Калорифер предназначен для подогрева ДВС до температуры обработки продукта, регламентируемой нормативно-технической документацией, параметры его работы регулируются количеством включенных ТЭНов.

Перемещение воздуха при сушке и вялении и ДВС при копчении обеспечивается работой вентилятора В2, имеющего возможность работать в реверсивном режиме, что способствует рециркуляции ДВС и равномерному обволакиванию дымом обрабатываемого продукта. При рециркуляции часть отработанной смеси удаляется в атмосферу.

В соответствии с видом продукта задаются время цикла копчения, температура, скорость и плотность ДВС. Контролируемые параметры приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Контролируемые параметры

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значение	Пределы измерения	Требования к точности измерения
Температура ДВС, °С	$T_{ДВС}$	30	20-40	$\pm 2,5$
Относительная влажность ДВС, %	$M_{ДВС}$	40	30-90	± 6
Оптическая плотность ДВС, Б	$Q_{ДВС}$	50	40-70	± 1
Скорость ДВС, м/с	$V_{ДВС}$	3	1-10	$\pm 0,6$
Температура дыма на выходе дымогенератора, °С	$T_{д}$	35	20-40	$\pm 0,5$
Мощность ТЭНов, Вт	кВт	1	05-2	$\pm 0,5$
Продолжительность копчения, ч	τ		8-72	$\pm 0,5$

Регулируемые параметры

Температура ДВС - $T_{ДВС}$, °С;

Скорость ДВС - $S_{ДВ}$, м/с;

Оптическая плотность ДВС - $Q_{ДВ}$, %;

Относительная влажность ДВС - $M_{ДВ}$, %.

Управляющие параметры:

Мощность ТЭНов - T , Вт;

Положение регулирующих заслонок – G .

Циркуляция теплого воздуха через теплоснабжение и зоны подсушки осуществляется с помощью вытяжного вентилятора В1. Вытяжной вентилятор В2 обеспечивает движение ДВС через зоны копчения. Смещение дыма и теплого воздуха осуществляется в 16-й зоне копчения (рисунок 7).

В соответствии с видом и жирностью рыбы задаются цикл копчения, температура, скорость и плотность ДВС на участке копчения, температура и скорость воздуха на участке подсушки. Контролируемыми параметрами являются: влажность ДВС в зонах 6, 8 и 14, температура дыма на входе в туннель, влажность воздуха в камере подсушки. Предусматривается пожарная сигнализация и система пожаротушения, которая обеспечивает подачу пара в туннель (клапан К4).

Туннельная печь относится к установкам непрерывного действия. Работает в режимах: подготовка и копчение, программная остановка, которые осуществляются автоматически. Режим подготовки и копчения: загрузка первой клетки в туннель, включение вентилятора В1, пуск привода транспортера на заданную скорость. По мере продвижения клетки происходит загрузка туннеля последующей клетью. При заполнении участка подсушки клетями включаются вентилятор В2 и дымогенератор 3. Печь выводится на заданный температурный режим. При подходе клетки к выходу срабатывает световая сигнализация, открываются выходные створки, и клеть подается на выгрузку. Затем створка закрывается до подхода следующей клетки. Режим программной остановки: при отсутствии клетей в камере подсушки отключается вентилятор В1; при выходе последней клетки из зоны 12 отключаются вентилятор В2 и привод транспортера, закрываются управляемые вентили, прекращается подача дыма из дымогенератора. Контролируемые параметры приведены в таблице 8.

В состав САУ, обеспечивающей режимные параметры туннельной печи, кроме программного регулятора, входят следующие системы:

- САР скорости цепного конвейера – датчик скорости, управляемый электропривод;
- САР температуры воздуха на участке подсушки - термодатчик, регулируемый паровой вентиль;
- САР скорости воздуха на участке подсушки содержит управляемую заслонку, датчик скорости воздуха (напоромер);
- САР температуры ДВС – термодатчик, регулируемый паровой вентиль;
- САР скорости ДВС – напоромер, управляемая заслонка;
- САР плотности ДВС – оптический плотномер дыма, управляемая заслонка на магистрали подачи дыма.

Таблица 8 - Контролируемые параметры

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значение	Пределы измерения	Требования к точности измерения
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Скорость транспортера, м/с	S _{тр}	0,012	0,01–0,015	±0,1
Температура воздуха в зоне подсушки, °С	T _{вп}	40	30–50	±0,5

1	2	3	4	5
Влажность воздуха в зоне подсушки, %	$M_{ВП}$	30	20–50	$\pm 1,5$
Скорость ДВС, м/с	$S_{ДВ}$	5	1–10	$\pm 0,5$
Влажность ДВС, %	$M_{ДВ}$	50	40–60	$\pm 1,5$
Температура ДВС в зонах копчения, °С	$T_{ДВ}$	22	20–40	$\pm 0,5$
Продолжительность копчения, ч	τ		12–72	$\pm 0,5$
Плотность ДВС в зонах копчения, %	$Q_{ДВ}$	40	20–55	± 1
Температура теплого воздуха на входе в туннель, °С	$T_{В}$	90,0-100,0	30–50	$\pm 0,5$
Скорость воздуха в зоне подсушки, м/с	$S_{ВП}$	4	1-10	$\pm 0,5$

Регулируемые параметры:

Скорость цепного конвейера – $S_{ТР}$, м/с;

Температура воздуха в зоне подсушки – $T_{ВП}$, °С;

Скорость воздуха в зоне подсушки - $S_{ВП}$, м/с;

Температура ДВС в зонах копчения - $T_{ДВ}$, °С;

Скорость ДВС - $S_{ДВ}$, м/с;

Плотность ДВС в зонах копчения - $Q_{ДВ}$, %.

Управляющие параметры:

Расход пара в калориферах - $F_{П}$, м³/ч;

Положение регулирующих заслонок – G .

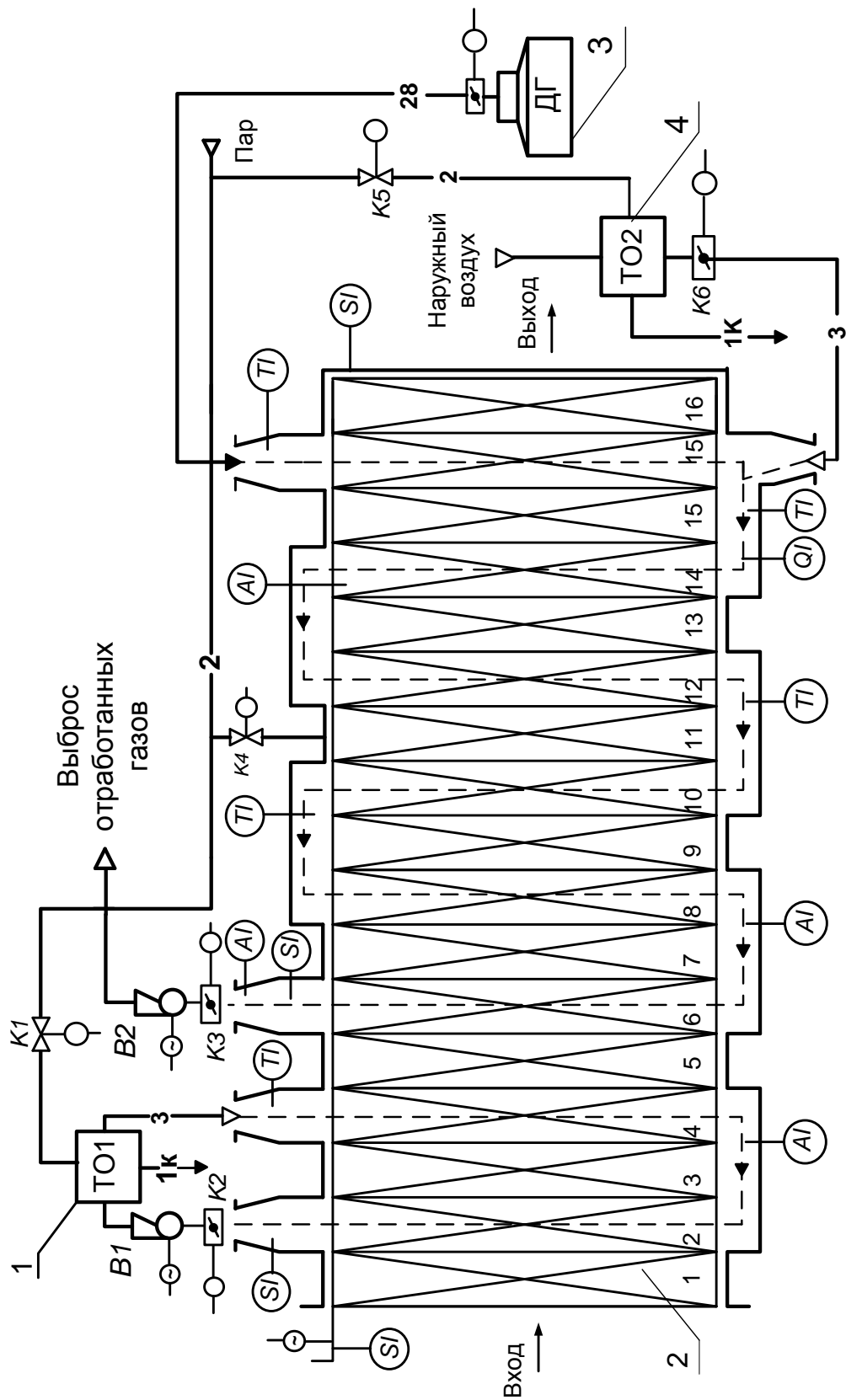


Рисунок 7 - Туннельная копильная установка

8. Двухкорпусная выпарная установка

Выпарные аппараты предназначены для концентрирования жидких растворов практически нелетучих веществ путем частичного удаления растворителя испарением при кипении жидкости. В процессе выпаривания растворитель удаляется из всего объема раствора, в то время как при температурах ниже температур кипения испарение происходит только с поверхности жидкости.

1. Назначение установки - выпаривание подпрессового рыбного бульона от начальной концентрации сухих веществ до заданной конечной.

2. Выпарная установка работает под давлением. Обезжиренный бульон с концентрацией сухих веществ 5-8 % подается насосом Н1 в теплообменник ТО1, в котором осуществляется подогрев бульона конденсатом (рисунок 8). Далее подогретый бульон поступает в нижнюю часть 1-го корпуса выпарной установки. В межтрубное пространство греющей камеры подается первичный (греющий) пар, теплота конденсации которого расходуется на кипение бульона. Частично выпаренный бульон поступает в теплообменник ТО2, где также подогревается конденсатом, поступающим из 2-го корпуса установки. Из теплообменника ТО2 бульон подается в нижнюю часть 2-го корпуса выпарной установки, в межтрубное пространство которой поступает вторичный греющий пар из 1-го корпуса установки. После выпаривания бульон перекачивается из бака-накопителя БН насосом Н2 в сушилку (на рисунке не показана).

3. Выпарная установка относится к устройствам непрерывного действия. Работает в режимах: подготовка, выпаривание, программная остановка.

3.1. Режим подготовки и выпаривания:

- пуск греющего пара, включение насоса Н1 подачи исходного бульона;
- пуск вторичного пара, включение насоса Н2 откачки упаренного бульона;
- выпуск вторичного пара.

3.2. Режим программной остановки:

- при отсутствии исходного бульона отключается насос Н1, прекращается подача греющего и вторичного пара, отключается насос Н2.

4. В состав САУ, обеспечивающей стабилизацию режимных показателей, кроме программного устройства, входят:

- 1) САР концентрации упаренного бульона;
- 2) САР температуры кипения в 1-м корпусе установки;
- 3) САР температуры кипения во 2-м корпусе установки.

Контролируемые параметры приведены в таблице 9.

Таблица 9 - Контролируемые параметры

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значение	Пределы измерения	Требования к точности измерения
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Температура греющего пара, °С	Т гп	119	100-125	±1
Расход греющего пара, кг/с	Ггп	0,4	0-1	±0,01

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Расход исходного бульона, кг/с	Фиб	0,56	0-1	±0,01
Концентрация исходного бульона, %	Сиб	5	0-8	±0,1
Температура исходного бульона, °С	Тиб	90	10-100	±1
Расход упаренного бульона, кг/ч	Фуб	0,18	0-0,3	±0,002
Концентрация упаренного бульона, %	Суб	16	8-20	±0,1
Температура бульона после 1-го корпуса, °С	Туб1	100	90-110	±1
Расход упаренного бульона после 1-го корпуса, кг/с	Фуб1	0,22	0-0,3	±0,01
Температура упаренного бульона после 2-го корпуса, °С	Туб2	103	90-110	±1
Температура вторичного пара, °С	Твп	90	80-100	±1

Регулируемые параметры:

Концентрация упаренного бульона:

Температура кипения в 1-м корпусе установки;

Температура кипения во 2-м корпусе установки.

Управляющие параметры:

Расход первичного греющего пара;

Расход вторичного греющего пара;

Расход исходного бульона.

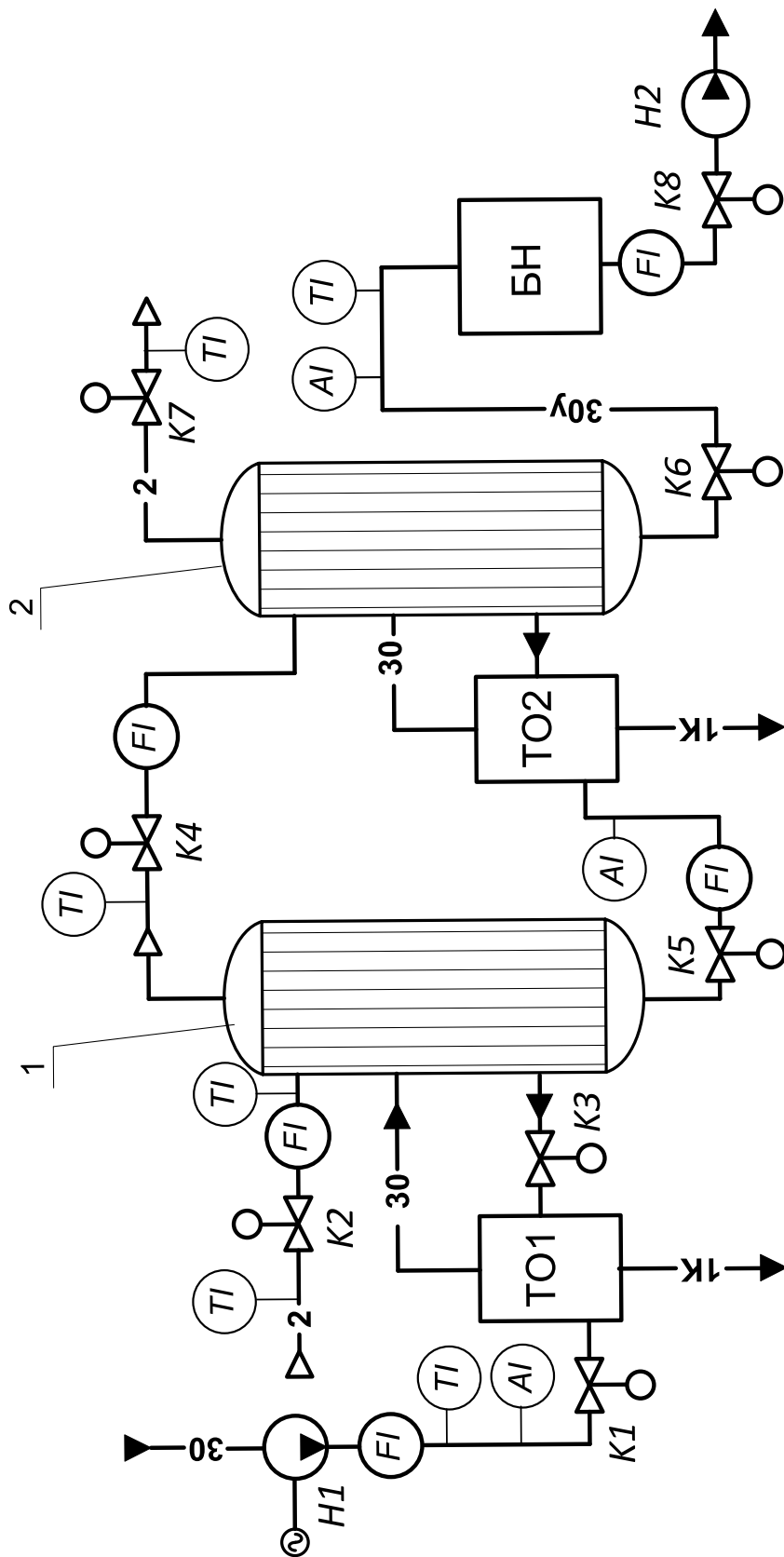


Рисунок 8 - Двухкорпусная выпарная установка

9. Сублимационная установка

Сублимационная установка предназначена для сублимационной сушки рыбы и морепродуктов. В процессе сублимационной сушки обеспечивается глубокий вакуум, под действием которого происходит интенсивное испарение влаги с поверхности и из глубины продукта. В результате отдачи тепла вода в продукте быстро замерзает, минуя жидкую фазу. Таким образом, сублимация представляет собой сушку продуктов с помощью быстрого охлаждения и вымораживания содержащейся в них воды в вакууме. В результате из продукта испаряется практически вся влага, и его влажность не превышает 8-10 %.

Установка состоит из сублиматора, представляющего собой камеру с обогреваемыми плитами и двумя конденсаторами-вымораживателями, электронагревателя воды НВ, насоса, перекачивающего хладагент Н1, циркуляционного насоса Н2 с системой оттайки конденсаторов-вымораживателей, вакуум-насоса Н3 и трубопроводов с запорно-регулирующей арматурой (рисунок 9).

Подлежащий сублимации продукт укладывается в камере в непосредственной близости от обогреваемых плит. В контрольные образцы продукта вводят игольчатые термомпары для контроля за температурой процесса. После герметичного закрытия двери включается вакуум-насос, открываются соленоидные клапаны К3 и К4, и хладагент от холодильной установки подается в конденсаторы-вымораживатели. Одновременно запускается циркуляционный насос и открываются трехходовые клапаны К5 и К6 для пропускания горячей воды на обогрев плит. Под влиянием вакуума и подачи тепла от плит происходит сушка продукта. За счет испарения части влаги температура продукта быстро снижается до заданной температуры сублимации (минус 18–минус 20 °С). Испаряющаяся влага вымораживается в конденсаторе, а часть паров удаляется вакуум-насосом. По истечении нескольких часов из продукта удаляется часть влаги, и его температура начинает повышаться. Процесс считается законченным, если температура внутри контрольных кусочков продукта повысится до 30-40 °С.

По окончании сушки останавливаются вакуум-насос и циркуляционный насос контура горячей воды, закрываются клапаны К3 и К4, а трехходовые клапаны переключаются для прохода холодной воды через плиты обогрева. Затем вакуум нарушается, дверь сублиматора открывается, производится его разгрузка и подготовка к следующему циклу работы.

В цикл подготовки входит оттаивание конденсаторов-вымораживателей горячим хладагентом. Для этого включается циркуляционный насос, под действием которого подогретый хладагент поступает в конденсаторы-вымораживатели. После оттаивания намерзшего на них льда система оттаивания выключается. Контролируемые параметры приведены в таблице 9.

Таблица 9 - Контролируемые параметры

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значение	Пределы измерения	Требования к точности измерения
Температура сублимации, °С	T _c	-19	18–20	±0,5
Продолжительность сублимации, мин	τ	50	40–60	±2
Давление в аппарате, Па	P _c	50	0,8–2	±0,05
Температура продукта в конце сублимации, °С	T _{ПР}	35	30–40	±0,5
Температура воды на входе в сублиматор, °С	T _{ВХ}	90	0–100	±1
Температура воды на выходе из сублиматора, °С	T _{ВЫХ}	30	25–40	±1
Температура хладагента, °С	T _Х	-40	-(38–42)	±1

Регулируемые параметры:

Температура воды на входе в сублиматор - T_{ВХ}, °С;

Температура хладагента - T_Х, °С;

Температура плит сублиматора - T_{ПЛ}, °С.

Управляющие параметры:

Мощность ТЭНов - T, Вт;

Расход горячей воды - G_В, м³/ч.

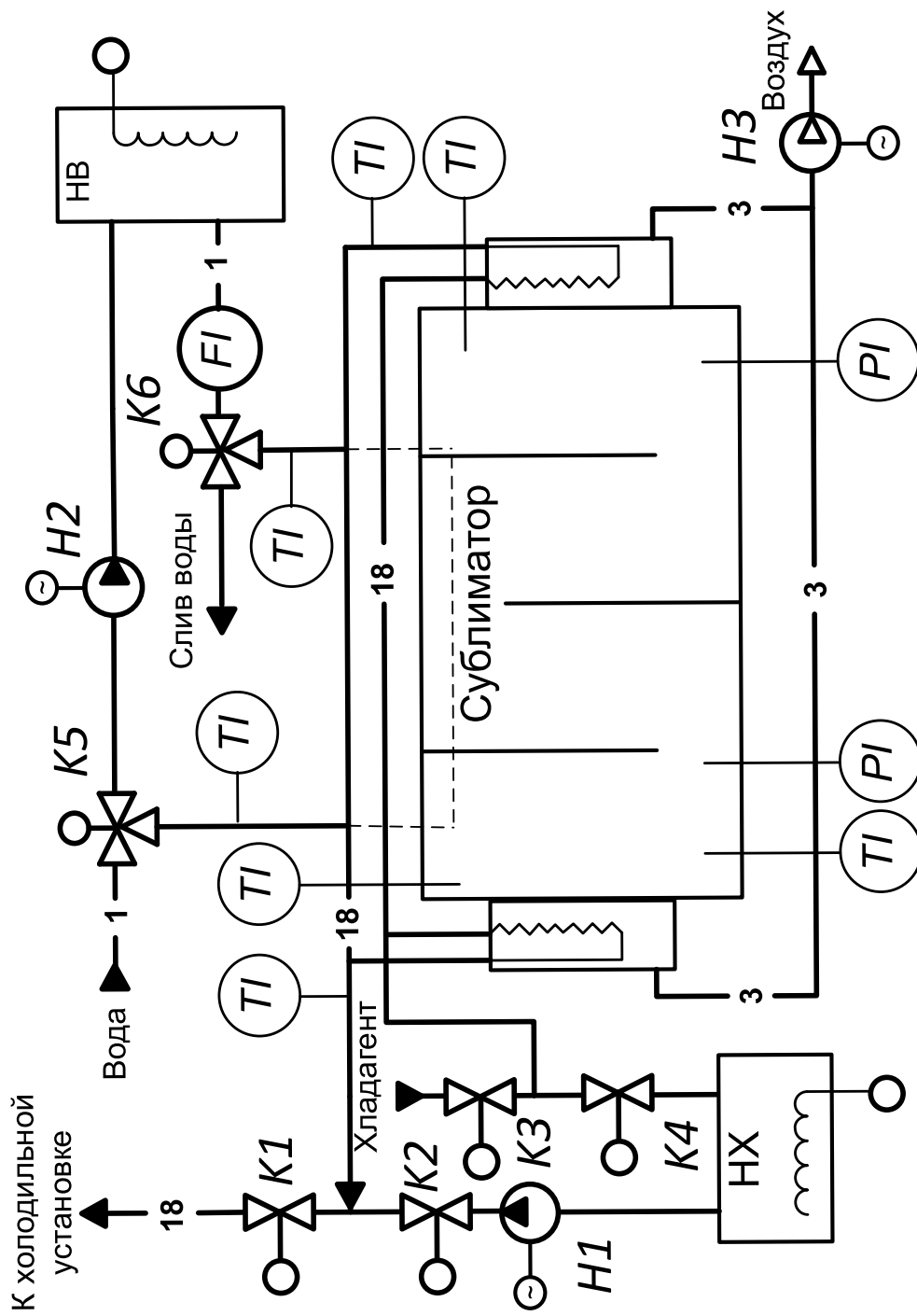


Рисунок 9 - Сублимационная установка

10. Котельная установка

Котельная установка предназначена для обеспечения острым паром, используемым на технологические нужды, предприятий различных отраслей, а также для систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения объектов промышленного и бытового назначения.

Процесс получения пара протекает в следующем порядке: центробежными насосами питательная вода непрерывно подается в барабан котла, ее давление выше давления вырабатываемого пара (рисунок 10). Прежде чем попасть в барабан котла, питательная вода проходит через экономайзер, подогреваясь в нем до температуры кипения. Барабан котла служит распределителем котловой воды и сборником образующегося пара. С помощью опускных труб вода из барабана поступает в нижние коллекторы, к которым присоединяются трубы экранов, вертикально установленные по внутренним стенкам поточной камеры. В результате радиационного нагрева экранных труб находящаяся в них вода закипает, образовавшиеся пузырьки пара стремятся вверх, увлекая за собой еще не вскипевшую воду. По направлению к барабану котла в трубах экрана образуется поток пароводяной смеси. Так как гидростатическое давление пароводяной смеси в экранных трубах меньше, чем вес столба воды в опускных трубах, в замкнутой гидравлической системе образуется устойчивое движение – естественная циркуляция.

Дымовые газы из топки отсасываются дымососом и выбрасываются через дымовую трубу в атмосферу. Для обеспечения нормального режима горения топлива в топку вентилятором подается воздух. Таким образом, в топку котла подаются воздух и топливо, а отсасываются дымовые газы; в барабан котла подается питательная вода, а отбирается водяной пар.

Регулирование процесса горения осуществляется после заполнения котла водой. При открытых вентилях подачи мазута и воздуха производится поджиг факела, далее осуществляется контроль за наличием факела.

Другим конструктивным вариантом котельной установки может являться установка, в которой качестве топлива можно использовать газ. После заполнения котла водой сигналы с контроллера на исполнительные механизмы включают электродвигатели вентилятора и дымососа для продувки газопроводов котельной установки. САР расхода газа обеспечивает поддержание постоянной температуры воды, вырабатываемой котлом. Функцию регулятора температуры выполняет контроллер, сигнал на который поступает от датчиков температуры воды на выходе и входе. При отклонении температуры от рабочего значения регулятор воздействует на исполнительный механизм, управляющий клапаном подачи газа. Контролируемые параметры приведены в таблице 11.

Таблица 11 - Контролируемые параметры

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значение	Пределы измерения	Требования к точности измерения
Давление пара в барабане котла, кгс/см ²	Рп	14	1–18	±0,5
Уровень воды в барабане котла, мм	Лв		± 315	±10
Разряжение в топке котла, Па	Рт	20	15–30	±1
Давление воздуха, кПа	Рв	1,5	1–3	±0,05
Расход воздуха, м ³ /ч	Фв	300	100–500	±1
Расход мазута, м ³ /ч	Фм	0,3	0–0,5	±0,05
Расход воды, м ³ /ч	Фвд	0,5	0–0,1	±0,05

Регулируемые параметры:

Давление пара в барабане котла - Рп, кгс/см²;

Уровень воды в барабане котла - Лв, мм;

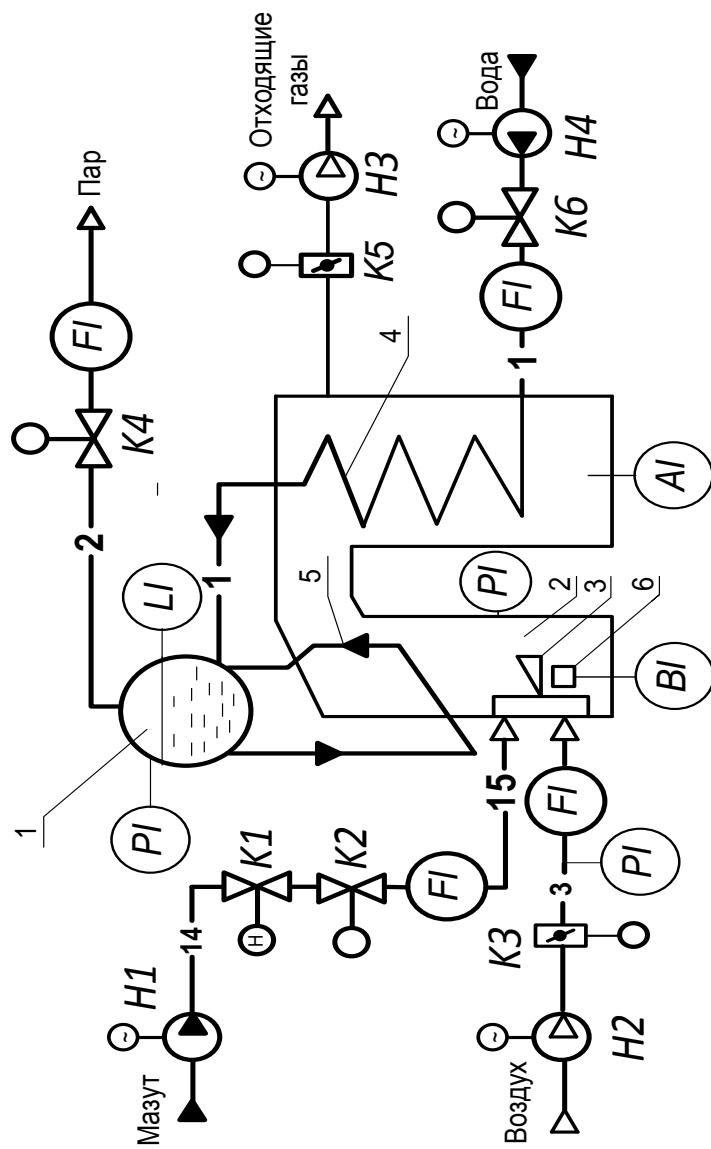
Разряжение в топке котла - Рт, Па.

Управляющие параметры:

Расход воздуха - Фв, м³/ч;

Расход мазута - Фм, м³/ч;

Расход воды - Фвд, м³/ч.



1 – барабан котла; 2 – толка; 3 – факел; 4 – экономайзер; 5 – трубки котла;
6 - устройство поджига факела

Рисунок 10 - Котельная установка

11. Варочный котел

Варка является основным способом тепловой обработки пищевых продуктов в жидкой или парообразной среде. В процессе варки продукты погружаются полностью в обогревающую среду, где они равномерно прогреваются по всему объему.

Процесс варки морской капусты является ключевым при производстве пресервов. Варку осуществляют в различных типах варочных котлов, которые подразделяют на электрические и паровые.

Для получения высококачественного готового продукта с наименьшими затратами необходимо применение современного высокотехнологичного оборудования.

Паровые пищеварочные котлы целесообразно использовать на предприятии общественного питания, которое располагается на территории завода, имеющего собственную котельную, вырабатывающую пар для технологических целей.

Контролируемые параметры приведены в таблице 12.

Таблица 12 - Контролируемые параметры

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значение	Пределы измерения	Требования к точности измерения
Температура воды в варочном котле, °С	t_v	75	50 – 100	± 1
Время варки, мин	τ	30	10 – 50	± 1
Уровень воды, мм	L_v	220	200 – 240	± 10
Расход воды, м ³ /ч	F_v	2	1 – 3	$\pm 0,1$
Вес брикета сушеной морской капусты, кг	$M_{бр}$	20	–	$\pm 0,1$

Регулируемые параметры:

Уровень воды в котле - L_v ;

Температура воды в котле – T_v .

Управляющие параметры:

Расход пара – $F_{п}$;

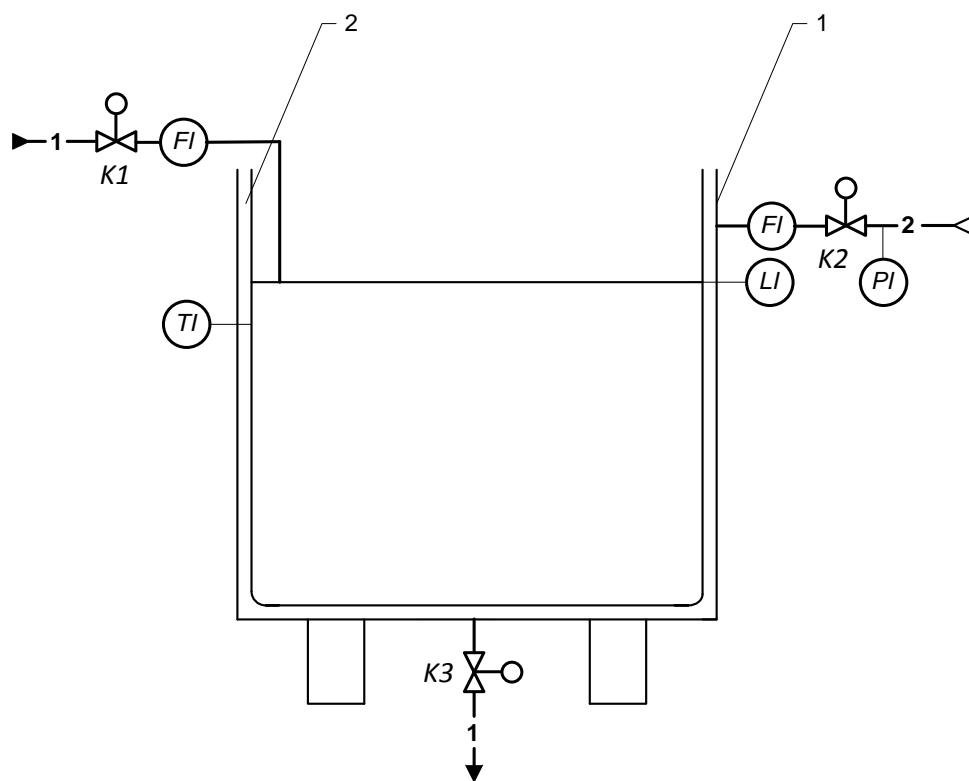
Расход воды - F_v .

Возмущающие параметры:

Расход капусты на входе в котел – F_k .

Перед тем как начать процесс варки сырья, необходимо наполнить варочный котел холодной водой до необходимого уровня. Для этого открывают вентиль подачи холодной воды. При превышении L_v заданного значения вентиль слива воды К3 открывают. При недостаточном L_v вентиль подачи холодной воды К1 открывают. Как только уровень воды L_v достигнет заданного значения, закрывают вентиль подачи холодной воды и открывают вентиль подачи горячего пара К2. Начинается увеличение температуры воды в котле до тех пор, пока T_{v1} не достигнет T_{31} . При повышении T_{v1} заданного

значения T_{31} вентиль подачи пара закрывают. При недостаточной T_{B1} вентиль подачи пара открывают. Затем открывают крышку варочного котла и подают брикет сушеной морской капусты необходимой массы. Закрывают крышку варочного котла и приоткрывают вентиль подачи пара. Начинается контроль температуры воды в котле до тех пор, пока T_{B2} не достигнет T_{32} . При повышении T_{B2} заданного значения T_{32} вентиль подачи пара закрывают. При недостаточной T_{B2} вентиль подачи пара открывают. Как только $T_{B2} = T_{32}$, контролируют продолжительность варки. Если $\tau_{\text{варки}} = \tau_3$, закрывают вентиль подачи пара. Начинается процесс охлаждения содержимого котла, для этого открывают вентиль слива воды до тех пор, пока $L_B = 0$. Далее закрывается вентиль слива горячей воды и открывается вентиль подачи холодной воды. Регулируем уровень воды в котле. При повышении L_B заданного значения L_3 вентиль слива воды открывают. При недостаточном L_B вентиль подачи холодной воды открывают. Как только уровень воды L_B достигнет заданного значения L_3 , закрывают вентиль подачи холодной воды. Начинается контроль продолжительности охлаждения и температуры морской капусты. При повышении $T_{\text{МК}}$ заданного значения $T_{33}^{\text{МК}}$ увеличивают продолжительность охлаждения. Как только $\tau_{\text{охл}} = \tau_3$ и $T_{\text{МК}} = T_{33}^{\text{МК}}$, открывают крышку варочного котла, и начинается подача содержимого котла на моечный аппарат.



1 - варочный котёл, 2 - паровая рубашка

Рисунок 11 - Варочный котел

12. Вакуумный массажер

К наиболее важному технологическому процессу, формирующему качество мясных продуктов и их стойкость при хранении, относится посол - обработка сырья поваренной солью или солью в сочетании со специями, сахарами, при которой происходят изменения мышечных и соединительнотканых белков, микроструктуры и массы мясного сырья, содержания и форм связи влаги, стабилизация окраски, накопление веществ, обуславливающих вкус и аромат готовых изделий, и другие сложные массообменные и биохимические процессы. Для изготовления деликатесной продукции используют инъекторы и массажеры - машины, которые позволяют ускорить процесс посола, равномерно распределить рассол внутри продукта, размягчить соединительную ткань.

Массажеры - машины, процесс массирования в которых происходит бережно за счет трения о лопасть, стенки емкости и продукта о продукт. Массажеры позволяют достичь эффективного результата массирования: лучше распределить рассол за меньший промежуток времени и при этом практически полностью исключить разбиение продукта (рисунок 12).

Перед тем как начать процесс массирования, сырье необходимо загрузить в барабан вакуумного массажера 2. При поступлении сырья на операцию «Массирование» контролируют его качество. Если сырье соответствует всем требованиям качества, открывают люк 1 и засыпают вручную смесь сухих

ингредиентов в соответствии с рецептурой, а затем, с помощью подъемника-загрузчика, вносят мясо цыпленка. Массажер закрывают. К фланцу люка 1 присоединяют быстросъемную муфту шланга подачи воды, открывают клапан 2 и заливают воду в необходимом количестве из мерной емкости 5. Затем клапан 2 закрывают и отсоединяют шланг.

Отсоединив шланг, включают лопастную мешалку 3 со скоростью вращения 8 об/мин, включают вакуумный насос Н для обеспечения глубины вакуума 0,09 МПа.

Температура в системе рассол - мясо птицы поддерживается соответствующей САР. В САР входит компрессор (КМ) и теплообменник (ТО), в который поступает холодная вода для охлаждения хладагента. При повышении температуры система автоматического регулирования срабатывает, и компрессор начинает прокачивать хладагент до тех пор, пока температура не станет равной 0- 4 °С. Затем задается продолжительность массирования сырья - 10 мин.

После 10 мин массирования выключают вакуумный насос и лопастную мешалку. Открывают люк вакуумного массажера 1 и выгружают филе цыпленка.

Контролируемые параметры процесса массирования мяса птицы указаны в таблице 13.

Таблица 13 - Контролируемые параметры процесса массирования

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значение	Пределы измерения	Требования к точности измерения
Скорость вращения рабочего органа, об/мин	Sp/o	8	9-10	±1
Глубина вакуума, МПа	Pв	0,06	0,01-0,1	± 0,01
Температура массирования, °С	Tм	2	0-4	± 1
Время массирования, мин	тм	10	0-30	± 0,1

Регулируемые параметры:

Температура массирования - T_m ;

Глубина вакуума - P_v .

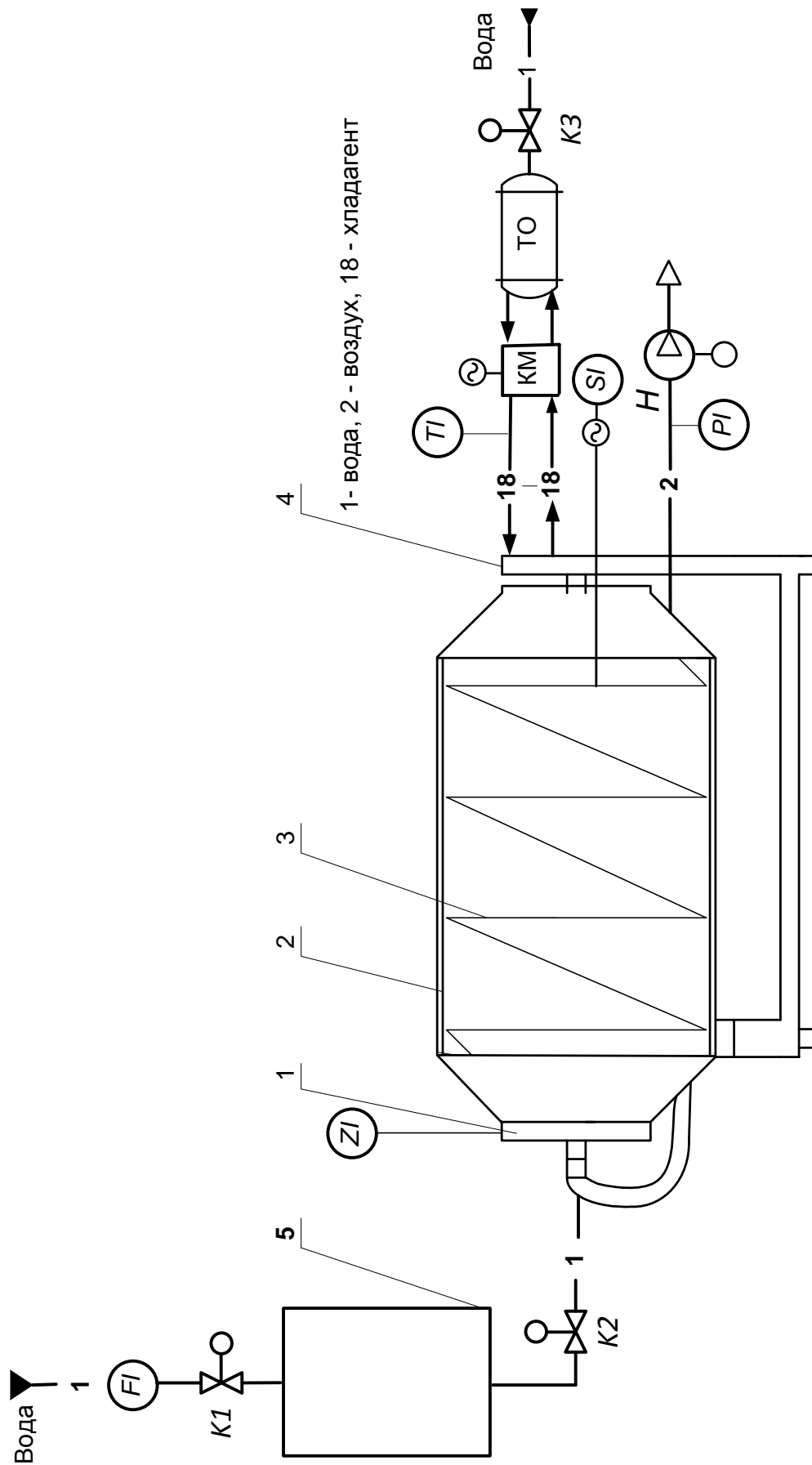
Управляющие параметры:

Расход холодной воды – $F_{х.в.}$;

Обороты привода вакуум- насоса – n .

Возмущающие параметры:

Загрузка массажера.



1 - люк вакуумного массажера, 2 - барабан вакуумного массажера, 3 - лопастная мешалка, 4 - станция, 5- мерная емкость
 КМ – компрессор, ТО – теплообменник, Н - вакуумный насос

Рисунок 12 - Вакуумный массажер

13. Вакуум-охладитель

Сгущенное обезжиренное молоко с сахаром после выпаривания в вакуум-выпарных установках охлаждают в вакуум-охладителях В-2000.

Система автоматизации вакуум-охладителя должна обеспечивать: заданное разрежение в испарителе, что достигается стабилизацией давления пара на эжекторах и поддержанием требуемых температур охлаждающей воды на выходе из конденсаторов; контроль и регистрацию температуры продукта в испарителе; сигнализацию температуры массовой кристаллизации продукта, конечной температуры охлаждения продукта, а также автоматическое управление поступлением затравки в испаритель.

Сгущенное молоко с сахаром после выпаривания в вакуум-выпарных установках охлаждают в вакуум-охладителях. При поступлении нагретого сгущенного молока в вакуум-охладитель, где поддерживается глубокое разрежение, жидкость перегревается, вскипает и испаряется. Вследствие затраты тепла на парообразование продукт охлаждается до заданной температуры. В процессе охлаждения влага частично выпаривается из продукта - в среднем 4-5 % воды.

Вакуум-охладитель (рисунок 13) состоит из двух испарителей 1а и 1б, работающих поочередно. Они подключены к одной общей вакуум-станции, в состав которой входят главный эжектор 5, эжекторы 7а, 7б, 7с и пусковой эжектор 6, главный конденсатор 2, промежуточные конденсаторы 3 и 4. Смесь конденсата и воды откачивается насосом 8. В каждом испарителе располагается мешалка.

При пуске установки включается пусковой эжектор и парозежекторы. При достижении значения давления разрежения $931 \cdot 10^2$ Па открывают подачу сгущенного продукта из вакуум-выпарной установки. Сгущенное молоко с сахаром охлаждают одноступенчатым способом без выдержки. При достижении температуры $(33 \pm 2)^\circ\text{C}$ вносят затравку и далее продукт охлаждают до $(18-20)^\circ\text{C}$. При достижении заданной температуры охлаждения закрывают поступление пара и охлаждающей воды к конденсаторам. Охлажденный продукт отправляют на расфасовку. В процессе работы вакуум-охладителя температура воды на выходе из конденсаторов 2, 3, 4 должна составлять соответственно 30, 45 и 60°C .

Для создания вакуума в испарителе 1а открывают клапаны подачи пара К1 и К2. Далее стабилизируют давление пара P_n , которое должно быть равным P_3 . Включают САР давления пара. При превышении P_n заданного значения P_3 прикрывают клапаны К1 и К2. При падении значения P_n клапаны К1 и К2 приоткрывают, чтобы достичь заданного значения P_3 . Включают САР вакуумметрического давления. При достижении заданного значения разрежения $P_v = P_3$ открывают клапаны подачи сгущенного молока с сахаром К4 и К5. Включают САР уровня сгущенного продукта. При достижении значения уровня $L_m = L_3$ закрываются клапаны подачи сгущенного молока с сахаром.

Температуры воды на выходе из конденсаторов T_v должна быть равной

заданному значению T_3 . Включают САР температуры воды. При превышении $T_в$ заданного значения T_3 открывают клапаны подачи холодной воды К9, К10, К11.

Для контроля процесса охлаждения сгущенного молока с сахаром включают САР температуры сгущенного молока. При достижении температуры сгущенного продукта $T_м$ заданного значения массовой кристаллизации продукта $T_3=33$ °С открываются клапаны подачи затравки К2, К8. При достижении температуры сгущенного молока с сахаром заданного значения $T_3=18$ °С открываются клапаны слива сгущенного продукта К3, К7. По окончании процесса закрывают клапаны подачи пара К1 и К6, клапаны подачи холодной воды, выключают САР давления пара, вакуумметрического давления, температуры воды на выходе из конденсаторов, температуры сгущенного молока с сахаром. Контролируемые параметры приведены в таблице 14.

Таблица 14 - Контролируемые параметры

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значение	Пределы измерения
Давление пара, МПа	$P_п$	0,6	(0 – 10)
Величина вакуума, Мпа	$P_в$	0,0931	(0 – 0,1)
Температура воды на выходе из конденсаторов, °С	$T_в$	30, 45, 60	(20 – 80)
Уровень сгущенного молока, мм	$L_м$	1600	(0 – 2000)
Температура сгущенного молока, °С	$T_м$	(50 – 18)	(15 – 85)

Регулируемые параметры:

Температура сгущенного молока в испарителе – $T_м$;

Уровень сгущенного молока в испарителе - $L_м$.

Управляющие параметры:

Расход пара - $F_п$;

Расход сгущенного молока – $F_м$.

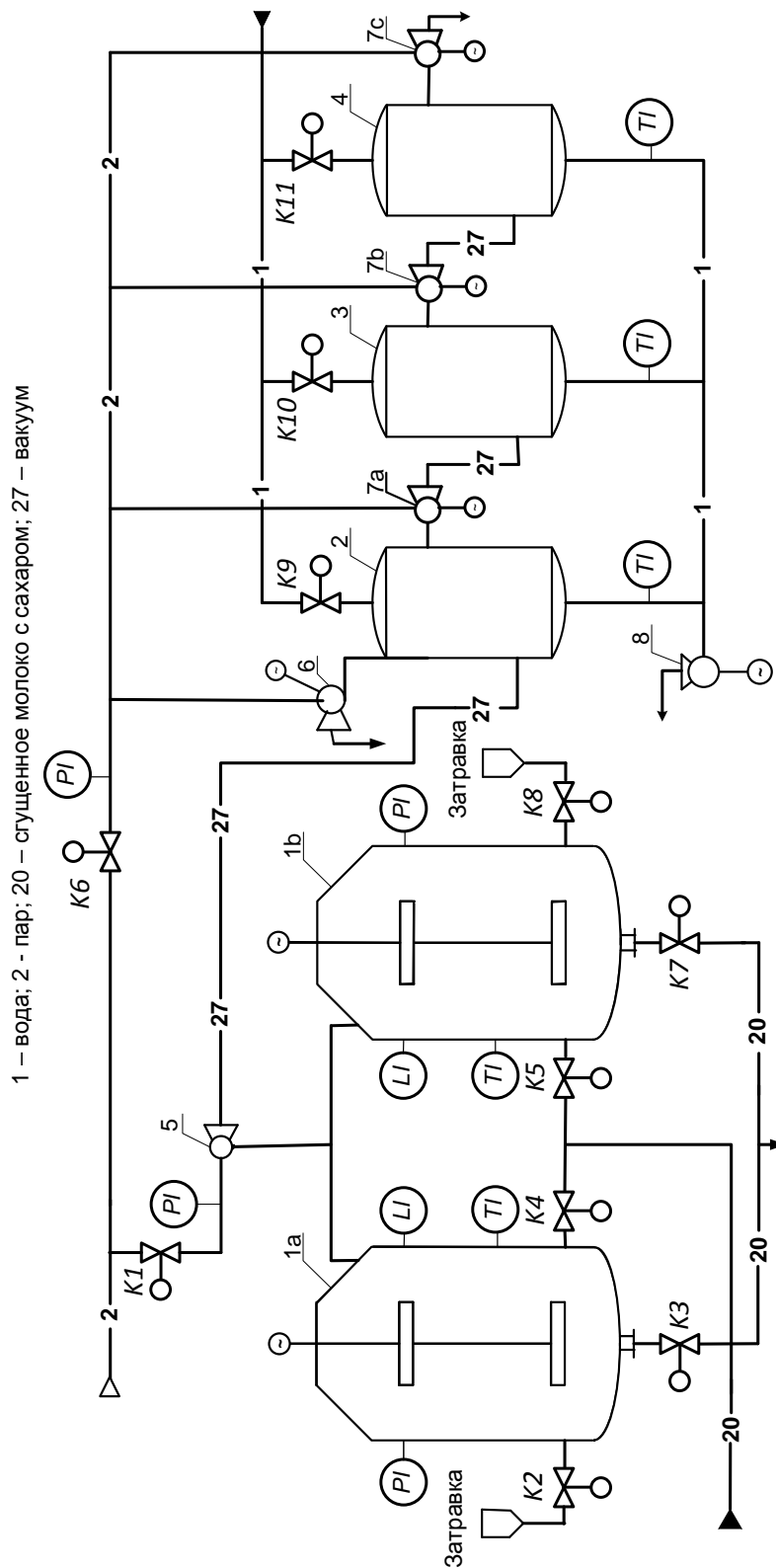


Рисунок 13 - Вакуум-охладитель для сгущенного молока

1а, 1б – испарители, 2, 3, 4 - конденсаторы, 5, 6, 7 – эжекторы.
 Клапаны: К1, К2 - подачи пара, К3, К4 - подачи сгущенного молока с сахаром,
 К5, К6- подачи затравки, К7, К8, К9 - подачи холодной воды,
 К10, К11- слива сгущенного молока с сахаром.

14. Установка для бездымного копчения

Целью холодного копчения является получение из соленой рыбы продукта, стойкого при хранении, со специфическим приятным ароматом и вкусом, пригодного для употребления без дополнительной кулинарной обработки.

Технология холодного копчения имеет несколько направлений: традиционное дымовое копчение, копчение в электрическом поле высокой напряженности, копчение с применением коптильных препаратов. Для получения продукции высокого качества и безопасности применяется способ бездымного холодного копчения.

Непосредственно на объекте регулирования (коптильная установка) устанавливаются измерительные преобразователи температуры, скорости, оптической плотности, относительной влажности коптильной смеси, вентили, исполнительные механизмы и др.

В непосредственной близости от объекта регулирования устанавливается щит автоматики, в котором монтируются регуляторы, вторичные приборы – показывающие и самопишущие, а также другие приборы и узлы локальной автоматики. Оператор, ведущий технологический процесс, постоянно находится у щита автоматики. Контролируемые параметры приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Контролируемые параметры

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значение	Пределы измерения	Требования к точности измерения
Расход воздуха, м ³ /ч	F _в	5000	1000-10000	±1
Температура воздуха на входе в коптильную камеру, °С	t _{в1}	20	0-50	±1
Температура воздуха в коптильной камере, °С	t _{в2}	20	0-50	±1
	t _{в3}	10		
Уровень коптильного препарата, мм	L _{кп}	320	300-340	10
Оптическая плотность коптильной смеси, Б	D _{дс}	0,5	0-1	±0,04
Расход коптильного препарата, кг	F _{кп}	10	0-20	±0,1
Давление воздуха, кПа	P _в	343	320-370	±0,1
Давление пара, кгс/см ²	P _п	4	1-10	±0,1
Расход пара, кг/ч	F _п	1	1-10	±0,1
Относительная влажность воздуха в коптильной камере, %	M _в	50	30-90	±6
Скорость движения воздуха в коптильной камере, м/с	S _в	2	1-5	±0,3

Регулируемые параметры:

1. Уровень копильного препарата в резервуаре - $L_{\text{кп}}$;
2. Температура в копильной камере - $t_{\text{в}}$.

Управляющие параметры:

1. Расход копильного препарата - $F_{\text{кп}}$;
2. Расход воздуха - $F_{\text{в}}$.

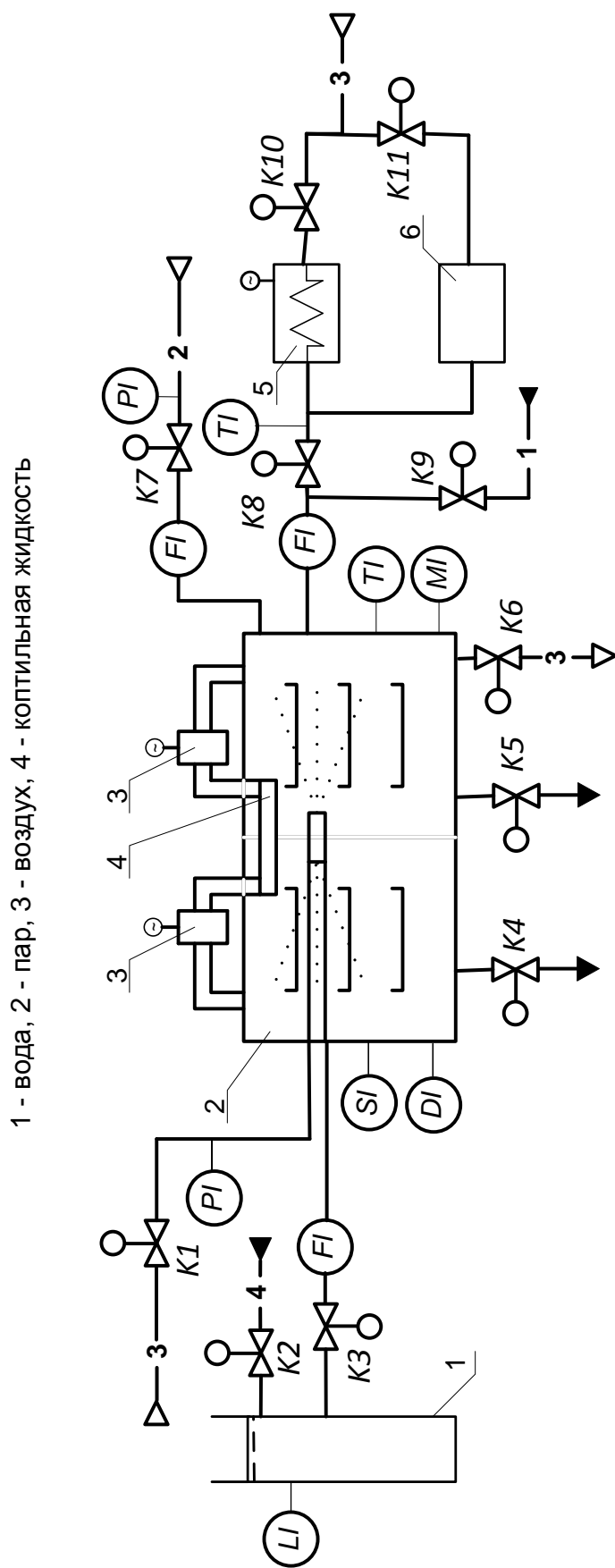
Процесс копчения начинается с этапа подсушивания поверхности филе, это необходимо для лучшего осаждения компонентов дыма и цветообразования. Его проводят теплым воздухом, нагреваемым электрокалорифером (рисунок 14). Для подачи воздуха открывают вентили К8, К10. Если температура воздуха на входе в копильную камеру превышает или меньше заданного значения, система автоматического регулирования (САР) воздействует на электрокалорифер, увеличивая или уменьшая температуру его нагрева. На входе в копильную камеру контролируется расход воздуха, если расход меньше заданного значения, приоткрывают вентили К8, К10, если больше – закрывают указанные вентили. После достижения заданного значения расхода воздуха включается система вентиляции и САР скорости движения воздуха. Если скорость воздуха выше или ниже заданной, необходимо соответственно уменьшить или увеличить производительность вентиляторов.

Внутри копильной камеры производится контроль влажности циркулируемого воздуха. При недостаточной влажности приоткрывают вентиль К7 подачи пара, при избыточной влажности этот вентиль необходимо закрыть и открыть вентили К8, К10 подачи сухого воздуха. Одновременно с влажностью внутри копильной камеры контролируется температура. При недостаточной температуре приоткрывают вентили К8, К10 для подачи нагретого воздуха, при температуре, превышающей заданное значение t_3 , закрывают вентиль К8 и открывают вентиль К11 для подачи охлажденного воздуха. Далее производится контроль времени подсушки продукта, если его значение не достигло заданного τ_3 , то циркуляция воздуха в камере продолжается. Когда время достигнет заданного значения, вентиляторы отключают. Чтобы удалить из копильной камеры воздух, насыщенный влагой, открывают вентиль К6 и контролируют время его удаления. Если значение времени достигло заданного, вентиль К6 закрывают. Начинается этап подачи копильного препарата в копильную камеру. Подача воздуха и копильной жидкости происходит одновременно. Для подачи воздуха приоткрывают вентиль К1 и контролируют давление. При давлении, меньшем заданного, вентиль К1 приоткрывают, при большем – прикрывают. Подача копильной жидкости осуществляется через вентиль К3, при этом производится контроль ее расхода. Если значение расхода меньше заданного, приоткрывают вентили К2, К3, если больше – закрывают. Далее проводится выдержка рыбы в аэрозоли копильного препарата. Если время выдержки меньше заданного τ_3 , ее необходимо продолжить, если достигло заданного значения - начинается новый цикл подсушки рыбы.

В процессе копчения контролируется количество циклов подачи

копильного препарата и циркуляции воздушной или копильной смеси. Если количество циклов меньше требуемого, процесс продолжается, если соответствует заданному количеству n_3 , то стадия копчения заканчивается и начинается охлаждение. Для этого открывают вентили К8, К11 и контролируют температуру на входе в копильную камеру. Если температура выше или ниже заданного значения t_3 , увеличивают или соответственно уменьшают производительность кондиционера. Затем контролируют расход охлажденного воздуха. Если он меньше заданного значения F_3 , приоткрывают вентили К8, К11, если больше – закрывают. Далее снова включают систему вентиляции и контролируют температуру воздуха внутри копильной камеры. Если значение данного параметра выше заданного t_3 , приоткрывают эти вентили, если больше – прикрывают, контролируют время охлаждения, и при достижении заданного значения процесс охлаждения и процесс холодного копчения в целом заканчивается.

Начальной стадией производства рыбы холодного копчения бездымным способом является подсушка ее поверхности воздухом с температурой 18-24 °С и влажностью 40-60 %. Затем проводится тонкое распыление копильного препарата, выдерживание продукта в его аэрозоли некоторое время, а затем снова подсушка и циркуляция копильной смеси. Процесс копчения состоит из нескольких циклов подсушки и подачи копильного препарата. Копильная жидкость подается пневматическими форсунками из резервуара 1 в копильную камеру 2, образуя при распылении веерообразные факелы. Воздух, подаваемый для подсушки и охлаждения готового продукта, нагревается в электрокалорифере 5 до температуры 20 °С и охлаждается в кондиционере 6 до температуры 10 °С. Копильная смесь и воздух циркулируют в камере за счет работы вентиляционной системы, состоящей из вентиляторов 3 и всасывающего короба 4.



1 - вода, 2 - пар, 3 - воздух, 3 - коптильная жидкость

1 - резервуар с коптильной жидкостью, 2 - коптильная камера,
3 - вентилятор, 4 - всасывающий короб, 5 - электрокалорифер, 6- кондиционер

Рисунок 14 - Установка для бездымного копчения

15. Реактор

Самой простой технологией получения метиловых эфиров жирных кислот является циклическая технология. Метанол смешивают с растительным маслом в соотношении от 1:4 до 1:20, но, как правило, 1:6 в реакторе с мешалкой. Реактор должен быть оснащен системой конденсации метанола. Реакция обычно проходит при температуре 65 °С. Используют щелочные катализаторы NaOH или KOH в количестве 0,3 %...1,5 % от массы растительного масла.

Сначала в реактор заливают растительное масло, а затем метанол с катализатором. Для лучшего перемешивания растительного масла, метанола и катализатора используют мешалку. Однако, ближе к концу реакции, мешалку отключают для более эффективного отделения глицерина. После остановки перемешивания реактор будет действовать как сепаратор, и после слива глицерина через донный клапан вторая реакция может быть запущена в том же самом реакторе. Иногда, для сепарации, смесь перекачивают в другую емкость или используют для разделения центрифуги. Для удаления метанола из эфира и глицерина используют испарители. Далее эфир нейтрализуют, тщательно промывают теплой водой для удаления остаточного метанола и солей, а затем сушат.

Готовое биодизельное топливо перекачивают в емкости для хранения. Глицерин нейтрализуют и промывают водой. Далее сырой глицерин отправляют в секцию для дальнейшей очистки.

Автоматизированная система управления процессом переэтерификации жирных кислот из молекулы триацилглицеридов масла (АСУПП) предназначена для автоматизации основных функций управления реактором для производства биодизельного топлива.

В реактор 1 с помощью клапанов подается растительное масло, этиловый спирт и катализатор (рисунок 15). При поступлении сырья и материалов в реактор контролируют их начальный уровень, который должен быть соответственно равен заданным значениям. При превышении уровней заданных значений клапан подачи сырья и материалов закрывают. Включается лопастная мешалка 2 со скоростью вращения 80 об/мин. Скорость вращения мешалки в зависимости от технологических требований можно уменьшить или увеличить.

В паровую рубашку 3 открытием вентиля подачи пара подают горячий пар, замеряют и выдерживают время начала процесса получения эфиров жирных кислот. Контролируется продолжительность процесса, которая составляет 12 ч.

На протяжении всего процесса ведется контроль и регулирование температуры реакционной смеси. При недостаточной температуре смеси вентиль подачи пара открывают, чтобы достичь заданного значения. При превышении заданного значения вентиль подачи пара закрывают.

После 12 ч реакции прекращают подачу пара закрытием вентиля и выключают лопастную мешалку. Затем реакционную массу сливают через нижний клапан в выпарной аппарат. При этом контролируется уровень

сливаемой жидкости. При достижении нулевого уровня вентиль подачи смеси в выпарной аппарат закрывается.

Система автоматизации реактора для производства биодизельного топлива должна обеспечивать автоматическое измерение и контроль следующих параметров: уровень масла, спирта и катализатора, уровень реакционной смеси, температура реакционной смеси, скорость вращения мешалки, продолжительность процесса. Контролируемые параметры процесса переэтерификации жирных кислот из молекулы триацилглицеридов растительного масла представлены в таблице 16.

Таблица 16 - Контролируемые параметры

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значение	Пределы измерения	Требования к точности измерения
Продолжительность процесса, ч	τ	12	-	$\pm 0,5$
Температура реакционной смеси, °С	T	69	69-100	$\pm 0,5$
Уровень масла, м	L_m	0,350	-	$\pm 0,001$
Уровень спирта, м	L_c	2,140	-	$\pm 0,001$
Уровень катализатора, м	L_k	0,005	-	$\pm 0,001$
Скорость вращения лопастной мешалки, об/мин	S_m	80	80-120	± 1

Регулируемые параметры:

Температура реакционной смеси – T;

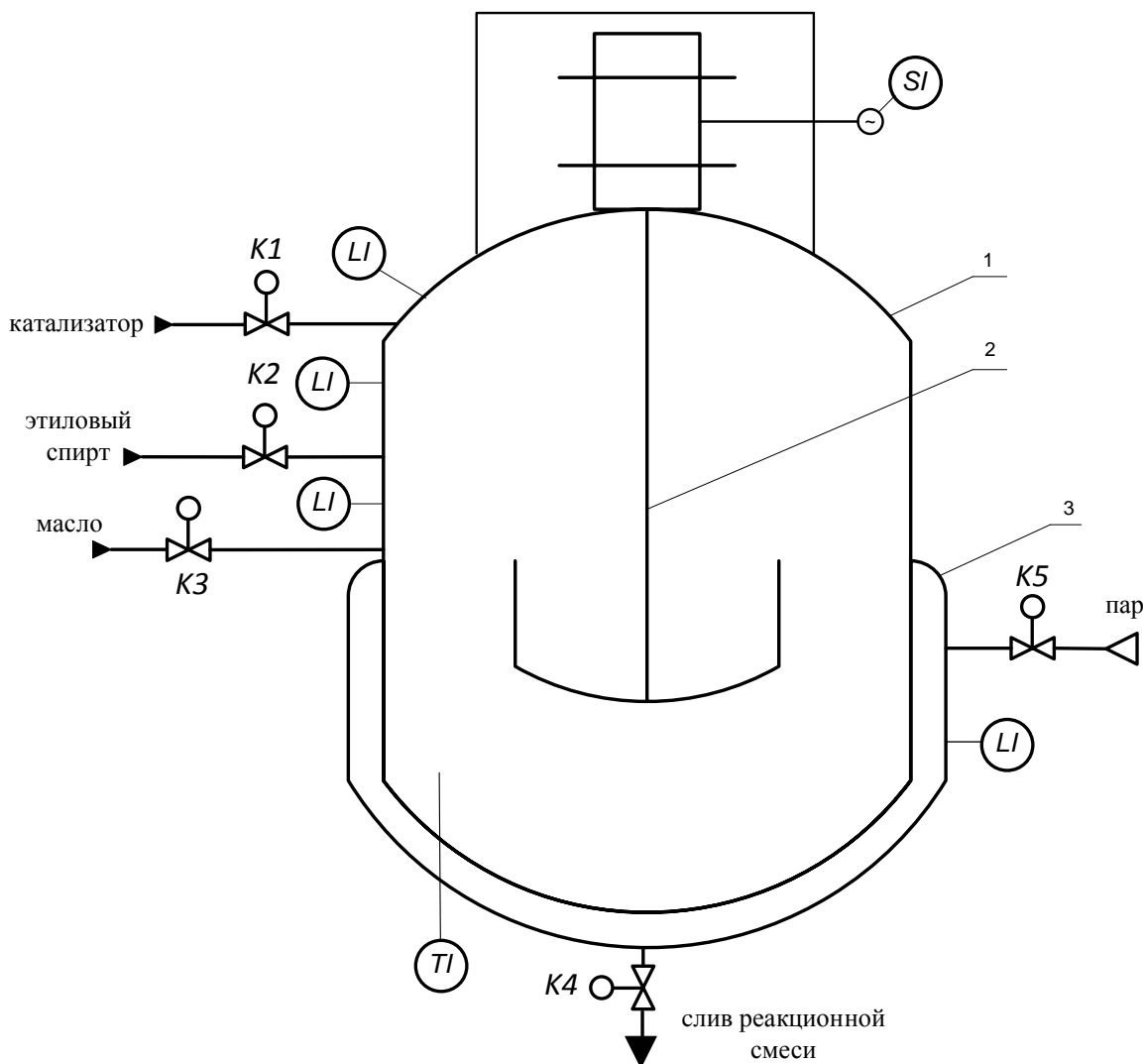
Продолжительность процесса – τ ;

Уровень масла – L_m .

Управляющие параметры:

Расход пара – F_p ;

Расход масла – F_m .



1- реактор для проведения реакции переэтерификации, 2- мешалка, 3- паровая рубашка

Рисунок 15 - Реактор для производства биодизельного топлива из растительных масел

16. Смеситель-измельчитель

Для плавления сырной массы используется смеситель-измельчитель модели СИ-120. Смеситель имеет шкаф управления, который включает в себя системы световой и звуковой сигнализации, а также контрольно-измерительную систему управления.

Управление технологическим процессом производства плавленого сыра осуществляется с пульта в автоматическом режиме по заранее установленной программе. Она управляет клапанами подачи пара, холодной воды, мешалкой, задает значение вакуума и необходимую скорость перемещения ножей.

Установка СИ-120 предназначена для производства различных пастообразных продуктов с нагревом их как через одностенную рубашку, так и за счет прямого впрыска пара в продукт.

Установка СИ-120, показанная на рисунке 16, состоит из:

- чаши рабочей 4 объемом 120 литров. Представляет собой емкость, в которой происходит обработка исходных компонентов и получение готового продукта. Чаша имеет одностенную рубашку 5 для нагрева и охлаждения водой обрабатываемого продукта. В рубашке расположен штуцер для подачи пара (клапан К3), отвода охлаждающей воды (клапан К2), штуцер для подачи охлаждающей воды (клапан К4) и отвода конденсата. В стенку чаши встроен термометр для контроля температуры продукта. В нижней части чаши имеется разгрузочный клапан с пневматическим управлением;

- крышки для чаши 1. Крышка для чаши обеспечивает герметичность рабочего объема. Она имеет загрузочный патрубок с дисковым затвором. На крышке установлены система подключения вакуума (клапан К1), привод верхней мешалки;

- верхней мешалки 2. Верхняя мешалка предназначена для снятия продукта со стенок чаши во время работы. Привод мешалки состоит из мотора-вариатора;

- нижней мешалки 3, которая служит для перемешивания и измельчения продукта. Нижняя мешалка имеет две скорости вращения: 1500 об/мин и 3000 об/мин.

Устройство подъема крышки чаши служит для ее открытия. Рама установки имеет регулируемые по высоте опоры и устанавливается на полу без специального крепления. На раме крепятся клеммная коробка, клапана с пневматическим приводом для подачи воды, пара и сброса конденсата. Шкаф управления необходим для дистанционного управления работой установки. Включает в себя системы световой и звуковой сигнализации. Загрузка продукта производится как напрямую в чашу после открывания крышки, так и через специальную воронку за счет создания вакуума. Выгрузка продукта осуществляется либо через пневматический клапан, либо за счет опрокидывания чаши.

Подготовленная смесь подается в плавитель через патрубок в крышке. Для создания герметичности внутри чаши крышка закрывается. Если крышка закрыта негерметично – срабатывает сигнализация. Для создания вакуума из рабочего объема воздуха открывается клапан К1. При отводе воздуха необходимо создать минимальное давление, равное заданному. Включают САР давления. Корректировку давления проводят открытием или закрытием клапана К1. Для обеспечения рабочего режима варки открывают клапан К2 подачи пара, клапан К3 подачи холодной воды и клапан К4 отвода воды. Контролируют давление поступающего пара, при отклонении от заданного значения - срабатывает сигнализация.

Также для обеспечения рабочего режима варки контролируют температуру сырной смеси. Для этого регулируют расход подаваемого пара в рабочую чашу и холодной воды в рубашку котла за счет клапанов К2 и К4. Включают САР температуру сырной смеси. Если $T_ч > T_з$, клапан К2 прикрывают, а клапан К4 приоткрывают. Если $T_ч < T_з$, клапан К4 прикрывают, а клапан К2 закрывают. По окончании варки выключают клапан К2 и САР давления внутри чаши. Для обеспечения охлаждения сырной массы клапаны

К2 и К4 оставляют открытыми. Далее контролируют температуру сырной массы. При достижении $T_{см}$ заданной температуры охлажденной сырной массы T_3 клапан подачи охлаждающей воды К4, клапан отвода воды К2 и САР температуры закрывают. Контролируемые параметры представлены в таблице 17.

В состав САР, обеспечивающей режимные параметры смесителя-плавителя, входят:

- 1) САР давления внутри чаши;
- 2) САР скорости мешалки;
- 3) САР температуры сырной смеси;

Таблица 17 - Контролируемые параметры

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значение	Пределы измерения	Требования к точности измерения
Температура сырной смеси, °С	$T_{см}$	80	(0÷100)	±2
Давление в рабочем объеме чаши, МПа	D_c	14	(0÷30)	±0,5
Температура подаваемой воды, °С	$T_в$	10	(0÷20)	±0,5
Температура подаваемого пара, °С	$T_п$	142	(0÷150)	±1

Регулируемые параметры:

Температура смеси - $T_{см}$;

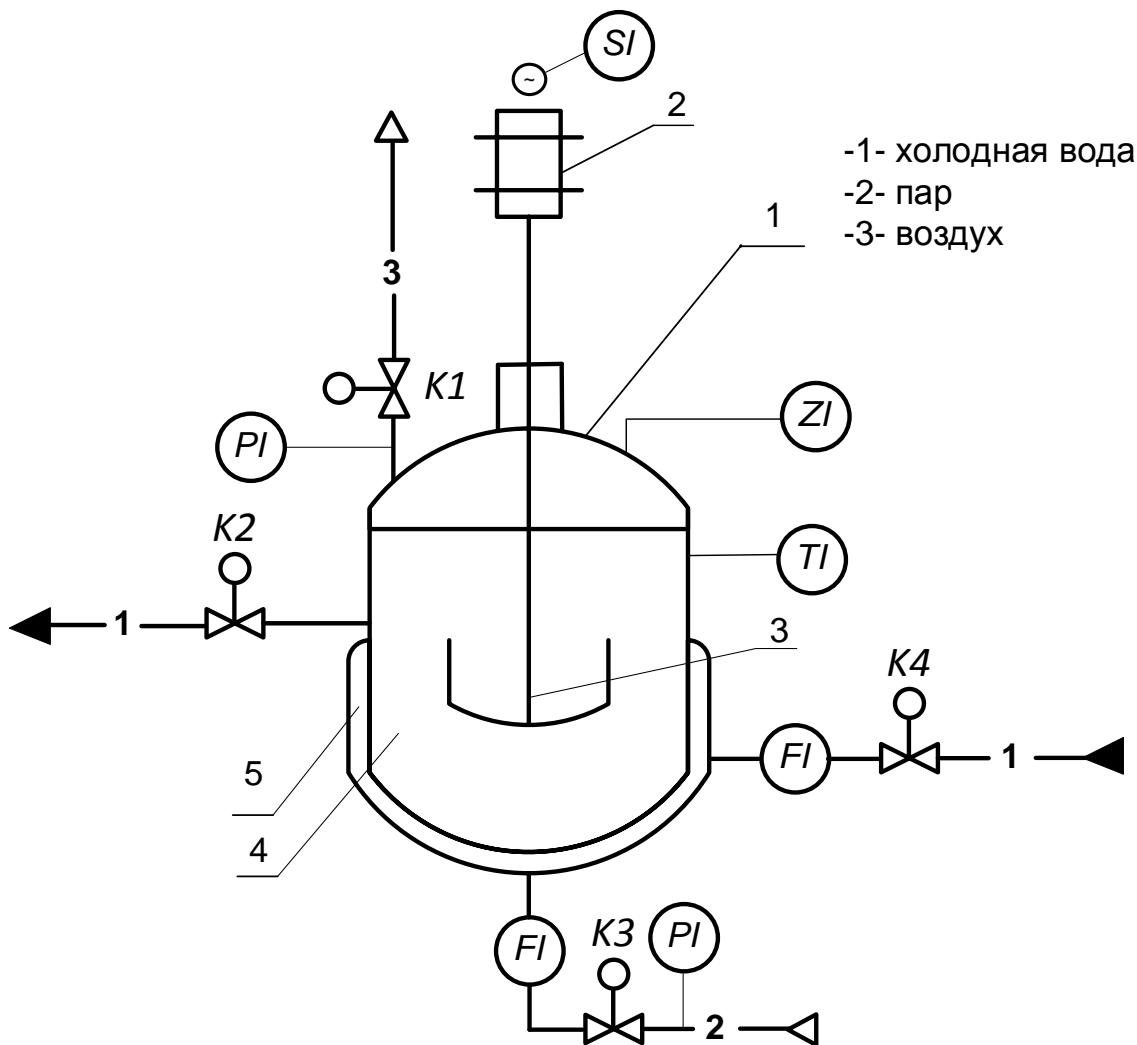
Давление в рабочем объеме чаши - D_c .

Управляющие параметры:

Расход пара, поступающего в продукт, - $F_{пп}$;

Расход воды, поступающей в рубашку, - $F_{вр}$;

Расход воздуха - $F_{вз}$.



1 – крышка, 2 – верхняя мешалка, 3 - нижняя мешалка, 4- рабочая чаша, 5- одностенная рубашка;

Клапаны:

K1 - отвода воздуха, K2 - отвода холодной воды, K3 - подачи пара, K4 - подачи холодной воды;

Рисунок 16 - Смеситель-измельчитель для плавления сырной массы

17. Дезодорационная установка

Наиболее ответственной и завершающей стадией рафинации является дезодорация, цель которой - удаление из жиров и масел одорирующих веществ, определяющих их вкус и запах. Дезодорация представляет собой процесс дистилляции одорирующих и других веществ в глубоком вакууме, высокой температуре в потоке острого пара.

Дезодорация - один из методов перегонки жидкостей (дистилляция). Процесс дезодорации складывается из трех стадий: диффузии ароматических веществ из слоя жидкости к поверхности испарения, собственно испарения ароматических веществ и удаления молекул испарившихся веществ из зоны испарения.

Эффективность дезодорации зависит от состава и летучести одорирующих веществ, упругости их паров и температурных режимов процесса. При повышении температуры масла увеличивается упругость паров одорирующих веществ и, следовательно, их летучесть. Однако чрезмерно повышать температуру дезодорации нельзя, так как возникает вероятность полимеризации и окисления масла воздухом, проникающим через неплотности аппаратуры, или воздухом, содержащимся в масле. При температуре выше 250 °С усиливается термический распад масла, возрастают его потери в результате дистилляции низкомолекулярных триглицеридов. Для снижения температуры отгонки одорирующих веществ дезодорацию ведут при подаче в масло или жир острого пара. На всем этапе дезодорации контролируются параметры, представленные в таблице 18.

Масло после секции винтеризации направляется на дезодорацию (рисунок 17). Включается САР температуры масла. При несоответствии температуры нужному значению уменьшается или увеличивается расход масла. Масло при помощи насоса поступает в рекуперативный кожухотрубный теплообменник 1 и нагревается за счет теплоты дезодорированного масла. Измеряется температура масла на выходе из теплообменника 1. Далее масло поступает в деаэратор 2, где удаляются влага и воздух. После этого масло насосом НЗ подается на нижние 5 тарелки дезодоратора, где нагревается за счет дезодорированного масла, вытекающего из теплообменника. Масло при помощи насосов Н1 и Н2 поднимается на верхние тарелки 4 дезодоратора 3 и нагревается паром высокого давления, поступающим в змеевики верхней тарелки из парогенератора 7. При помощи САР контролируется температура на верхней тарелке. При падении или увеличении температуры увеличивается или уменьшается расход пара в парогенераторе 7. После выхода перегретого пара из парогенератора контролируется давление пара, при необходимости увеличивается или уменьшается производительность парогенератора.

Нагревшееся масло постепенно перетекает с верхней тарелки на нижнюю, далее по центральной трубе 6, отдавая свое тепло маслу на нижней тарелке, вытекает из дезодоратора 3. Перетекая с тарелки на тарелку, нагретое масло в результате вытеснения поступающим маслом подвергается последовательной обработке острым паром под вакуумом. Измеряется остаточное давление. На выходе масла из дезодоратора 3 проверяется его качество. Масло отбирается, и проводятся лабораторные исследования. При несоответствии качества масла необходимому, оно направляется на повторную дезодорацию на нижнюю тарелку 5. Качественное масло перекачивается с помощью насоса Н4 в кожухотрубный рекуперационный теплообменник. На этом этапе измеряется температура и расход масла. В теплообменнике масло отдает свое тепло еще недезодорированному маслу. Далее оно направляется на сетчатые фильтры, где очищается от всевозможных примесей. Затем масло поступает в теплообменник, где охлаждается до нужной температуры. Температура контролируется на выходе из теплообменника. При недостаточном охлаждении масла увеличивается расход воды в теплообменнике. При пониженной

температуре масла уменьшается расход воды в теплообменнике. Далее масло идет на следующий этап производства – добавление антиокислителя.

Таблица 18 - Контролируемые параметры

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значен.	Пределы измерения	Треб. к точности измерения
Температура масла на входе, °С	Тв	20-30	0-40	±1
Расход масла, кг/мин	Фв	0 – 227	0 – 300	±3
Температура масла на выходе из нагревающего рекуперационного теплообменника, °С	Т1	85-95	0-100	±1
Температура масла на нижних тарелках дезодоратора, °С	Тн.д	180-220	0-300	±2
Температура на верхней тарелке дезодоратора, °С	Тв.д	240-250	0-300	±2
Расход пара на входе в парогенератор, кг/ч	Фп	191.7	0-400	±4
Давление пара в парогенераторе, кПа	Рп	6000-8000	5000-9000	±0,075
Остаточное давление в дезодораторе, кПа	Рд	0,3-0,4	0-10	±1,0
Температура масла на выходе из дезодоратора, °С	Тд	120-135	100-150	±1
Расход масла на выходе из дезодоратора, кг/мин	Фд	200 – 227	0 – 300	±2
Температура масла на выходе из охлаждающего теплообменника, °С	Тох	20-30	0-50	±1

Регулируемые параметры:

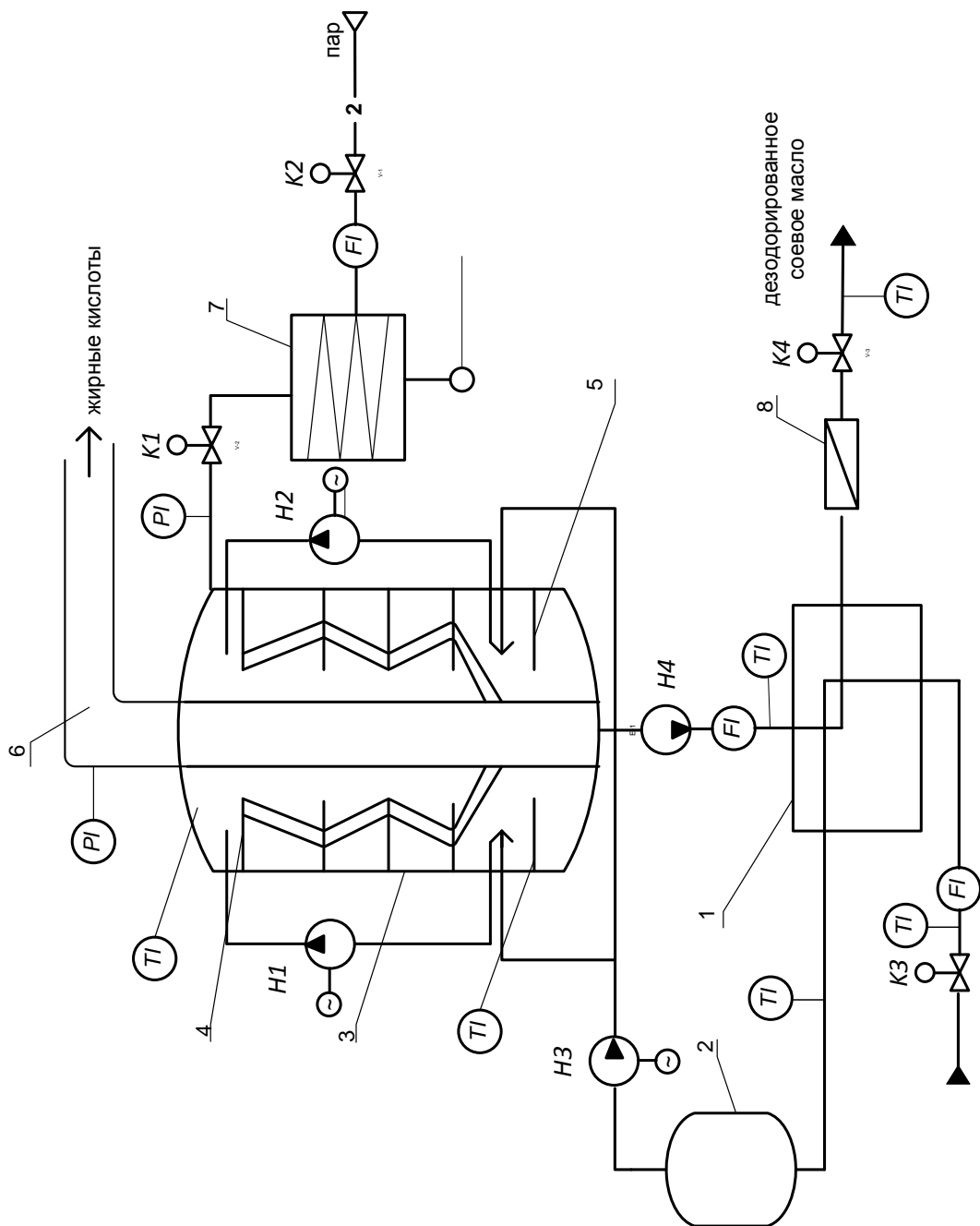
Температура масла на выходе из дезодоратора – Т_д;

Температура масла на выходе из теплообменника - Т_т.

Управляющие параметры:

Расход пара на входе в парогенератор – Ф_п;

Расход воды в теплообменнике - Ф_т



1 - охлаждающий теплообменник, 2- деаэрактор, 3- дезодоратор, 4- верхние тарелки дезодоратора, 5 - нижние тарелки дезодоратора, 6- труба для конденсации жирных кислот, 7- парогенератор, 8- сегчатые фильтры,

Рисунок 17 - Дезодорационная установка

18. Головной бродительный чан

Биоэтанол – это обычный этанол, получаемый в процессе переработки растительного сырья для использования в качестве биотоплива. Брожение является одним из способов получения этанола – спиртовое брожение органических продуктов, содержащих углеводы (виноград, плоды и т. д.), под действием ферментов дрожжей и бактерий. Наибольшее распространение получил непрерывный способ брожения, осуществляемый в батарее бродительных аппаратов, соединенных последовательно.

Для разработки системы автоматизации и осуществления процесса

управления техническим объектом необходимо иметь информацию о поведении объекта под влиянием управляющих и возмущающих воздействий. В общем случае эти параметры могут быть разделены на четыре группы. Показатели процесса брожения приведены в таблице 19.

Таблица 19 - Параметры процесса брожения в головном бродильном аппарате

Группа параметров	Параметры брожения	Значения параметров	Примечание
Входные контролируемые параметры	Концентрация сухих веществ	16-25 %	Определяется в производственной лаборатории
	Количество живых дрожжевых клеток в массе дрожжей	150-170 млн/см ³	
Входные неконтролируемые параметры	Температура в чане	25-32 °С	
	Концентрация ионов водорода (рН)	3,6-3,8	
Управляемые выходные параметры	Концентрация углекислого газа	8900-9200 мг/м ³	Определяется в производственной лаборатории
	Концентрация спирта в бражке	8,5-11 % об.	
Управляющие воздействия	Пенообразование (уровень пены)	0,025 м	
	Продолжительность брожения	50-72 ч	

Все контролируемые параметры проведения брожения в головном бродильном аппарате с целью получения этилового спирта представлены в таблице 20.

Головной бродильный аппарат и технические средства САТП располагаются в закрытом производственном помещении, температура в котором изменяется от +17 до +25 °С, относительная влажность воздуха составляет 40-75 %. Параметры электроснабжения: U = 220/380 В, 50 Гц.

Таблица 20 - Контролируемые параметры процесса брожения

Наименование параметра	Номинальное значение	Пределы измерения	Требования к точности измерения
Уровень бродящей массы в чане, м	4	3,9 – 4,1	± 1,5
Температура в бродильном аппарате, °С	31	25 – 32	±0,5
Концентрация ионов водорода, рН	3,8	3,6 – 3,8	±0,02
Образование пены (уровень), м	0,025	0,025 – 0,5	± 1,0
Концентрация углекислого газа, мг/м ³	9200	8900 - 9200	±0,1
Продолжительность брожения, ч	60	50 – 72	±0,5
Время слива бражки из чана, ч	4	3 – 5	±0,5
Расход воды на мойку чана, м ³ /с	0,005	0,004 – 0,006	± 1,5
Время слива промывных вод из чана, ч	3	2 – 5	±0,5

Регулируемые параметры:

Концентрация углекислого газа – Су;
Температура в бродильном аппарате – Тб;
Уровень бродящей массы в чане – Лб.

Управляющие параметры:

Расход углекислого газа – F_G ;
Расход воды в теплообменнике - F_B ;
Расход бродящей массы – F_6 .

В состав бродильного аппарата входят следующие технологические аппараты: чан 1, спиральный теплообменник 2, запорно-регулируемая арматура, представленная клапанами: K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8.

В бродильный чан 1 подаются сусло температурой 28-29 °С, дрожжи (8 % от объема сброживаемого сусла). При достижении уровня 4 м культуральной жидкости открывается клапан на переливной трубе K5 для поступления массы в следующий аппарат батареи. Процесс брожения протекает от 50 до 72 часов и идет с выделением теплоты, поэтому масса нагревается и автоматически включается система охлаждения для поддержания оптимума 29-30 °С путем открытия клапана подачи холодной воды K7 в спиральный теплообменник 2. Наряду с этанолом, при брожении образуется углекислый газ, высокая концентрация которого тормозит брожение, поэтому ведется ее контроль, и при превышении заданного значения (9200 мг/м³) автоматически открывается клапан вывода CO₂ из аппарата. Так как культуральная жидкость находится в движении (за счет постоянного поступления сусла и дрожжей и их перелива в другой аппарат), может образовываться большое количество пены, что нежелательно (уменьшается степень заполнения чана, разрушаются пенообразующие протеины), поэтому контролируют, чтобы ее высота не превышала 0,025 м над уровнем бродящей массы. В процессе брожения ведется контроль pH, значения которого не должны превышать 3,8. Отклонение от нормы может свидетельствовать об изменении состава сусла, дрожжей или заражении культуральной жидкости посторонней микрофлорой, поэтому в случае изменения pH оператору выводится сообщение. По окончании брожения бражка сливается путем открытия клапана K8, а затем чан споласкивается водой, которая также удаляется из аппарата.

Функциональная схема головного бродильного аппарата должна включать в себя следующие цепи: уровня сусла в чане; уровня дрожжей в чане; перелив культуральной жидкости в следующий чан; пенообразования; концентрации ионов водорода; температуры в бродильном аппарате; концентрации углекислого газа; расхода воды; слив массы из чана.

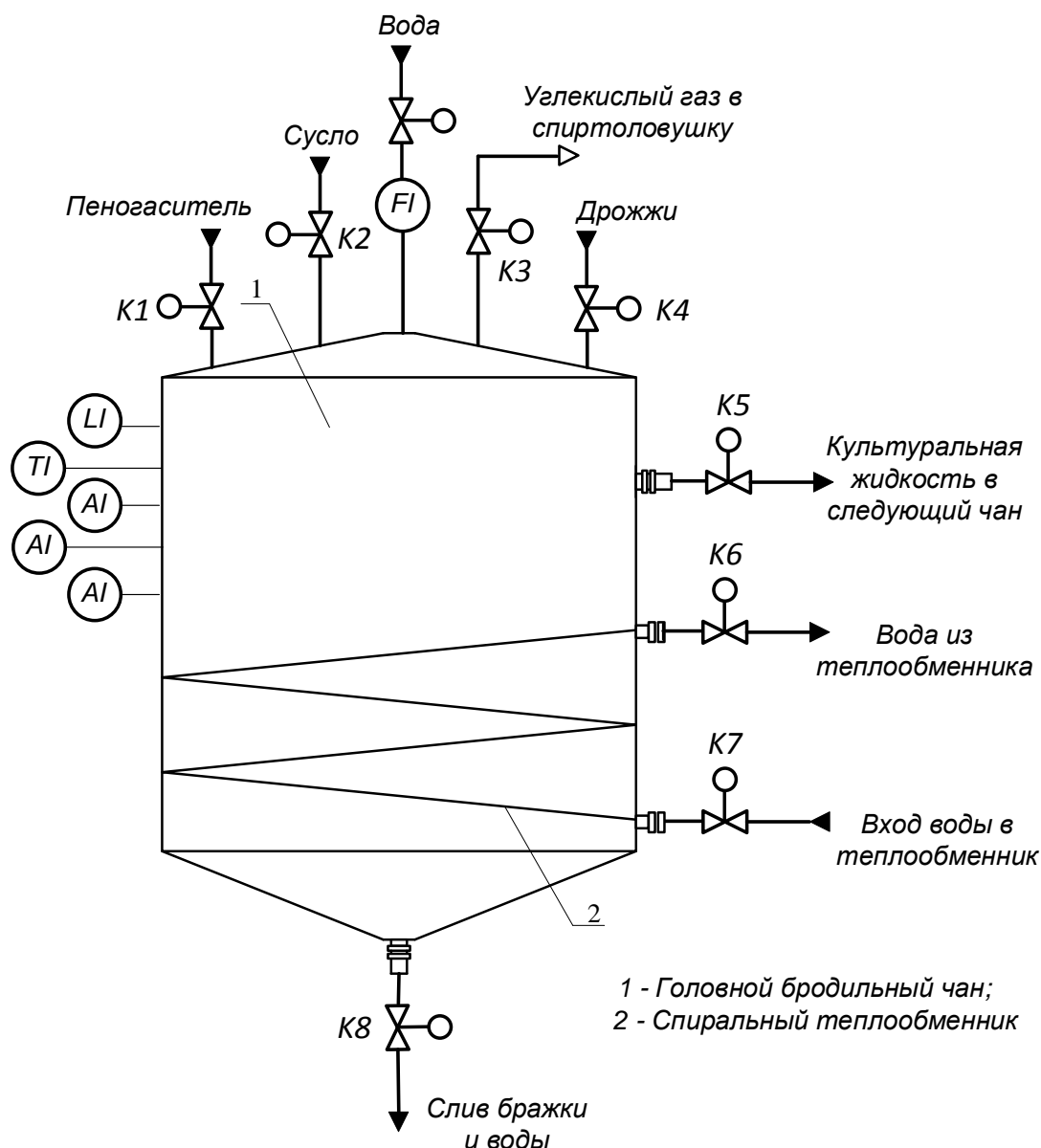


Рисунок 18 - Головной бродильный чан в производстве биоэтанола

19. Экстрактор

Экстракция (лат. *extractio* — извлечение), экстрагирование - процесс разделения смеси жидких или твёрдых веществ с помощью избирательных (селективных) растворителей (экстрагентов).

Экстракция протамина из молок рыб – один из ключевых моментов производства протамина. Экстракция проходит в экстракторе с механической мешалкой.

Автоматизированная система управления процессом экстракции протамина (АСУ) предназначена для автоматизации основных функций управления экстрактором. Режимы работы системы: 1) приготовление раствора

серной кислоты; 2) загрузка молок в экстрактор; 3) заполнение экстрактора раствором серной кислоты; 4) экстрагирование; 5) слив, 6) остановка.

Исходное состояние: уровень воды L_B в баке на нулевой отметке, закрыты вентили водопровода и трубопровода серной кислоты, уровень раствора серной кислоты L_{pc} в экстракторе на нулевой отметке. Мешалка экстрактора выключена.

1. Приготовление раствора серной кислоты. По сигналу "Пуск" бак сначала заполняется водой до заданного уровня L_B , затем серной кислотой до заданной концентрации серной кислоты в баке Q_{pc} (4 %).

2. Загрузка молок в экстрактор. Молоки определенной массы загружаются в экстрактор вручную через боковой люк. После загрузки люк герметично закрывается.

3. Заполнение экстрактора раствором серной кислоты. Открывается вентиль подачи раствора серной кислоты, экстрактор наполняется до заданного уровня L_{pc} раствором, вентиль закрывается.

4. Экстрагирование. Включается мешалка экстрактора. Скорость мешалки постоянная (не изменяется в процессе работы) и определяется среднестатистическими условиями экстрагирования. Температура процесса не регулируется и может отклоняться от +10 до +25 °С в зависимости от температуры помещения. Контролируется продолжительность процесса τ .

5. Режим слива. После растворения раствор вместе с остатками нерастворившейся твердой фазы выгружается через спускной штуцер в днище аппарата. Содержимое экстрактора направляется в центрифугу.

6. Режим остановки. Осуществляется по окончании работы или необходимости проведения ремонтно-профилактических работ. Остановка должна осуществляться в любом из режимов по команде "Стоп". За остановкой может последовать команда "Слив". После окончания работы проверяется состояние запорной арматуры: все вентили должны быть закрыты, мешалка выключена. Контролируемые параметры представлены в таблице 21.

Таблица 21 - Контролируемые параметры

Наименование контролируемого параметра	Обозначение	Номинальное значение	Пределы измерения	Требования к точности измерения
1	2	3	4	5
Расход воды в бак смешения, м ³ /ч	F_B	2	1÷3	± 2
Уровень воды в баке, м	L_B	-	2,0	± 0,1
Расход серной кислоты в бак смешения, м ³ /ч	F_K	2	1÷3	± 2
Концентрация раствора серной кислоты в баке смешения, %	Q_{pc}	4	0÷10	± 0,1
Масса обезвоженных молок, кг	W_M	130	100÷150	± 0,5

1	2	3	4	5
Расход раствора серной кислоты, м ³ /ч	F _{pc}	2	1÷3	± 2
Уровень растворителя в экстракторе, м	L _{pc}	-	0,2÷2,2	± 0,1
Скорость мешалки экстрактора, об/мин	S ₁	36	0÷60	± 1,5
Температура процесса, °С	T	18	+10 ÷ +25	± 1
Продолжительность процесса, мин	τ	300	240÷360	± 5
Состояние запорной арматуры		-	Вкл – Выкл Откр - Закр	-

Регулируемые параметры:

Уровень воды в баке смешения – L_в;

Концентрация раствора серной кислоты в баке смешения - Q_{pc};

Уровень раствора серной кислоты в экстракторе - L_{pc};

Управляющие параметры:

Расход воды в баке смешения - F_в;

Расход раствора серной кислоты - F_{pc}.

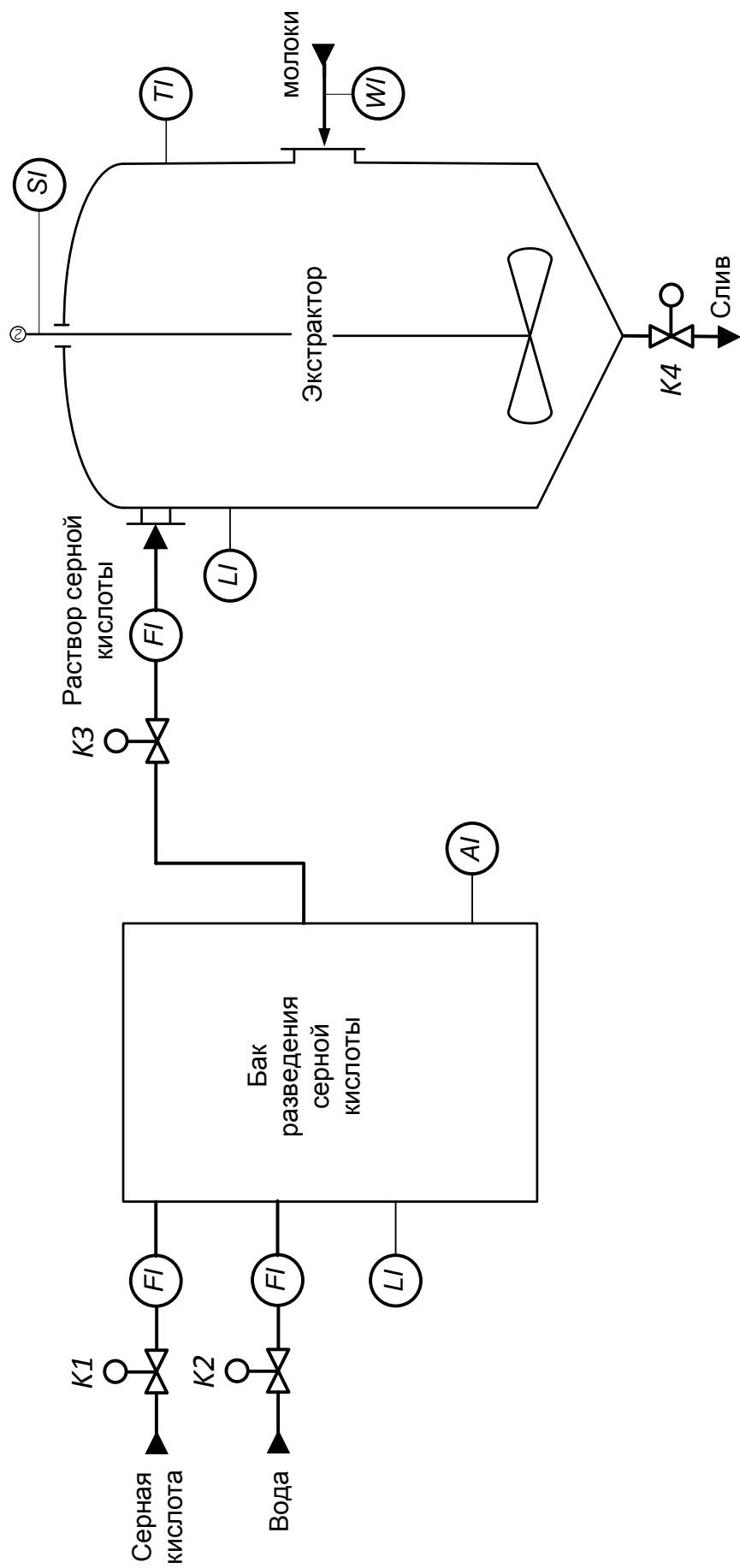


Рисунок 19 - Экстрактор

20. Отделение дрожжегенерации и брожения

Этиловый спирт активно используется во многих народнохозяйственных сферах: пищевой, химико-фармацевтической, парфюмерной, микробиологической, где он представляет собой основу многих видов продукции. Спирт производят двумя способами: микробиологическим (биохимическим, путем спиртоброжения, сбраживания сахаров дрожжами) и химическим (синтетическим, гидратацией этена). В результате химического синтеза осуществляется производство технического спирта, а при биологическом – пищевого и медицинского. Наиболее распространенным и экономичным сырьем для получения спирта является картофель. Картофельный крахмал легко разваривается, клейстеризуется и осахаривается. Кроме картофеля, для производства спирта используются зерновые - пшеница, рожь, ячмень, овес, кукуруза, просо, а также сахарная свекла, сахарная патока или меласса.

Производство этилового спирта состоит из обязательных технологичных операций, которые условно можно объединить в три этапа: приготовление питательной среды (сусла) из крахмалистого сырья, например, зерна; дрожжегенерация и сбраживание сусла дрожжами; выделение спирта из культуральной жидкости (бражки) путем брагоректификации.

Одним из ответственных завершающих технологических процессов производства спирта является брожение.

В состав аппаратуры отделения дрожжегенерации и брожения входят: маточник 1, емкость для серной кислоты 2, возбуживатель 3, мерник серной кислоты 4 (рисунок 20). Приготовление посевных дрожжей производится в маточнике. Сусло подают в маточник, где происходит его пастеризация, осуществляемая нагревом поверхности теплообмена в диапазоне от 55-58 °С до 75- 80 °С. При этой температуре сусло выдерживают в течение 2 ч, а затем охлаждают до температуры 30 °С водой. В охлажденную среду засевают чистую культуру дрожжей, перемешивают их, охлаждают до 22 °С и оставляют на брожение.

Через 20-23 ч выросшую культуру дрожжей передают во возбуживатель 3. Объем выращиваемых в маточнике дрожжей должен составлять 1-1,5 % от объема среды в головном бродильном чане. Одновременно с перепуском дрожжей во возбуживатель подают сусло.

После заполнения возбуживателя среду в нем подкисляют серной кислотой до 0,4-0,5 %, которая подается из мерника серной кислоты 4, заполняемого кислотой, подаваемой из емкости серной кислоты 2. Оставляют для брожения на 22-24 ч. При снижении отброда до 5-6 % по сахариметру и накоплении дрожжевых клеток 90-100 млн/мл дрожжи из возбуживателя насосом перепускают в головной бродильный чан.

Задачами автоматизации процесса брожения являются:

- программное управление процессом дрожжегенерации и брожения;
- автоматическое регулирование технологических параметров процесса;
- контроль необходимой производительности брожения;
- стабилизация основных параметров брожения: уровня сусла, уровня

дрожжей в маточнике и в возбравителе, а также температуры в аппаратах, концентрации сахара в сусле, концентрации микроорганизмов в растворе в соответствии с заданным технологическим регламентом;

- сигнализация и аварийный останов аппарата при отклонениях параметров за заданные пределы;

- периодический останов установки для очистки аппарата.

На основании анализа объекта составлен перечень контролируемых и регулируемых параметров с указанием их основных технических характеристик (диапазон изменения, номинальное значение, допустимая ошибка измерения или регулирования и др.).

Алгоритм управления отделением дрожжегенерации и брожения имеет следующую структуру. Процесс начинается открытием клапана подачи сусла в маточник и последующей загрузкой сусла, при этом производится контроль уровня сусла. Далее включается программа процесса пастеризации сусла. Программа процесса пастеризации осуществляется в 2 этапа: нагрев сусла в аппарате до 75-80 °С, стабилизация температуры на этом значении в течение 2 ч. После окончания пастеризации сусло охлаждают водой до 30 °С и в охлажденную среду засеивают чистую культуру дрожжей по аналогии с суслом до необходимого уровня. Далее производят перемешивание смеси до однородной массы, смесь охлаждают до 22 °С и оставляют на брожение. При этом следят за концентрацией выращенных дрожжей.

После того как концентрация дрожжей достигла нужного уровня, во возбравитель заливается охлажденное сусло до нужного уровня, закрывается клапан подачи сусла. Таким же образом происходит подача дрожжей из маточника во возбравитель. В мерник серной кислоты подается до необходимого уровня серная кислота, которая далее подается во возбравитель, при этом контролируется количество сахара до нужной концентрации. По достижении нужной концентрации сахара закрывается клапан подачи серной кислоты.

В процессе брожения происходит поддержание температуры на нужном уровне в течение 20-23 ч. В конце брожения производят контроль накопления дрожжевых клеток и контроль концентрации сахара в бражке. Далее по полученным результатам можно говорить о дальнейшем процессе производства спирта.

Концентрация сахара и концентрация дрожжевых клеток в возбравителе измеряется с помощью датчиков измерения концентрации. Контролируемые параметры приведены в таблице 22.

Таблица 22 - Контролируемые параметры

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значение	Пределы измерения	Требования к точности измерения
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Уровень сусла в маточнике, м	L _{с1}	1,0	0,02 - 2,56	±0,01

1	2	3	4	5
Температура сусле в маточнике, °С	T_{c1}	75,0 – 80,0; 30,0; 22,0	-50,0 – 400,0	±3,00
Уровень дрожжей в маточнике, м	$L_{д1}$	1,5	0,02 - 2,56	±0,01
Уровень сусле в возбуживателе, м	L_{c2}	1,7	0,00 – 10,00	±0,35
Уровень дрожжей в возбуживателе, м	$L_{д2}$	3,4	0,00 – 10,00	±0,35
Уровень серной кислоты в мернике серной кислоты, м	$L_{с.к.}$	0,5	0,02 - 2,56	±0,01
Концентрация сахара в сусле, %	Q_c	0,4 – 0,5 5,0 – 6,0	0,00 – 10,00	±0,1
Температура сусле в возбуживателе, °С	T_{c2}	30,0 – 22,0	-50,0 – 150,0	±0,2
Концентрация дрожжевых клеток млн/мл	$Q_{д.к.}$	90,0 - 100,0	30,00 – 500,00	±4,00

Регулируемые параметры:

Температура сусле в маточнике - T_{c1} , °С;

Температура сусле в возбуживателе - T_{c2} , °С;

Концентрация сахара - Q_c , %;

Концентрация дрожжевых клеток во возбуживателе - $Q_{д.к.}$, млн/мл.

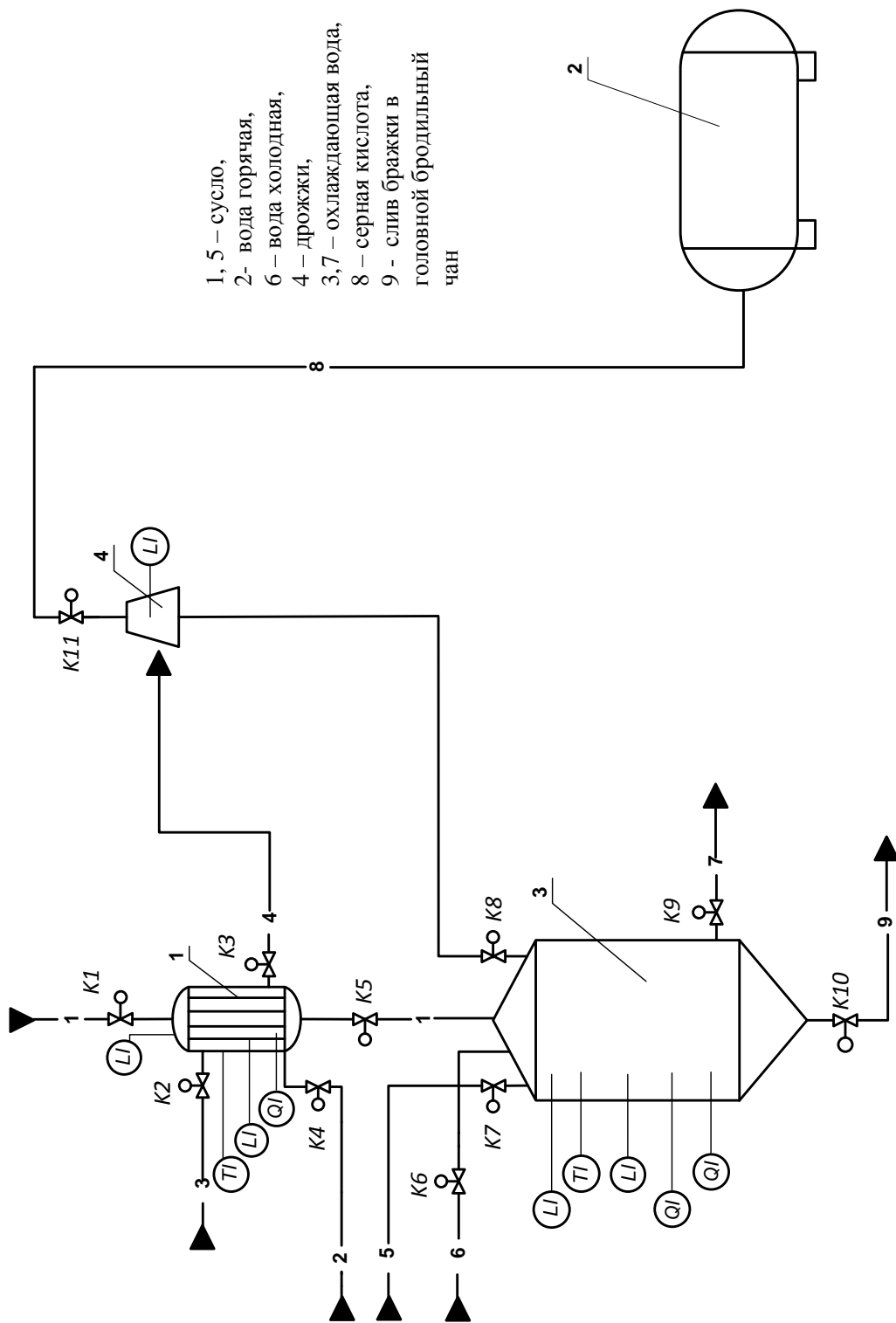
Управляющие параметры:

Расход холодной воды в теплообменнике - G в, кг/с;

Расход горячей воды в теплообменнике - G в, кг/с;

Расход сахара – G_c , гр/с;

Время брожения – τ , час.



1 – маточник, 2 – емкость для серной кислоты, 3- возбразиватель, 4 – мерник серной кислоты

Рисунок 20 - Отделение дрожжегенерации и брожения

21. Цилиндроконический бродительный аппарат

Пиво является популярным слабоалкогольным напитком с выраженным хмелевым ароматом и некоторой горечью. В пиве можно обнаружить большое количество всевозможных питательных и биологически активных веществ, в том числе микроэлементы и витамины.

Приготовление пива можно разделить на следующие стадии: подготовка и дробление солода и несоложенных материалов, получение пивного сусла, сбраживание сусла и дображивание пива, фильтрование и осветление пива, розлив. В России вырабатывают пиво трех типов - светлое (для производства используют светлый или средней светлости солод), полутемное (используют светлый или карамельный солод), темное (используют темный, или карамельный, или жженный солод).

Технология приготовления светлого пива в цилиндроконическом бродительном аппарате (ЦБА) состоит в следующем.

Сусло, охлажденное до 8-10 °С, подают в коническую часть аппарата. Аппарат заполняют в течение суток в два приема по мере поступления сусла из варочного цеха (рисунок 21).

После подачи первой части сусла в аппарат насосом подают разводку семенных дрожжей из расчета 0,04 л на 1 дал (10 л) сусла. Затем аппарат заполняют суслом на 85 % его вместимости. Отсчет продолжительности процесса брожения начинают с момента поступления сусла в аппарат.

В первые двое суток температура сусла за счет выделяющейся теплоты спиртового брожения самопроизвольно повышается от 8-10 до 12-14 °С и поддерживается в этих пределах (путем подачи хладагента в верхние охлаждающие рубашки) до достижения видимой конечной степени сбраживания. Интенсивно протекающий процесс брожения обеспечивает снижение концентрации диацетила, что способствует более быстрому созреванию пива.

Охлажденное через верхние рубашки бродящее сусло опускается вниз, а более теплое поднимается вверх, чем обеспечивается его хорошее естественное перемешивание.

Когда содержание экстрактивных веществ в пиве снизится до 3,2-3,5 %, аппарат зашпунтовывают и в дальнейшем проводят процесс при избыточном давлении 0,05-0,07 МПа, что способствует лучшему насыщению пива диоксидом углерода и ускорению оседания дрожжей. Чтобы сбраживаемое сусло не примерзало к стенкам аппарата, температура хладагента, подаваемого в рубашки, должна быть не ниже -6 °С. В качестве хладагента используют рассолы (раствор поваренной соли или хлорида кальция).

По окончании интенсивного брожения, когда концентрация экстрактивных веществ понизится до 2,6-2,2 % , пиво охлаждают в конической части аппарата до 0,5-1,5 °С. После достижения этой температуры подачу хладагента в рубашку прекращают. В цилиндрической части аппарата температуру пива 12-14 °С поддерживают еще 1,5-2 сут. для ускорения процесса созревания.

В конической части аппарата при низкой температуре происходит оседание дрожжей и образование плотного осадка. На этом заканчивается главное брожение, которое длится около 7 сут. На восьмой день брожения включают подачу хладагента во все охлаждающие рубашки, кроме рубашки в конической части, и доводят температуру пива в аппарате до 0,5-1,5 °С. Наступает стадия брожения, которая длится 6-7 сут.

Через 10-11 сут. от начала брожения проводят сьем дрожжей путем медленного спуска их из конической части аппарата. Конец съема дрожжей определяют визуально через смотровое стекло, следя за появлением свободного от дрожжей пива. После съема дрожжей из аппарата пиво направляют на осветление.

Освободившийся от пива аппарат моют водопроводной водой, дезинфицируют и снова моют для удаления дезинфицирующих средств. При мойке кран выпуска продуктов из конической части аппарата должен быть открыт.

Система автоматизации ЦБА позволяет осуществлять контроль и регулирование следующих технологических параметров:

- измерение расхода суслу в трубопроводе;
- измерение давления суслу, пива, рассола в трубопроводах;
- измерение, контроль и регулирование температуры и давления в ЦБА.

Также в схеме предусмотрен контроль наполнения и опорожнения ЦБА.

В схеме необходимо предусмотреть сигнализацию для оповещения персонала в случае, когда температура или давление в ЦБА выходит за рамки заданных пределов.

Одними из основных контуров регулирования в рассматриваемой схеме автоматизации являются контуры регулирования температуры и давления в ЦБА.

Предусмотрена цепь управления подачей суслу, съема дрожжей, спуска пива. Эти цепи могут функционировать как в ручном режиме, так и в автоматическом.

Кроме контуров регулирования, схема системы автоматизации должна включать: цепь измерения расхода суслу; цепь измерения давления суслу в трубопроводе; цепи измерения температуры рассола в трубопроводах; цепь измерения давления пива в трубопроводе; цепи контроля наполнения и опорожнения ЦБА; цепь контроля поступления аммиака в компрессионную установку.

Контролируемые параметры процесса брожения светлого пива в цилиндрикоконическом танке показаны в таблице 23.

Таблица 23 - Контролируемые параметры

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значение	Пределы измерения	Требования к точности измерения
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Температура брожения, °С	T	0,5-14	(-25)-(+25)	±0,1
Давление в ЦБА, кгс/см ²	P	0,5-0,7	0-2,5	±2,5

1	2	3	4	5
Давление сусла в трубопроводе, кгс/см ²	P_c	6	1-10	$\pm 0,1$
Расход сусла, м ³ /ч	F_c	3	1-10	± 2
Давление пива в трубопроводе, кгс/см ²	P_n	6	1-10	$\pm 0,1$
Состояние запорной арматуры			Вкл-Выкл Откр-Закр	
Время созревания пива, сут	τ_3	1,5-2		
Время дображивания пива, сут.	τ_4	6-7		
Содержание экстрактивных веществ в пиве, %	η	2,2-3,5	1-4	0,1
Давление рассола в трубопроводе, кгс/см ²	P_p	6	1-10	$\pm 0,1$
Температура рассола в трубопроводе, °С	T_p	-4	0-(-6)	$\pm 0,1$
Верхний уровень сусла, м	L_H	1,75	1,5-2,0	$\pm 0,05$
Нижний уровень сусла, см	L_L	5	0-10	± 1

Регулируемые параметры:

Температура в ЦБА – T ;

Давление в ЦБА – P .

Управляющие параметры:

Расход рассола – F_p ;

Расход воздуха – F_v .

Возмущающие параметры:

Колебания температуры рассола - T_p .

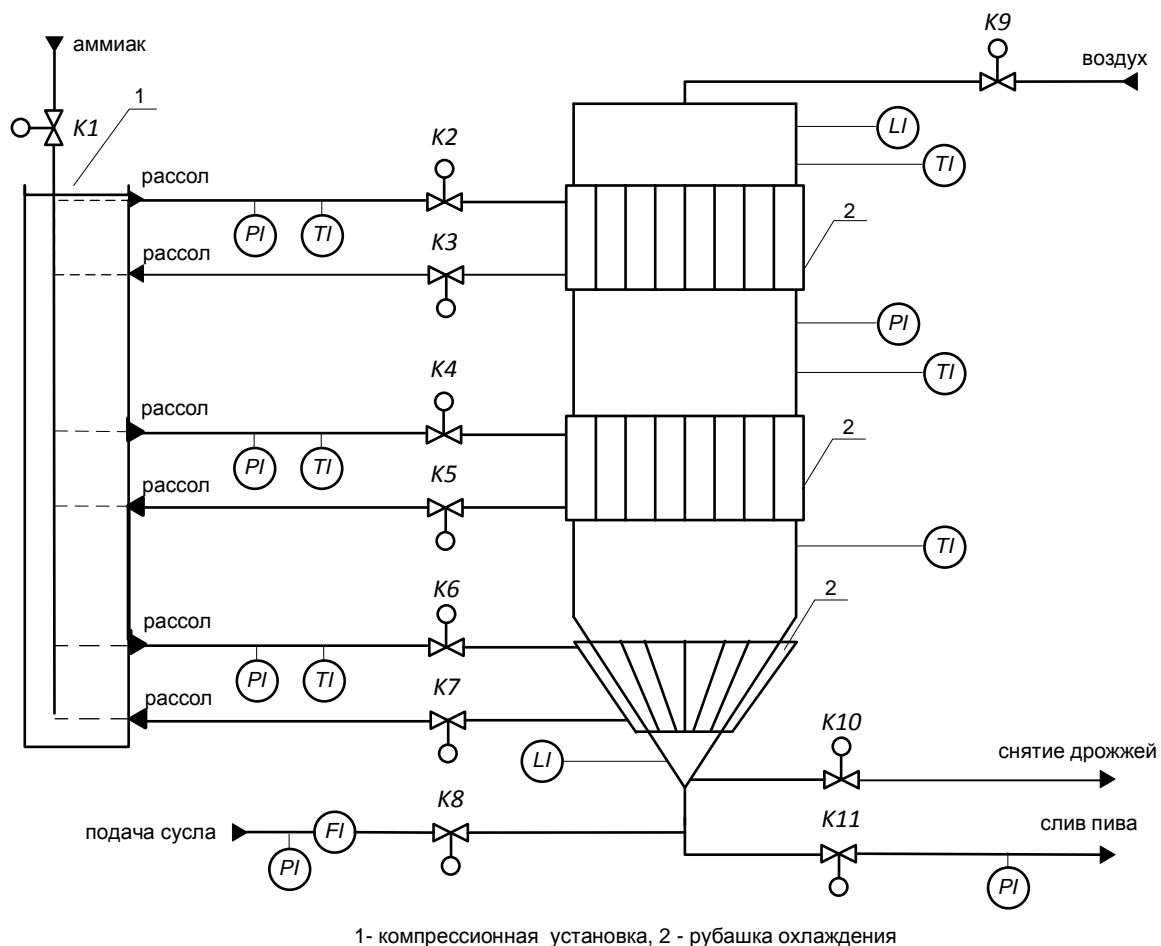


Рисунок 21 - Цилиндрикоконический бродильный аппарат

22. Ванна длительной пастеризации

Ванна длительной пастеризации молока ВДП-1000 используется для нагрева и/или охлаждения молока или сливок с целью пастеризации и/или приготовления кисломолочных продуктов.

Молочная сыворотка является побочным продуктом при производстве сыров или творога и одним из продуктов при сепарации молока после его сворачивания или добавления кислых веществ. Молочная сыворотка - жидкость (напиток), которая по уровню полезных веществ заменяет многие овощи и фрукты.

Система автоматизации ванны длительной пастеризации обеспечивает ее автоматическое заполнение до заданного уровня, пастеризацию напитка при заданной температуре, его охлаждение до необходимой температуры.

Система автоматизации ванны длительной пастеризации позволяет поддерживать заданные технологические режимы процесса и получать продукт с требуемыми показателями качества. Обогащенный сывороточный напиток пастеризуют и охлаждают в ванне длительной пастеризации ВДП-1000. Пастеризация сывороточного напитка осуществляется за счет подачи в рубашку ванны пара, а охлаждение - за счет подачи холодной воды.

Устройство ванны ВДП-1000 (рисунок 22) имеет в наличии наружную ванну 1, внутреннюю ванну 2, нагнетательный патрубок 7 центробежного насоса Н1. Всасывающий патрубок 8 насоса соединен с пароводяной рубашкой 3. Мешалка 4 снабжена двумя пропеллерными устройствами 5. Термометр 6 для контроля температуры молока помещен в стенке ванны.

Принцип работы ванны заключается в следующем. Рабочую ванну заполняют продуктом с помощью насоса через нижний патрубок с краном или по трубе, опущенной в ванну через открытую часть крышки.

В межстенное пространство (рубашку) подается вода через паровое устройство, для чего открывают вентиль подачи воды. При появлении воды в переливной трубе вентиль подачи воды закрывается и открывается вентиль подачи пара. Одновременно включается в работу мешалка.

Вода в рубашке нагревается паром. Тепло от нагретой воды передается через стенку продукту, который для более быстрого и равномерного нагревания перемешивается мешалкой. Как только вода нагреется в ванне ВДП-1000, включают насос для циркуляции подачи горячей воды в душирующее устройство. При достижении температуры пастеризации и необходимой выдержки паровой вентиль закрывают и открывают вентиль подачи холодной воды. Избыток воды в рубашке отводится через переливную трубу. Холодная вода охлаждает стенку ванны и продукт и подается до тех пор, пока продукт не охладится до нужной температуры. В ванне ВДП-1000 при охлаждении следует пересоединить насос и холодную воду подавать через душирующее устройство, а слив воды производить через нижний сливной вентиль, открыв его настолько, чтобы внутри ванны оставался уровень воды выше ванны. В случае необходимости температуру охлаждения молока в ванне можно регулировать паровым и водяным вентилями.

Продукт после тепловой обработки выпускают через кран в присоединенный к нему молочный трубопровод диаметром 50 мм, который соединен с насосом. Вода из рубашки удаляется через сливной вентиль.

Контролируемые параметры приведены в таблице 24.

Таблица 24 - Контролируемые параметры

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значение	Пределы измерения
Уровень напитка, мм	L_n	1900	(0 – 2000)
Температура напитка, °С	T_n	(4 – 70)	(0 – 100)
Расход пара, м ³ /час	F_n	8	0 – 10

Регулируемые параметры:

Температура напитка – T_n ;

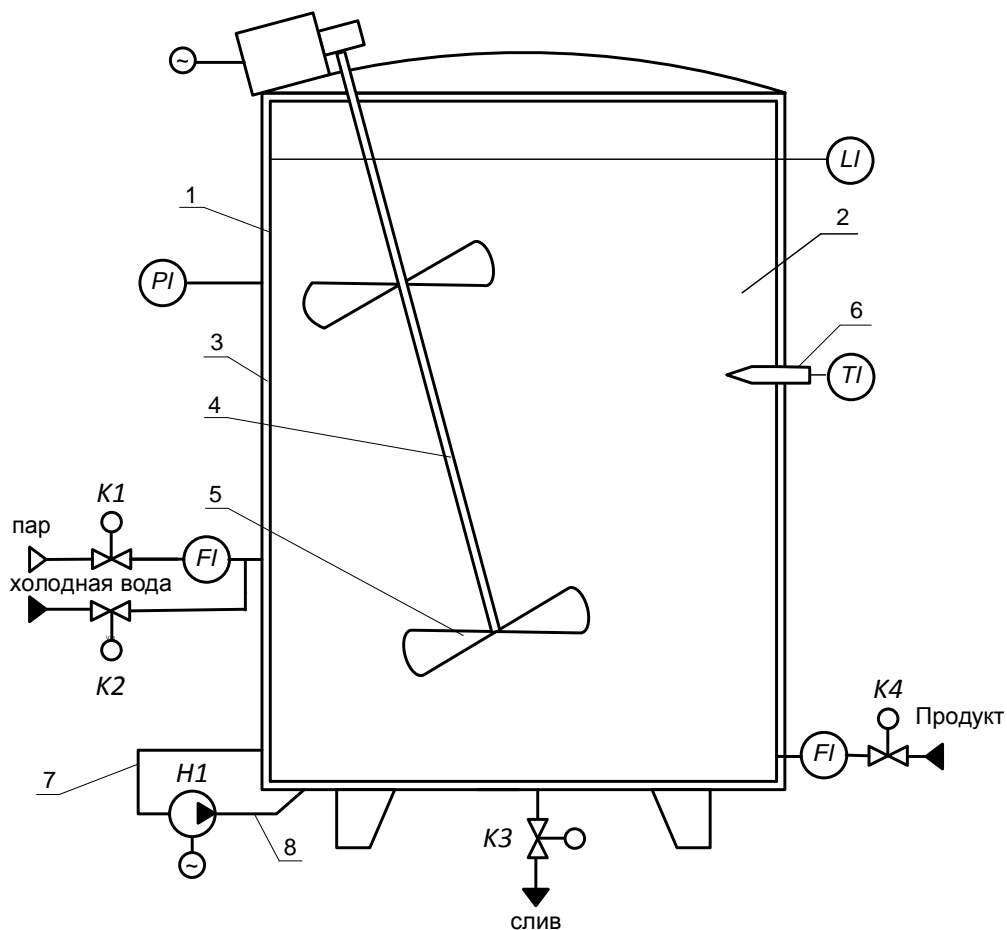
Уровень напитка в ванне длительной пастеризации – L_n .

Управляющие параметры:

Расход пара – F_n ;

Расход продукта - $F_{пр}$;

Расход воды - F_v .



1 - наружная ванна, 2- внутренняя ванна, 3 – пароводяная рубашка; 4 – мешалка, 5 – пропеллерное устройство, 6 – термометр, 7 - нагревательный патрубок, 8 - всасывающий патрубок

Рисунок 22 - Ванна длительной пастеризации сывороточного напитка

23. Трубчатая пастеризационная установка

Молоко - продукт нормальной физиологической секреции молочных желез, полученный от одного или более лактирующих животных от одного или более доений. Молоко обладает высокой пищевой ценностью, иммунологическими и бактерицидными свойствами, что и определяет большую долю производства молока и молочных продуктов в пищевой промышленности.

Одним из видов термической обработки молока является пастеризация. Пастеризация (низкотемпературная, высокотемпературная) осуществляется при различных режимах (температура/время) в диапазоне температур от 63 °С до 100 °С с выдержкой в течение времени, обеспечивающей снижение количества любых патогенных микроорганизмов в молоке и продуктах его переработки до уровней, при которых они не наносят существенного вреда здоровью человека.

Принятый режим пастеризации должен обеспечить получение молока со следующими бактериологическими показателями: общее количество бактерий пастеризованного молока группы А в бутылках и пакетах не более 50 000 в 1 мл, титр кишечной палочки не менее 3 мл; молока группы Б соответственно 100 000 и 0,3 мл, молока в крупной упаковке (не подразделяется на группы) - не более 200 000 и 0,3 мл. Пастеризованное молоко не должно содержать

патогенных микроорганизмов. Производство пастеризованного молока включает в себя следующие стадии:

- приемку молока и оценку его качества;
- очистку молока, охлаждение и резервирование;
- нормализацию по содержанию жира;
- подогрев и гомогенизацию;
- пастеризацию молока;
- охлаждение;
- фасование в тару;
- укупорку и маркировку тары;
- складирование, хранение и транспортирование готовой продукции.

С целью уничтожения болезнетворных микроорганизмов, находящихся в молоке и молочных продуктах, применяют пастеризацию и стерилизацию. Аппараты, в которых ведут этот процесс, называют пастеризаторами или стерилизаторами. Некоторым продуктам, например, мороженому, тепловая обработка придает приятный запах, а сливочному маслу – сладковатый привкус.

Наибольшее распространение для тепловой обработки молока нашли три режима пастеризации:

- 1) длительный – нагрев молока до 63 °С с последующей выдержкой при этой температуре в течение 30 мин;
- 2) кратковременный – нагрев молока до 72 °С с выдержкой в течение 20...30 с;
- 3) мгновенный – нагрев молока до 85...90 °С без выдержки две секунды и менее.

Пастеризация полностью сохраняет все качества цельного молока, при нагреве выше 90 °С приводит к потере части белка.

Трубчатые пастеризационные установки служат для обработки молока и сливок в закрытом потоке при высоких скоростях движения обрабатываемого продукта. Трубчатая пастеризационная установка (рисунок 23) состоит из двух центробежных насосов, трубчатого аппарата, возвратного клапана, конденсатоотводчиков и пульта управления с приборами контроля и регулирования технологического процесса.

Основной элемент установки – двухцилиндровый теплообменный аппарат, состоящий из верхнего и нижнего цилиндров, соединенных между собой трубопроводами.

В торцы цилиндров вварены трубные решетки, в которых развальцовано по 24 трубы диаметром 30 мм. Трубные решетки из нержавеющей стали имеют выфрезерованные короткие каналы, соединяющие последовательно концы труб, образуя таким образом непрерывный змеевик общей длиной около 30 м. Торцевые цилиндры закрывают крышками с резиновыми уплотнениями для обеспечения герметичности аппарата и изолирования коротких каналов друг от друга.

Пар подается в межтрубное пространство каждого цилиндра.

Отработанный пар в виде конденсата выводится с помощью термодинамических конденсатоотводчиков. Нагреваемое молоко движется во внутритрубном пространстве, проходя последовательно нижний и верхний цилиндры.

На входе аппарата установлен регулирующий клапан подачи пара, а на выходе молока из аппарата – возвратный клапан, с помощью которого недопастеризованное молоко автоматически направляется на повторную пастеризацию. Возвратный клапан связан через регулятор температуры с термодатчиком, расположенным также на выходе молока из аппарата. Установка снабжена манометрами для контроля за давлением пара и молока.

Обрабатываемый продукт из накопительной емкости с помощью первого центробежного насоса подается в нижний цилиндр теплообменного аппарата, где нагревается паром до температуры 50...60 °С и переходит в верхний цилиндр. Здесь он пастеризуется при температуре 80...90 °С.

Второй насос предназначен для подачи молока из первого цилиндра во второй. Следует отметить, что в трубчатых пастеризационных установках скорость движения различных продуктов неодинакова. Трубчатые установки эффективны в том случае, если последующий процесс обработки молока проводят при температуре, незначительно отличающейся от температуры пастеризации. Контролируемые параметры приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Контролируемые параметры

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значение	Пределы измерения	Требования к точности измерения
Расход воздуха, м ³ /ч	F _в	5000	1000-10000	±1
Температура пастеризации молока (верхний цилиндр теплообменника), °С	T _м	90	85-95	±1
Давление пара, МПа	P _п	0,2	0-0,3	±0,01
Расход молока, кг/ч	F _м	5400	2000-6000	±10
Состояние запорной арматуры		Вкл-Вык, Откр-Закр		
Время пастеризации, с	τ	0-2 (без выдержки)	0-10	±0,1
Температура пара, °С	T _п	111,25	90-170	±5
Температура нагревания молока (нижний цилиндр теплообменника), °С	T _{мн}	60	50-80	±1
Расход пара, кг/ч	F _п	720	300-800	±10

Управляющие параметры:

Расход пара - F_п;

Расход молока – F_м.

Возмущающие воздействия:

Колебания давления пара – ΔP_п.

Регулируемые параметры:

Температура пастеризации молока – T_м;

Уровень молока в промежуточном баке – L_м.

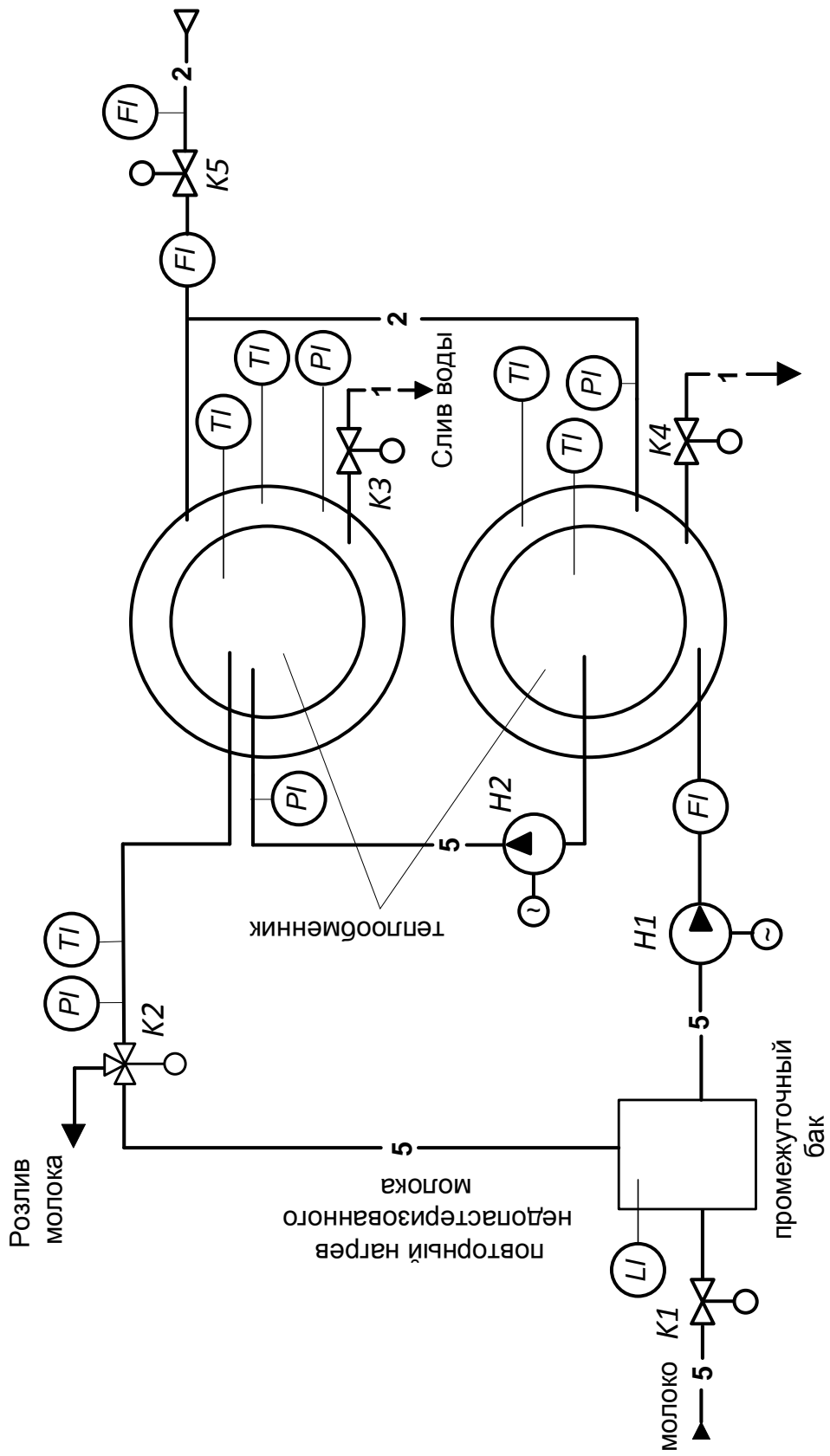


Рисунок 23 - Трубчатая пастеризационная установка

24. Ротационная печь

По способу нагревания хлебопекарные печи могут быть электрическими, газовыми, паровыми, дизельными, работающими на твердом топливе или комбинированными. Еще один параметр, по которому их можно классифицировать, – принцип работы. По этому признаку хлебопекарные печи делятся на подовые, конвекционные и ротационные.

Ротационные печи используют для приготовления различных хлебопекарных изделий в больших объемах.

При разработке функциональной схемы автоматизации ротационной электропечи необходимо обеспечить решение следующих задач:

- получение первичной информации о состоянии ротационной электропечи;
- непосредственное воздействие на ротационную электропечь для управления ею;
- стабилизация рабочих параметров ротационной электропечи;
- контроль и регистрация рабочих параметров и технического состояния ротационной электропечи.

Ротационная электропечь (рисунок 24) ИЭТ-74-И1 представляет собой нагревательную камеру, состоящую из термоизоляционного кожуха 1 с установленным контейнером 2, электрокалорифера 3, выполненного с использованием ТЭНов, двери 4, механизма вращения контейнера 5, вентилятора 6, системы пароувлажнения 7. Выпечка изделий 8 осуществляется на вращающемся контейнере при пароувлажнении и обдуве в течение заданного времени.

При запуске печи подается напряжение на ТЭНы, устанавливается режим выпечки. Температура в пекарной камере регулируется за счет увеличения или уменьшения напряжения на ТЭНах. Скорость вращения вентилятора регулируется в зависимости от необходимой степени обдува изделий. Расход воды регулируется, при необходимости увеличивают или уменьшают подачу воды на пароувлажнение для поддержания необходимой влажности в пекарной камере. Основными параметрами являются температура продукта и время выпечки. Завершающие стадии - выключение нагрева ТЭНа, отключение вентилятора, закрытие крана подачи воды.

Измеряются следующие параметры: напряжение ТЭНа, температура в пекарной камере, скорость вращения вентилятора, скорость вращения контейнера, расход воды на пароувлажнение, влажность в пекарной камере, температура в выпекаемом изделии.

Регулирование температуры в пекарной камере осуществляется регулированием напряжения на ТЭНе. Скорость вращения вентилятора и контейнера регулируется автоматически. Расход воды на пароувлажнение регулируется путем подачи воды через кран. В таблице 26 приведены контролируемые параметры технологического процесса.

Таблица 26 – Контролируемые параметры ротационной электропечи

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значение	Пределы измерений	Требования к точности измерения
Скорость вращения вентилятора, об/мин	S_B	1000	0-1500	± 10
Скорость вращения контейнера, об/мин	S_K	3	0-10	± 1
Напряжение ТЭНов, В	E_T	380	0-420	± 1
Температура в пекарной камере, °С	T_{II}	220	0-300	± 1
Расход воды на пароувлажнение, л/мин	F_B	0,3	0-2	$\pm 0,1$
Температура в продукте, °С	T_X	95	0-150	± 1
Влажность в пекарной камере, %	M_K	60	0-95	± 1
Продолжительность выпечки, мин	τ	20		

Регулируемые параметры ротационной электропечи:

Влажность в пекарной камере - M_K ;
 Температура в пекарной камере - T_{II} ;
 Температура в продукте - T_X .

Управляющие параметры ротационной электропечи

Расход воды - F_B ;
 Скорость вращения контейнера - S_K ;
 Скорость вращения вентилятора - S_B ;
 Напряжение ТЭНов - E_T .

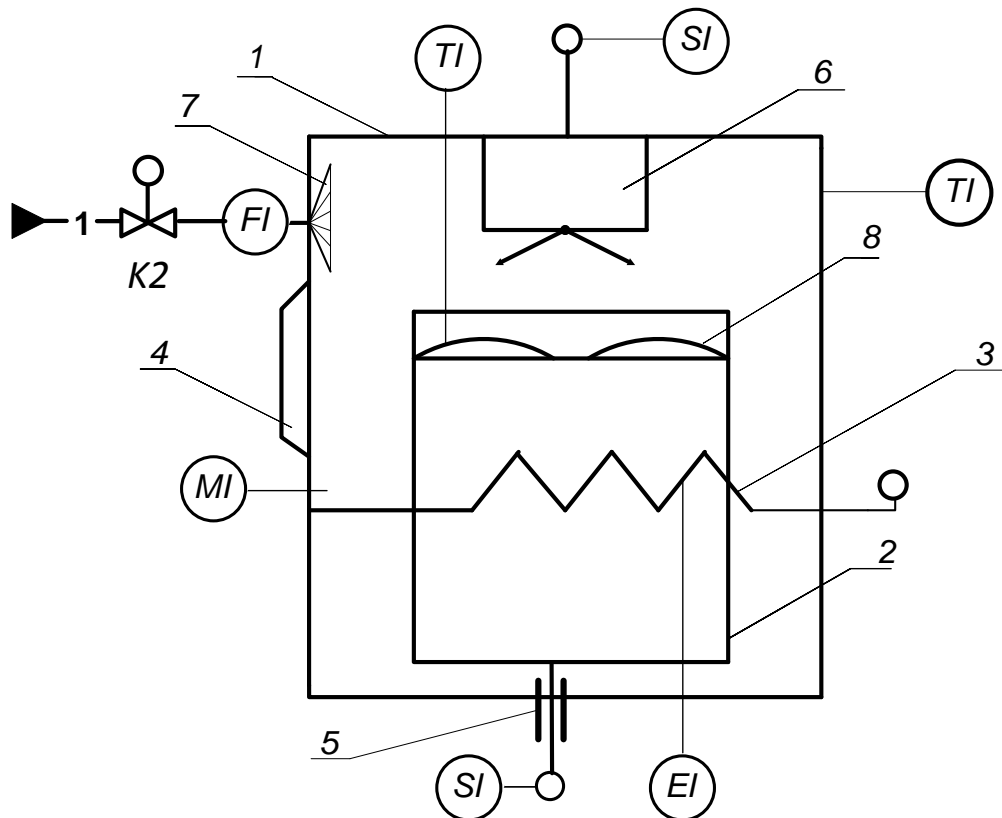


Рисунок 24 - Ротационная печь

25. Заквасочный танк

Процесс сквашивания молока используется в производстве кисломолочных продуктов, творога, сливочного масла, сыра. В молочной промышленности собственно процесс сквашивания молока не рассматривается как метод консервирования, хотя продукты, изготовленные с его использованием, более устойчивы по отношению к действию посторонней микрофлоры, чем свежее молоко. Однако основным назначением производства продуктов из пастеризованного, стерилизованного или топленого молока путем сквашивания его заквасками чистых молочнокислых культур является получение продуктов с новыми вкусовыми качествами.

Заквасочный танк предназначен для выполнения технологической операции сквашивания молока при производстве сыра. Молоко поступает в заквасочный танк, изготовленный из нержавеющей стали и представляющий собой ёмкость закрытого типа (рисунок 25). Танк оборудован водяной рубашкой, мешалкой и термоизоляционным слоем. После того как молоко заполнило танк, добавляется закваска (сычужный фермент и хлорид кальция). Мешалка заквасочного танка работает при внесении закваски. Полученную смесь молока и закваски нагревают, чтобы смесь достигла необходимой температуры (300 °С), при которой будет и происходит сквашивание молока. Для этого в водяную рубашку резервуаров подается вода, которая проходит теплообменник, в котором она нагревается паром. Как только температура

смеси достигает заданной температуры, мешалка выключается и начинается процесс сквашивания молока. Молоко сквашивается, пока кислотность не достигнет 61°Т (Тернера). При достижении кислотности требуемого значения открывается клапан К7, и сгусток подается далее на отварку.

Работа системы управления начинается с наполнения резервуара молоком. Наполнение осуществляется открытием клапанов К5 и включением насоса Н1. Затем резервуар наполняют закваской, открывая клапан К6 и включая насос Н2. Во время внесения заквасок в емкость включается мешалка. Объемы молока и заквасок в ёмкости контролируются расходомерами. В водяную рубашку резервуаров подаётся вода клапаном К2, перед этим необходимо закрыть механический клапан слива К3 и выпустить воздух через механический клапан К1, и затем включается насос Н1. Вода проходит теплообменник, где нагревается паром, поступающим через клапан К4. Наполнение водяной рубашки длится до достижения гидростатического давления 40 кПа, которое контролируется датчиком гидростатического давления. Контроль и регулирование температуры воды в водяной рубашке осуществляются по сигналу от датчика температуры, поступающему в контроллер, который вырабатывает управляющий сигнал на открытие клапана К4. Молоко сквашивается до достижения кислотности значения 61°Т. Для измерения кислотности используют рН-метр. При достижении необходимой кислотности по сигналу с рН-метра контроллер вырабатывает управляющий сигнал на открытие клапана К7.

Контролируемые параметры приведены в таблице 27.

Таблица 27 - Контролируемые параметры

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значение	Пределы измерения	Требования к точности измерения
Расход молока, м ³ /час	Fм	10,2	9-11	± 0,5
Расход закваски, м ³ /час	Fз	7,2	6-8	± 0,5
Гидростатическое давление, кПа	P	40,8	38-42	± 0,1
Температура смеси, °С	Tс	30	24-26	± 0,1
Температура греющей воды, °С	Tгв	35	32-28	± 0,1
Кислотность смеси, °Т	Q	60	60-362	± 0,1

Регулируемые параметры:

Расход молока, м³/час – Fм;
 Расход закваски, м³/час – Fз;
 Температура смеси, °С – Tс,

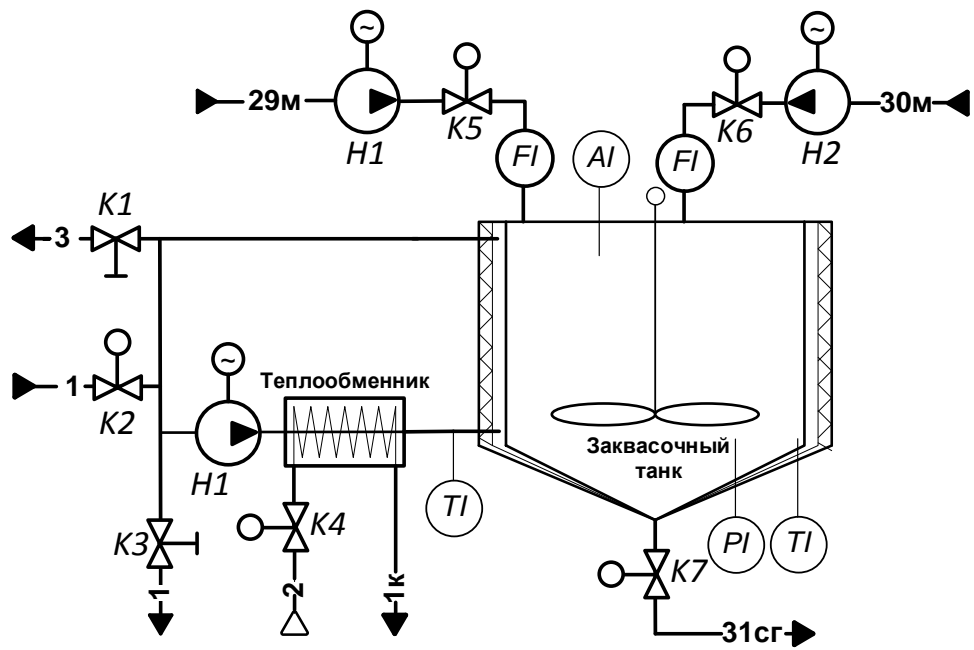


Рисунок 25 - Заквасочный танк

Пример оформления титульного листа

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»

Курсовой проект
допущен защите
Руководитель:
звание, должность, ФИО
_____ (подпись)
_____ (дата)

Курсовой проект защищен с
оценкой _____
Руководитель:
звание, должность, ФИО
_____ (подпись)
_____ (дата)

Факультет автоматизации производства и управления

Кафедра автоматизации производственных процессов

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине

«Монтаж и эксплуатация систем автоматизации управления технологическими процессами»

Тема

КП.	51.	15.03.04	Д.	ХХ.	ПЗ.
Курсовой проект	Номер кафедры	Номер направл.	Дневное отделение	Номер вариант	Пояснит. записка

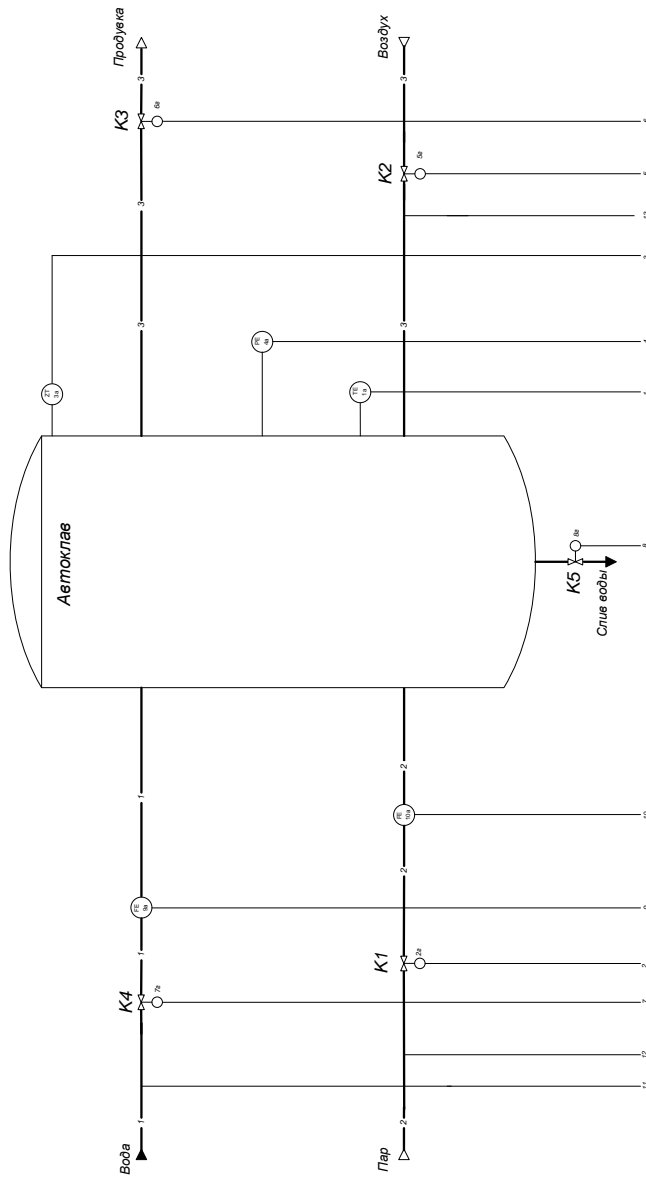
Выполнил(а) студент(ка) гр.
Ф.И.О студента(ки)
_____ (подпись)
_____ (дата)

Калининград
(год)

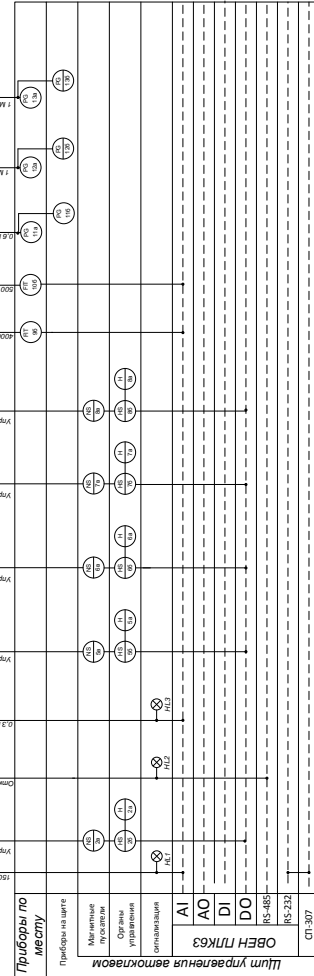
Пример выполнения функциональной схемы автоматизации автоклава

Функциональная схема промышленного автоклава

КТП51.15.03.04.15.Ц1.К

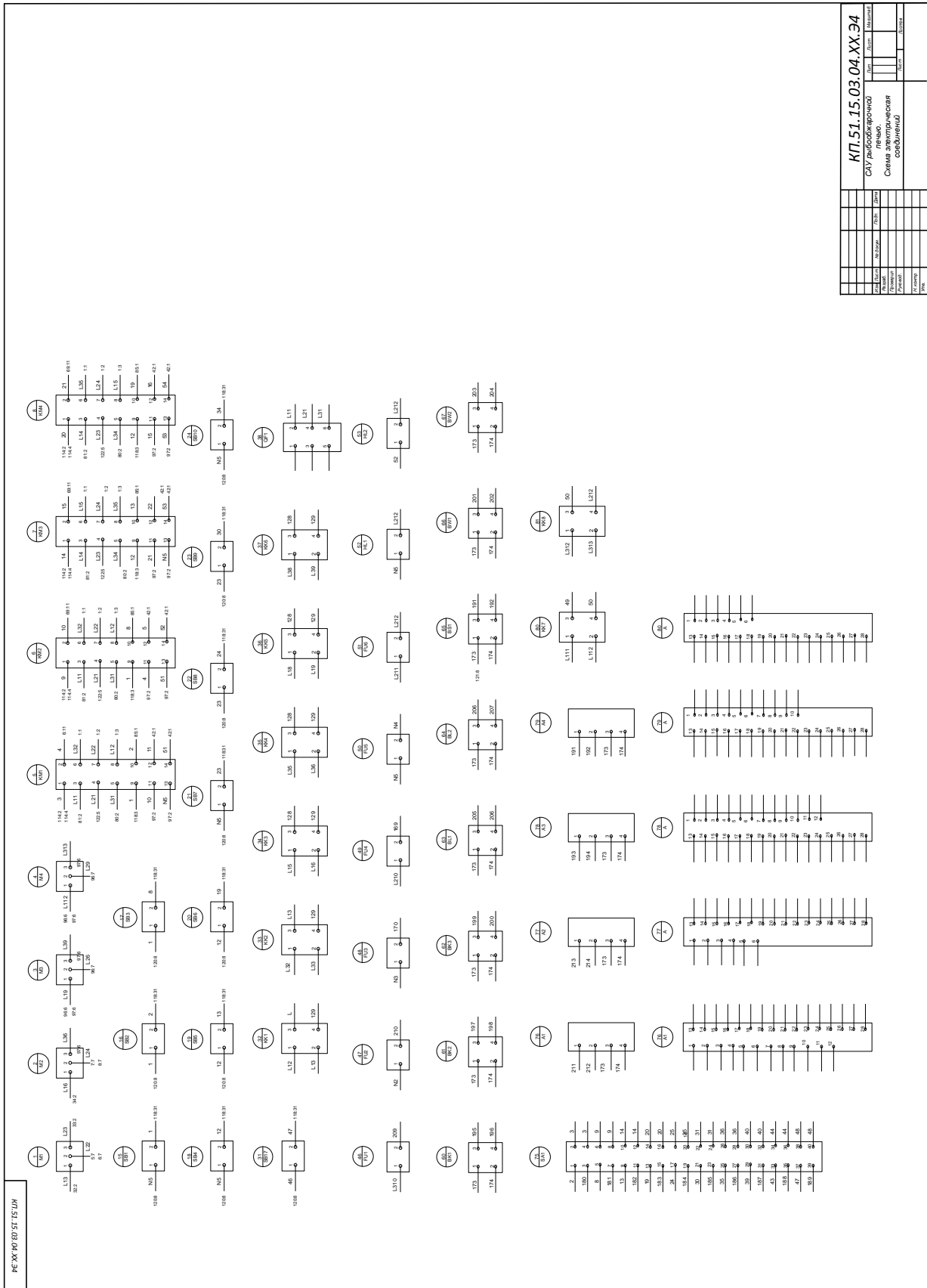


Поз.	Обозн.	Наименование	Коды/Примечание
2х, 5х, 6х, 7х, 20х, 50х, 60х, 70х, 2х, 5х, 6х, 7х, 20х, 50х, 60х, 70х	H	Кнопка МТБ2-ЕАЗ31	5
2х, 5х, 6х, 7х, 20х, 50х, 60х, 70х	HS	Переключатель цепи ПБ П.17-29	5
2х, 5х, 6х, 7х, 20х, 50х, 60х, 70х	NS	Контактор ДИУМ7	5
1х, 15х	TE	Термопреобразователь сопротивления ОВЕН ДТС-И	2
4х	PE	Преобразователь давления овен рд100	1
9х, 9б	PE, FIT	Счетчик расхода воды электроимпульсный ВАРС-И	1
10х, 10б	PE, FIT	ТИРС-С расходомер импульсный универсальный	1
11х, 11б, 12х, 12б, 13х, 13б, 14х, 14б, 15х, 15б	PG	Показывающий манометр ДМ-40	6
3а	ZT	Датчик положения крышки ДПК-1	1
	K1	Клапан ПСУ-10	1
	K2, K3, K4	Электромагнитный клапан КЭО 10/20/2-024/5	4

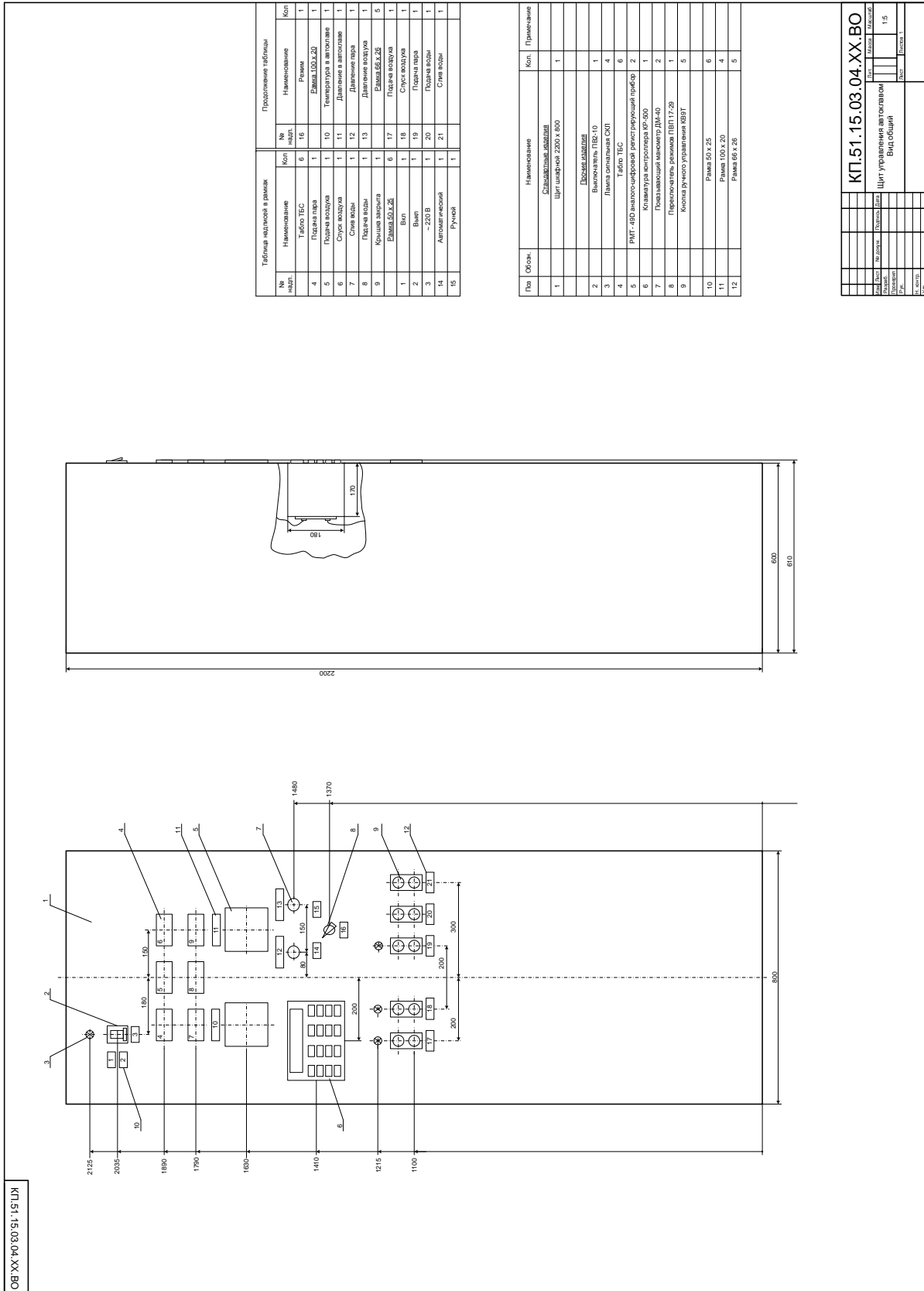


КТП51.15.03.04.15.Ц1.К2			
Изм.	Исполн.	Дата	Лист
1			1
2			1
3			1
4			1
5			1
6			1
7			1
8			1
9			1
10			1
11			1
12			1
13			1
14			1
15			1
16			1
17			1
18			1
19			1
20			1
21			1
22			1
23			1
24			1
25			1
26			1
27			1
28			1
29			1
30			1

Пример выполнения монтажной схемы (электрических соединений)



Пример выполнения чертежа общего вида щита управления



КП.51.15.03.04.XX.ВО
 Щит управления котлом
 Вид общий
 15

Учебно-методическое издание

Наталья Сергеевна Будченко,
Николай Алексеевич Долгий

**МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ
УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ**

РЕДАКТОР Э. С. КРУГЛОВА

Подписано в печать 16.09.2021 г.

Формат 60 x 84/16.

Уч.-изд. л. 6,8. Печ. л. 6,75.

Тираж 20 экз. Заказ № 70

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1