

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Е. С. Якубовская**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.  
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия для студентов  
учреждений высшего образования по специальности  
«Автоматизация технологических процессов и производств»*

Минск  
БГАТУ  
2023

УДК 631.171(075.8)

ББК 40.7:74.58

Я49

**Рецензенты:**

кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники  
УО «Белорусский государственный технологический университет»  
(кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой *Д. С. Карнович*);  
кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры «Робототехнические системы»  
Белорусского национального технического университета *С. В. Дубинин*

**Якубовская, Е. С.**

Я49 Автоматизация технологических процессов. Курсовое проектирование : учебное пособие /  
Е. С. Якубовская. – Минск : БГАТУ, 2023. – 308 с.  
ISBN 978-985-25-0237-5.

Освещены вопросы методики и технологии разработки систем автоматизированного управления технологическими процессами сельскохозяйственного производства, изложены требования к документации проекта автоматизации, рассмотрен сквозной пример разработки систем автоматизированного управления технологическими процессами.

Для студентов учреждений высшего образования и специалистов в области автоматизации сельскохозяйственного производства.

**УДК 631.171(075.8)**

**ББК 40.7:74.58**

**ISBN 978-985-25-0237-5**

© БГАТУ, 2023

## Оглавление

Введение .....	5
1 Общие вопросы проектирования по учебной дисциплине	
«Автоматизация технологических процессов» .....	6
1.1 Цели и задачи курсового проектирования .....	6
1.2 Требования к теме курсового проекта.....	6
1.3 Структура и содержание курсового проекта .....	7
2 Структура и состав САУ ТП.....	12
2.1 Виды автоматических устройств управления.....	12
2.2 Системы автоматического управления поточными технологическими линиями (САУ ПТЛ) .....	13
2.3 Система автоматического регулирования (САР) .....	21
2.4 Использование контроллеров в САУ ТП.....	29
3 Разработка проекта автоматизации технологического процесса .....	45
3.1 Постановка задачи проектирования САУ ТП.....	45
3.2 Определение объема автоматизации процесса кормораздачи.	
Разработка схемы автоматизации .....	51
3.3 Разработка алгоритма управления ТП.....	56
3.4 Разработка структуры управления САУ ПТЛ .....	63
3.5 Выбор технических средств автоматизации.....	74
3.5.1 Выбор устройства управления .....	75
3.5.2 Выбор датчиков .....	75
3.5.3 Выбор исполнительных механизмов.....	76
3.5.4 Выбор аппаратуры управления и защиты.....	77
3.5.5 Пример выбора технических средств автоматизации .....	80
3.6 Разработка полной принципиальной электрической схемы управления, защиты и сигнализации.....	88
3.7 Принципы разработки программы управления для логического промышленного контроллера (ПЛК).....	99
3.7.1 Краткая характеристика языков программирования ПЛК.....	99
3.7.2 Принципы программирования ПЛК на языке FBD .....	99
3.7.3 Принципы программирования ПЛК на языке LD.....	110
3.7.4 Пример разработки программы для контроллера фирмы Siemens .....	112
3.8 Принципы проектирования щитов автоматики.....	123
3.8.1 Назначение и конструкция щитов автоматики.....	123
3.8.2 Принципы компоновки аппаратуры в щитах автоматики.....	125

3.8.3 Разработка щита автоматики для примера варианта кормораздачи....	131
3.9 Заключительные шаги при работе над курсовым проектом .....	138
Заключение .....	139
Список использованной литературы .....	140
Приложение А Примерные варианты заданий к курсовому проектированию .....	144
Приложение Б Пример выполнения курсового проекта.....	177
Приложение В Некоторые требования к оформлению курсового проекта .....	244
Приложение Г Требования к оформлению схем автоматизации.....	248
Приложение Д Требования к оформлению принципиальных электрических схем.....	262
Приложение Е Зависимость коэффициента $m$ от коэффициента мощности .....	284
Приложение Ж Требования к оформлению документации на щиты автоматики .....	285
Приложение И Исходные данные для компоновки аппаратов в щитах автоматики .....	292
Список сокращений .....	307

## Введение

Современное сельскохозяйственное производство характеризуется высокой технологичностью с полной степенью автоматизации технологических процессов. Внедрение современных средств автоматизации, повышение эффективности их использования возможно лишь с участием высококвалифицированного персонала, эксплуатирующего автоматические и автоматизированные системы управления, владеющего технической базой автоматизации, основами разработки и проектирования автоматических и автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Данное пособие раскрывает методику разработки современных систем автоматического управления технологическими процессами сельскохозяйственного производства, которую должен освоить и применять в своей профессиональной деятельности будущий инженер по автоматизации. Также материал пособия будет актуален и для действующих специалистов, обеспечивающих эксплуатацию систем автоматизации технологических процессов сельскохозяйственного производства.

Учебное пособие оформлено в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

# **1 Общие вопросы проектирования по учебной дисциплине «Автоматизация технологических процессов»**

## **1.1 Цели и задачи курсового проектирования**

Современный инженер по автоматизации для успешной профессиональной деятельности должен владеть общим техническим языком, посредством которого можно четко и однозначно обмениваться разработками в области автоматизации технологических процессов. То есть логически и технически продуманная система автоматического управления должна быть представлена на языке, одинаково понятном для специалистов, занимающихся вопросами монтажа, наладки и эксплуатации систем автоматизации. Такое взаимопонимание обеспечивается с помощью специально разрабатываемой технической документации, которая называется *проектом автоматизации технологического процесса*. Поэтому независимо от места работы инженер по автоматизации технологических процессов должен свободно читать проекты и уметь их разрабатывать и внедрять.

**Цель** курсового проектирования по учебной дисциплине «Автоматизация технологических процессов» – формирование у студентов навыков самостоятельного решения комплекса задач по разработке систем автоматизации технологических процессов сельскохозяйственного производства.

В ходе курсового проектирования студент должен досконально изучить отдельный технологический процесс, уяснить алгоритм его функционирования, определить оптимальный объем автоматизации технологического процесса, обеспечивающий наибольший экономический эффект, разработать вариант автоматического управления с учетом новейших разработок в области технических средств автоматики и устройств управления, подобрать аппаратуру, разработать программное обеспечение системы автоматического управления, оформить вариант решения задачи автоматического управления в технической документации.

## **1.2 Требования к теме курсового проекта**

В качестве *темы* курсового проекта принимается *автоматизация отдельного типового технологического процесса* (например, автоматизация технологической линии приготовления кормов, автоматизация уборки навоза из помещений,

автоматизация доения и др.) в соответствии с заданием на курсовой проект. В задании приводятся описание технологического процесса и требования к системе управления. Примерные варианты заданий приведены в приложении А. Студент может предложить тему самостоятельно на основании изучения литературы [1, 2], или другой, содержащей подробное описание технологического процесса, или на основании результатов пройденной производственной практики. При этом руководитель может согласиться с предложенной темой, либо скорректировать ее, либо предложить тему по собственному усмотрению. Предварительно сформулированные темы курсового проекта обсуждаются на заседании кафедры и утверждаются заведующим кафедрой.

Во втором случае студенту требуется изучить научно-техническую литературу, патенты, технологические и другие требования. На этом основании определяются возможности той или иной технологической линии (процесса) с конкретным технологическим оборудованием, анализируются режимы работы, составляют подробное описание алгоритма функционирования технологического процесса, выявляются пути его автоматизации, возможный объем автоматизации, то есть подробно формулируются требования к системе автоматического управления (САУ). На основании подробного описания и требований к системе руководитель и студент совместно формулируют задание на проектирование, пример которого приведен в приложении Б.

### **1.3 Структура и содержание курсового проекта**

В курсовом проекте должен быть отражен анализ существующих технологических линий (процессов) для решения конкретной производственной задачи, выбран наиболее целесообразный вариант реализации технологического процесса (ТП), на основе которого разрабатываются алгоритм управления и полная принципиальная электрическая схема логического устройства управления исполнительными механизмами рабочих органов оборудования технологической линии, приведено описание работы полной принципиальной электрической схемы управления, контроля сигнализации и защиты технологической линии, программа управления для контроллера, необходимые расчеты для компоновки аппаратуры в щите автоматики.

На листах графического материала в соответствии с разработкой логического устройства и требованиями к системе автоматического управления, изложенными в задании, должны быть представлены схема автоматизации технологического

процесса, полная принципиальная электрическая схема управления, защиты и сигнализации, общий вид щита автоматики: перечень элементов щита, вид спереди, вид на внутренние плоскости щита, таблица надписей на табло и в рамках.

Формат листов графической части выбирают самостоятельно в зависимости от объема графического материала.

Оформление расчетно-пояснительной записки (РПЗ) и графического материала должно отвечать требованиям [3].

*Структурно РПЗ КП* состоит из следующих элементов (материалы приведены в порядке их расположения):

- титульного листа;
- задания на проектирование;
- ведомости комплекта проектной документации;
- оглавления;
- перечня условных обозначений, символов и терминов (при необходимости);
- реферата;
- текста РПЗ с иллюстративным материалом, таблицами и т. п.;
- списка использованной литературы;
- приложений.

РПЗ должна быть сброшюрованной в папке со скоросшивателем и прозрачной первой страницей.

*Титульный лист* является первой страницей РПЗ. Выполняется на бланке установленной формы. На титульном листе рамки не выполняются, штамп основной надписи не приводят. Пример выполнения титульного листа приведен в приложении Б.

*Задание на проект* является главным руководством, на основании которого разрабатывается проект. Задание выполняется на бланке установленного образца, который выдается руководителем курсового проекта. При получении задания студент ставит свою подпись на нем. Пример задания приведен в приложении Б.

*Ведомость* комплекта проектной документации является сводным перечнем всех материалов, разработанных при проектировании. Пример заполнения ведомости комплекта проектной документации приведен в приложении Б.

*Реферат* – это краткая характеристика выполненного проекта, предназначенная для предварительного ознакомления с проектом и отражающая основное содержание работы с точки зрения ее достоинств и достижения цели, поставленной в теме проекта.

Текст реферата пишется на стандартном листе, оформленном рамкой. Основную надпись на данном листе не помещают. Номер страницы не проставляют. Заголовок «Реферат» пишется с прописной буквы и располагается на отдельной

строке симметрично тексту. Объем реферата – не более одной страницы. Вначале указывают объем проектной документации: перечисляют общий объем текстовых материалов с выделением, в том числе, иллюстраций (эскизов, рисунков, таблиц и т. п.); указывают объем графической части проекта. Указывают количество использованных источников. Далее приводят ключевые слова. Перечень ключевых слов должен включать от 5 до 15 слов или словосочетаний из текста записки, которые в наибольшей степени характеризуют содержание. Ключевые слова приводятся в именительном падеже и записываются строчными буквами в строку через запятые после слов «Ключевые слова». Затем дают краткое содержание проекта, отражающее цель работы, методы разработки, принятые решения, приводят итоговые результаты и основные показатели, указывают возможности внедрения основных результатов проекта.

Образец реферата приведен в приложении Б.

*Оглавление* предназначено для облегчения поиска необходимых материалов при чтении записки, а также для общего ознакомления с работой и представления об объемах всех разделов. Оглавление начинает текстовую часть записки. Его размещают сразу после листа ведомости с новой страницы и при необходимости продолжают на последующих листах. Слово «Оглавление» пишут с прописной буквы посередине страницы. В оглавлении приводят порядковые номера и наименования разделов, подразделов и пунктов, имеющих наименование, а также приложения с их обозначениями и наименованиями. Указывается номер листа (страницы), на котором размещено начало материала (раздела, подраздела и т. п.). Не рекомендуется проводить подробное деление материала. На первой странице оглавления приводят основную надпись по форме, соответствующей основной надписи первого листа текстового материала (см. приложение В).

*Список использованной литературы.* Составление списка использованной литературы является завершением курсового проекта, основой для которого служат записи всех просмотренных и изученных книг, статей из сборников и журналов и других материалов. Библиографическое описание источников для списка составляют непосредственно по произведению печати или выписывают из каталогов полностью, без пропусков каких-либо элементов, сокращения заглавий и т. д. Все библиографические записи в списке литературы составляют по определенным правилам в соответствии с [3]. Примеры оформления библиографического описания источников приведены в приложении Н источника [3].

Примерное содержание записки курсового проекта (с примерным процентным отношением объема):

Введение (3 %–5 %).

1 Анализ технологических требований, вариантов управления и существующего объема автоматизации технологической установки (процесса) (15 %–20 %).

2 Требования к схеме управления. Определение объема автоматизации ТП (10 %–15 %).

4 Разработка алгоритма управления технологической установкой (процессом) и его проверка (15 %–20 %).

5 Разработка структуры управления в автоматическом режиме работы оборудования (20 %–30 %).

6 Выбор средств автоматизации (15 %–20 %).

7 Разработка полной принципиальной электрической схемы и описание ее работы (15 %–20 %).

8 Разработка программы управления (20 %–30 %).

9 Разработка щита автоматики (10 %–15 %).

Заключение (3 %–5 %).

*Краткое содержание разделов РПЗ курсового проекта.*

*Введение.* Во введении к курсовому проекту должно быть отражено значение автоматизации для конкретного технологического процесса, актуальность разработки системы автоматизированного управления технологическим процессом (САУ ТП). Также приводятся цель и задачи, решаемые в ходе курсового проектирования.

*Анализ технологических требований, вариантов управления и существующего объема автоматизации технологической установки (процесса).* В данном разделе в рамках задачи, определенной заданием на проектирование, приводят технологические требования, на основании анализа литературных источников раскрывают возможные варианты реализаций технологических процессов (линий, установок), выявляют их достоинства и недостатки, делают вывод о наиболее целесообразном для решения задачи, поставленной в задании на проектировании, варианте технологического процесса (установки). При необходимости выбирают дополнительное технологическое оборудование. Далее дают подробное описание принципа действия и функционирования технологического процесса (установки) и оснащения процесса (установки) техническими средствами автоматизации. Завершают раздел выводами о достоинствах и недостатках варианта автоматизации процесса (установки), намечают способы устранения недостатков для их реализации в ходе дальнейшего рассмотрения.

*Требования к схеме управления. Определение объема автоматизации ТП.* Формулируют требования к системе управления, где должны быть раскрыты функции САУ, сформулированы алгоритм функционирования и алгоритм управления, определены параметры, подлежащие управлению, регулированию, контролю, сигнализации, предложения по размещению щитов и т. п. На основании требований к САУ определяют необходимый для реализации алгоритма управления

набор датчиков, исполнительных элементов, устройств управления и раскрывают предлагаемый объем автоматизации на схеме автоматизации.

*Разработка алгоритма управления оборудованием технологической линии и его проверка.* На основании словесного описания алгоритма, приведенного в предыдущем разделе, составляют символическую запись алгоритма управления и проверяют ее на правильность составления и реализуемость.

*Разработка структуры управления в автоматическом режиме работы оборудования.* В соответствии с теорией синтеза релейно-контактных схем по символической записи алгоритма управления разрабатывают частные структурные формулы управления отдельными исполнительными элементами, сводят в общую структуру управления, минимизируют цепи управления и проверяют, чтобы исключить ложное срабатывание исполнительных элементов.

*Выбор средств автоматизации.* В данном разделе выбирают устройства управления, датчики, исполнительные механизмы, аппаратуру защиты.

*Разработка полной принципиальной электрической схемы и описание ее работы.* Здесь осуществляют перевод структуры управления в принципиальную электрическую схему, учитывая особенности выбранных технических средств автоматизации (ТСА), дополняя защитными аппаратами, цепями ручного управления, сигнализации, контроля. Также приводится подробное описание работы принципиальной схемы.

*Разработка программы управления.* На основании структуры управления и типа устройства управления разрабатывают программу управления для контроллера на поддерживаемом языке и описывают ее работу.

*Разработка щита автоматики.* На основании принципиальной электрической схемы, перечня элементов к ней разделяют аппаратуру, устанавливаемую в щите автоматики и по месту. Составляют таблицы с исходными данными для компоновки аппаратуры в щите автоматики, рассчитывают площадь монтажной зоны щита и по ней выбирают типоразмер щита автоматики. В выбранном типоразмере проводят окончательную компоновку и оформляют документацию на щит автоматики.

*Заключение.* Раскрывают суть примененного технического решения и показывают, в чем будет выражаться эффект автоматизации технологического процесса.

## 2 Структура и состав САУ ТП

### 2.1 Виды автоматических устройств управления

*Система автоматического управления (САУ)* – это совокупность технологического объекта управления (ТОУ) и автоматического управляющего устройства (АУУ), взаимодействующих между собой.

*Технологический объект управления (ТОУ)* – объект управления, включающий технологическое оборудование и реализуемый в нем технологический процесс по соответствующим инструкциям и регламентам [4, п. 7.1].

К технологическим объектам управления относятся:

- аппарат (составная часть оборудования ТОУ) – отдельно функционирующий элемент процесса или системы, работа которого осуществляется автономно в составе технологического процесса или системы;

- технологические агрегаты и установки, реализующие самостоятельный технологический процесс (паровой котел, пастеризатор, теплогенератор и т. д.);

- поточная технологическая линия – непрерывно или периодически (циклично) работающая последовательно взаимосвязанная цепь аппаратов (оборудования, агрегатов и т. п.), соединенных (объединенных) транспортными коммуникациями;

- отдельные производства (блоки, цехи, участки), которые управляются путем реализации рациональных режимов работы взаимосвязанного технологического оборудования (участки, агрегаты).

В зависимости от структуры ТОУ можно выделить три вида АУУ:

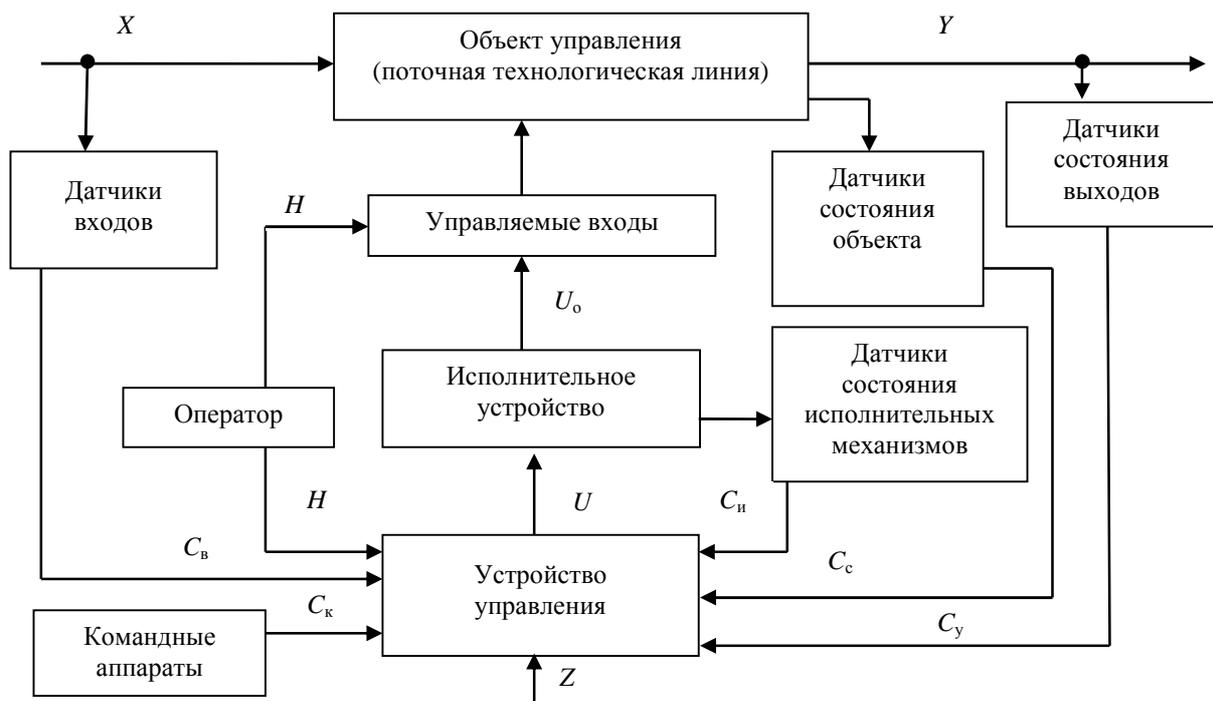
- логическое автоматическое управляющее устройство (ЛУУ), где все входные, выходные величины и параметры состояний могут принимать только дискретные значения и используются для управления поточными технологическими линиями, состоящими из отдельных операций и механизмов или сложных машин, которые представляют собой совокупность элементов; при этом цель управления – связать эти элементы, обеспечить определенную последовательность работы, переход с режима на режим при определенных условиях;

- устройство автоматического регулирования (УАР), которое обеспечивает обратную замкнутую цепь в технологическом агрегате (установке, аппарате) для стабилизации выходного параметра (параметров) установки;

- комбинированное автоматическое управляющее устройство (КАУУ), включающее оба устройства, перечисленные выше.

## 2.2 Системы автоматического управления поточными технологическими линиями (САУ ПТЛ)

В структуру системы автоматического управления поточными технологическими линиями (САУ ПТЛ) входит объект управления, в данном случае ПТЛ, устройство управления, совокупность датчиков, командных аппаратов, исполнительное устройство (рисунок 2.1). Устройство управления, отслеживая состояние объекта управления по сигналам датчиков входов и выходов, формирует управляющее воздействие, которое исполнительный механизм (ИМ) преобразует в форму, воспринимаемую управляемым входом объекта. Воздействовать на управляемые входы объекта может и оператор (вручную). Также оператор либо командные аппараты (реле времени, переключатели, тумблеры и т. д.) могут взаимодействовать с устройством управления, изменяя настройки либо настраивая на иной режим работы.



$X$  – входы объекта;  $Y$  – состояние объекта;  $U_o$ ,  $U$  – управляющие воздействия;  
 $H$  – ручное воздействие;  $C_b$ ,  $C_{и}$ ,  $C_c$ ,  $C_y$  – множество сигналов от датчиков, контролирующих входные и выходные параметры объекта, а также состояние агрегатов и устройств технологической линии и перерабатываемого материала;  
 $C_k$  – сигналы, формируемые командными аппаратами;  $Z$  – цель управления

Рисунок 2.1 – Обобщенная схема САУ ПТЛ

Структура технологического объекта управления может быть представлена в виде совокупности производственных звеньев, связанных между собой

материальными потоками. Как правило, звенья обработки чередуются со звеньями хранения, связанными звеньями транспортировки. Производственное звено (технологическая операция) представляет собой любое механическое или физико-химическое воздействие на продукт или преобразование одних продуктов в другие. Совокупность технологических операций, осуществляемых на определенном технологическом оборудовании, образует *технологический процесс*.

Функционирование ТОО состоит в изменении состояния звеньев обработки и транспортировки (переход с одной операции на другую) и изменении состояния звеньев хранения (изменение количества продуктов, хранящихся в них) и обеспечивается исполнительными устройствами (ИУ) согласно алгоритму функционирования.

*Алгоритм функционирования* – совокупность предписаний, необходимых для правильного выполнения технологического процесса в каком-либо устройстве или совокупности устройств.

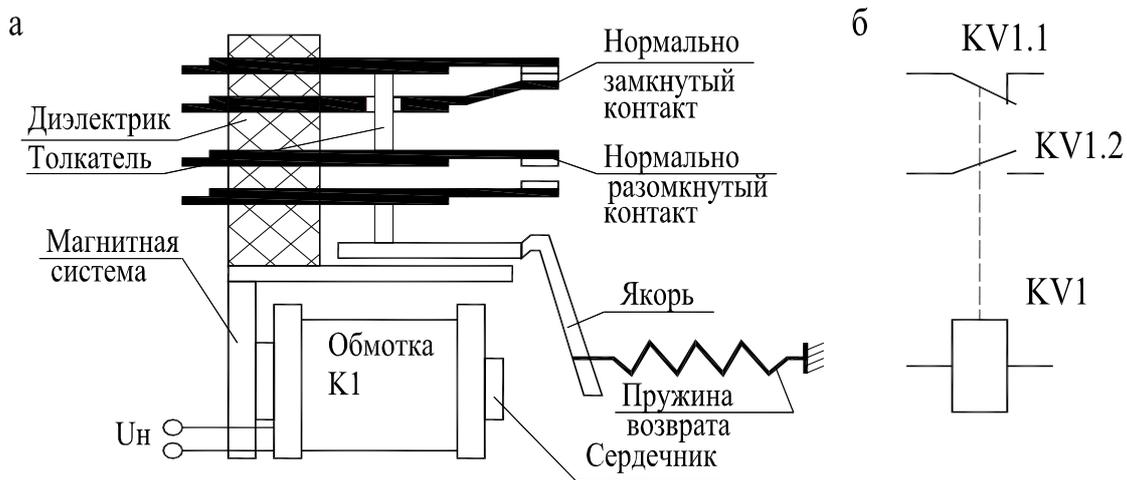
Устройство управления, согласно алгоритму функционирования, реализует *алгоритм управления* – предписание, в соответствии с которым осуществляется решение задачи управления.

ИУ – это устройство системы автоматического управления или регулирования, воздействующее на процесс в соответствии с полученной информацией [5, с. 243].

ИУ САУ ПТЛ состоит из двух функциональных блоков: рабочего органа и исполнительного механизма. Часто ИУ САУ ПТЛ позиционного действия – «включено–выключено». В качестве ИУ САУ ПТЛ используются транспортеры, компрессоры, насосы и другие устройства с электроприводами, задвижки, шибберы, клапаны с приводными электромагнитами, гидро- и пневмоцилиндрами или электроприводами.

Функцию автоматического включения и отключения электроприводов ИМ выполняют магнитные пускатели. Они также как контакторы и реле преобразуют электрический сигнал в операцию – переключение контактов. Эти устройства имеют различное конструктивное решение, но в их основу положен один принцип действия. Рассмотрим принцип действия таких устройств на примере работы реле (рисунок 2.2).

При подаче на обмотку реле сигнала логической единицы («1») к сердечнику магнитной системы притягивается якорь и толкателем переводит контакты реле из одного состояния в другое – из разомкнутого в замкнутое и наоборот. После снятия сигнала «1» с обмотки реле, то есть когда на ней установлен сигнал логического нуля («0»), контакты реле возвращаются в исходное состояние.



*a* – конструктивная схема; *б* – условное графическое обозначение

Рисунок 2.2 – Реле

В релейно-контактных схемах управления сигналом логической единицы «1» является напряжение, при котором срабатывает исполнительный механизм (номинальное значение напряжения и его вид указываются в технических условиях, например 230 В). Возврат исполнительного механизма в исходное состояние происходит при напряжении  $U_{отп}$  ниже номинального:  $U_{отп} < U_n$ . Напряжение питания исполнительного механизма между  $U_n$  и  $U_{отп}$  находится в неопределенной области (рисунок 2.3). Напряжение  $0 < U_{отп} < U_n$  находится в области логического нуля «0».

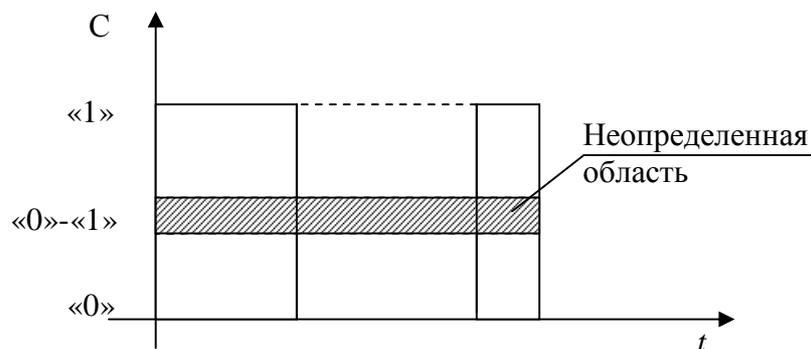


Рисунок 2.3 – Типовая форма двоичного двухпозиционного сигнала  
(С – управляющее воздействие)

*Релейные приборы* как усилители сигнала используются для включения исполнительных устройств; как размножители контактов – для исполнительных устройств, не имеющих собственных контактов (например, электромагнитных клапанов); в качестве логических элементов – в схемах управления; как командные элементы – в схемах контроля, защиты и сигнализации.

В качестве датчиков состояния ТООУ в САУ ПТЛ используются датчики типа «датчик-реле». В качестве косвенного определения состояния ТООУ могут применяться также контакты магнитных пускателей ИУ.

*Датчиком* называется преобразователь контролируемой регулируемой величины в выходной сигнал для дистанционной передачи и дальнейшего использования. Он характеризуется входными и выходными величинами, чувствительностью.

Датчики-реле применяются для определения точечного значения физических величин, таких как: температура, давление, вакуум, разность давления (для определения порогового значения уровня, расхода, протока), расход, скорость движения (по разности давления, отклонения подвижного элемента и др.), уровень (разность давления, положение поплавка, наполнение резервуара (емкости) сыпучими или жидкими материалами), размер, скорость, вращение, частота, качество (рН-потенциал, Rodox-потенциал и др.). Датчик-реле используется для определения конечного или промежуточного положения подвижных элементов, расстояния между элементами, для распознавания различных материалов и т. д.

В датчиках-реле измерительный сигнал сравнивается с мерой, соответствующей установленной величине измерения. На выходе такого датчика формируется дискретный сигнал («да»–«нет»), который функционирует в цепи контроля или управления. В электрической цепи контроля или управления *контактную коммутацию* дискретного сигнала может осуществлять механический контакт, контакт реле или геркон (рисунок 2.4). Действует преобразователь воздействия в соответствии с пороговым значением, то есть переключение контактов происходит при определенном (установленном) значении воздействия. При снижении уровня воздействия состояние контактов восстанавливается. Порог срабатывания контактов обеспечивается настройкой прибора. Обратное срабатывание контактов может происходить при несколько меньшем значении, чем при прямом срабатывании, что объясняется инерционностью отдельных звеньев прибора, люфтах механических элементов.

Преобразователи одних и тех же воздействий могут иметь различные конструктивные решения – механические, электронные и др.

К *командным аппаратам* относятся: кнопки, переключатели, тумблеры, а также реле времени. При помощи первых в автоматические системы ручным воздействием оператора подаются дискретные сигналы, вторые – обеспечивают циклическую работу оборудования в соответствии с временным алгоритмом.

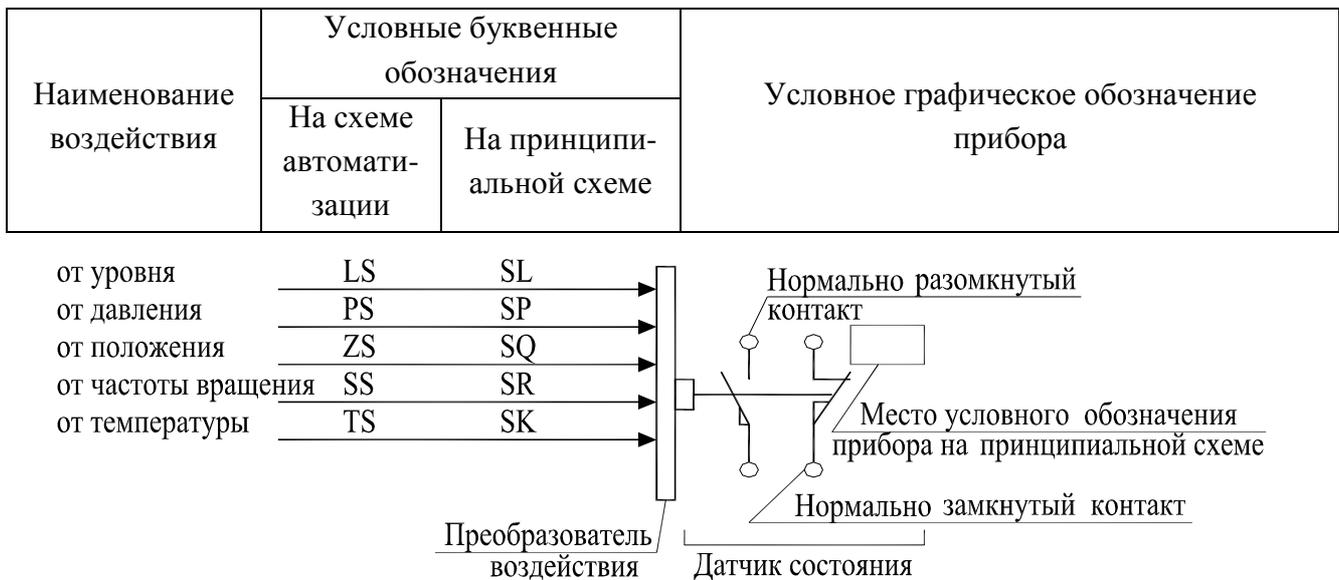


Рисунок 2.4 – Структура датчика состояния

Для возможности разделения режимов работы оборудования используют *переключатели*. Они могут иметь несколько контактов. Принцип действия переключателя можно уяснить с помощью рисунка 2.5. Рукоятка переключателя в данном случае имеет три положения: 1, 2 и 3. Контакт переключателя 1–2 замкнут в положении рукоятки 1 (о чем говорит точка на прерывистой линии), а контакт 3–4 – в положении рукоятки 3. При положении рукоятки 1 сигнал «1» контактом 1–2 подается на схему ручного управления оборудованием. При переводе рукоятки переключателя в положение 2 оба контакта переключателя разомкнуты. При переводе рукоятки переключателя в положение 3 сигнал «1» контактом 3–4 подается на схему автоматического управления оборудованием.

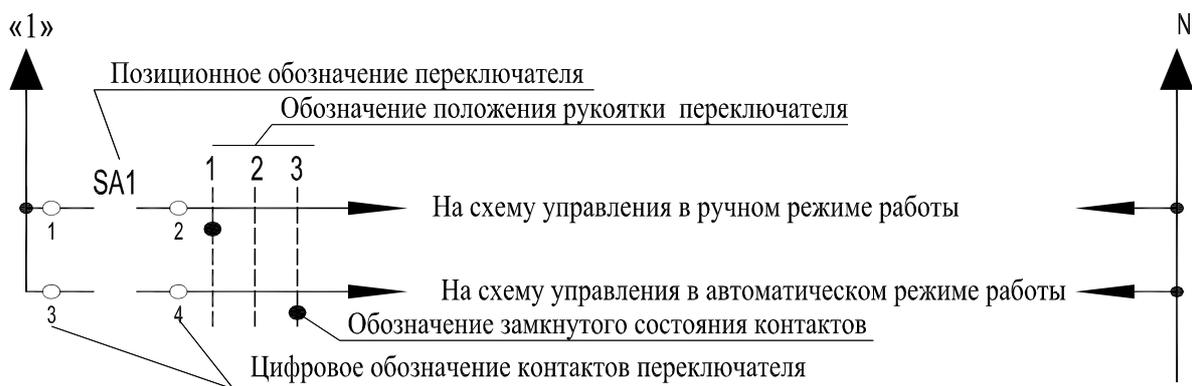


Рисунок 2.5 – Графическое обозначение переключателя на принципиальных электрических схемах

Соответствие между положением рукоятки переключателя и его условным обозначением показано на диаграмме переключателя (рисунок 2.6). Положение

рукоятки 1 соответствует ее повороту в  $-45^\circ$  и режиму работы Р (ручное) при замкнутом состоянии контактов 1–2. Положение рукоятки 2 (0) соответствует отключенному состоянию схемы (оба контакта переключателя разомкнуты). Положение 3 соответствует повороту рукоятки в  $-45^\circ$  и режиму работы А (автоматическое) при замкнутом состоянии контактов 3–4.

Диаграмма переключателя SA1 NEF30

Соединение контактов	Положение рукоятки		
	-45	0	45
1–2	X		
3–4			X
Выбор режима работы	Р	О	А
Условное обозначение	1	2	3

Рисунок 2.6 – Диаграмма переключателя

Переключатели бывают специализированные и универсальные. В технических условиях (ТУ) переключателя указывается, в какой позиции рукоятки переключателя замыкаются те или иные пары контактов.

*Кнопки* имеют одно устойчивое состояние. Исполнительный элемент кнопки – контакт, который может быть или нормально замкнутым, или нормально разомкнутым (рисунок 2.7). После ручного воздействия на кнопку контакты меняют свое состояние с замкнутого на разомкнутый и наоборот. После снятия ручного воздействия контакты кнопки возвращаются в исходное состояние.

*Контакты тумблера* (рисунок 2.8) имеют два устойчивых состояния. Перевод из одного состояния в другое требует ручного воздействия. Перевод в предыдущее состояние требует повторного ручного воздействия.

Для управления оборудованием в режиме реального времени используют *программные устройства*, например, микропроцессорное программируемое реле времени РСЗ [6], либо программируемый логический контроллер (ПЛК) [7, 8, 9]. Микропроцессорное программируемое реле времени РСЗ (производитель СООО «Евроавтоматика F&F») может включать\выключать потребитель в запрограммированное время по суточному, недельному циклу, либо по будним дням, либо по выходным. Реле РСЗ-521 – одноканальное, РСЗ-522 – двухканальное. Последнее обеспечивает управление двумя устройствами по двум независимым программам. ПЛК также обеспечивает широкую вариативность включения/отключения по времени ИУ.

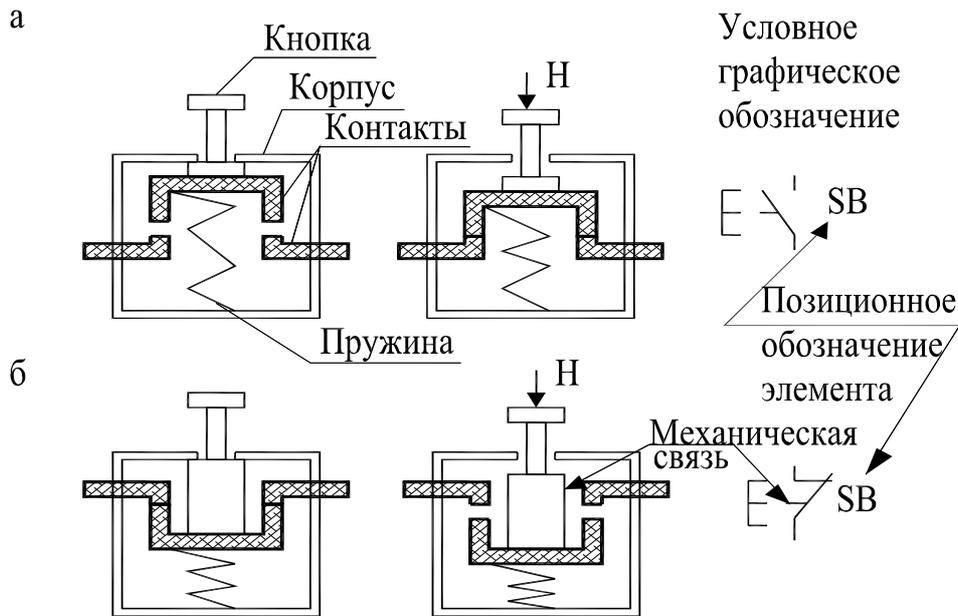


Рисунок 2.7 – Блок-схема кнопки

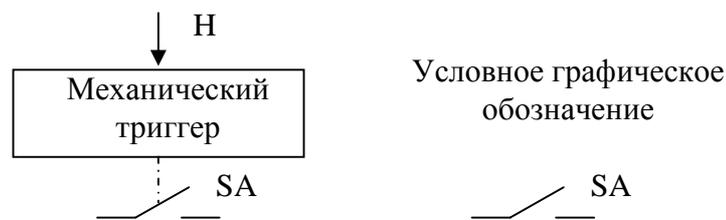


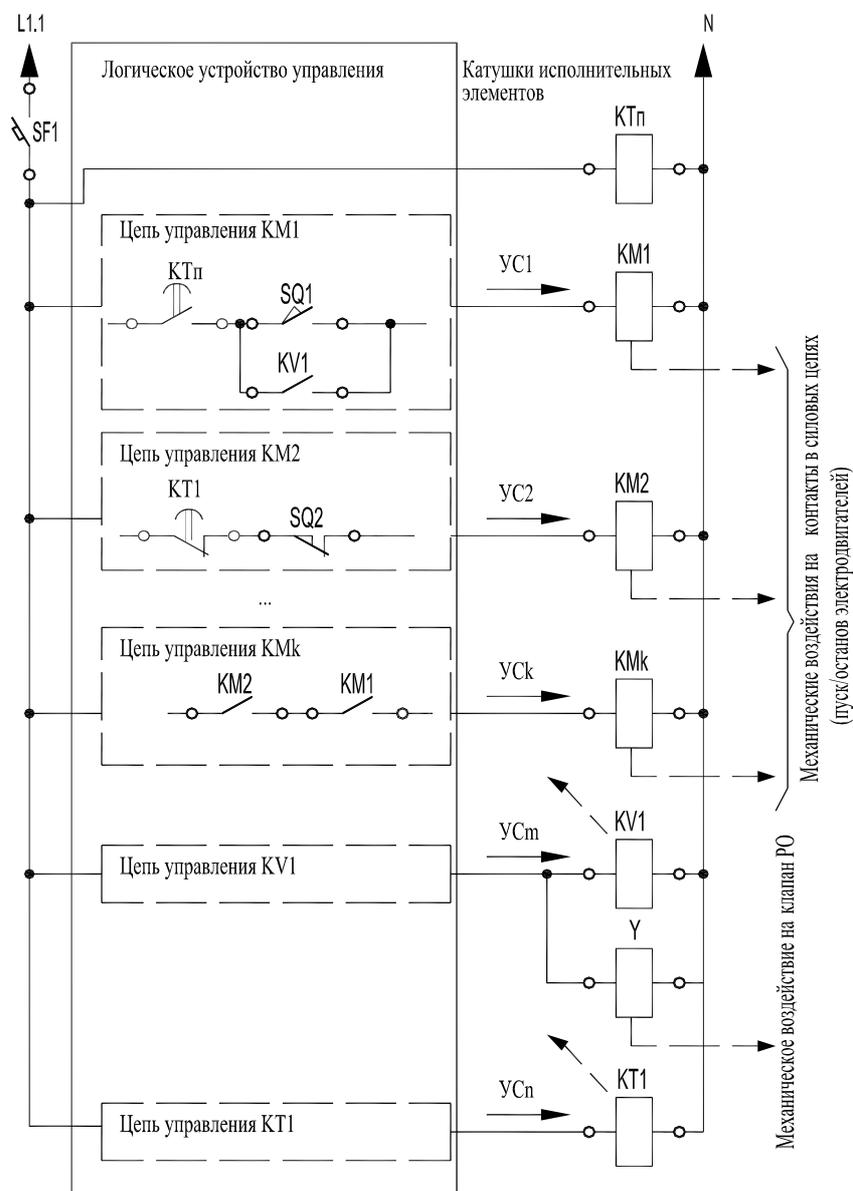
Рисунок 2.8 – Блок-схема тумблера

Устройство управления логического типа (ЛУУ) (рисунки 2.9, 2.10) реализует алгоритм функционирования ТОУ, то есть устанавливает последовательность включения-отключения ИУ технологического объекта в зависимости от сигналов командных аппаратов и датчиков состояния.

При реализации ЛУУ на релейно-контактной (РКС) элементной базе (рисунок 2.9) сигнал управления на ИУ формируется цепью управления, в которую могут входить контакты командных аппаратов, релейных датчиков, промежуточных реле, реле времени, магнитных пускателей ИУ и др. Элементный состав и конфигурация каждой цепи управления формируются в соответствии с алгоритмом управления ТОУ. При разработке РКС и описании алгоритма управления ТОУ используют Булеву алгебру, теорию автоматов, таблицы автоматов, граф состояний, логические таблицы. Один из методов разработки РКС изложен в [10, с. 36–51].

Большим недостатком реализации ЛУУ на релейных элементах является большая металлоемкость, так как ряд логических, временных и других функций приходится выполнять с помощью отдельных аппаратов. В связи с этим увеличивается объем монтажных работ и снижается надежность работы САУ ТП.

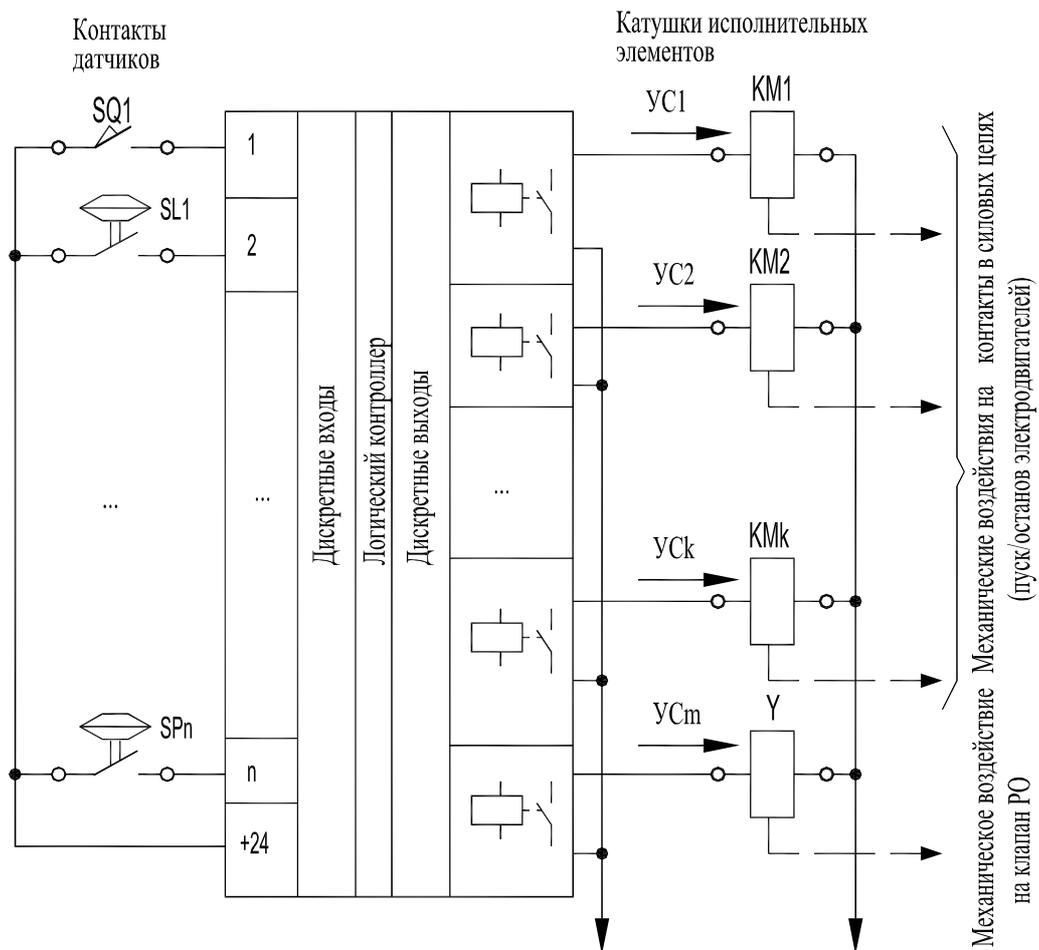
Заменой ЛУУ на релейных элементах явились микропроцессорные устройства управления, обладающие на порядок большей надежностью. В 1996 году фирма Siemens, являясь пионером в области разработки контроллеров, освоила их массовое производство. Затем и другие фирмы, такие как Schneider Electric, Mitsubishi, выпустили свои аналоги.



КТп – программное реле времени; КМ1-КМк – катушки магнитных пускателей;  
 KV1 – промежуточное реле; Y – электромагнитный клапан; КТ1 – реле времени;  
 UC1-UCn – управляющий сигнал

Рисунок 2.9 – Блок-схема ЛУУ, реализованного на релейно-контактной элементной базе

Основной особенностью реализации управления на базе ПЛК является то, что структура управления реализуется в программе ПЛК, а датчики и исполнительные элементы соединяются по типовой схеме подключения (рисунок 2.10).



КМ1-КМк – катушки магнитных пускателей; Y – электромагнитный клапан;  
УС – управляющий сигнал

Рисунок 2.10 – Блок-схема ЛУУ, реализованного на логическом контроллере

### 2.3 Система автоматического регулирования (САР)

Под системой автоматического регулирования понимают совокупность управляемого объекта (ОУ) и устройства автоматического регулирования – регулятора (Р) (рисунок 2.11).

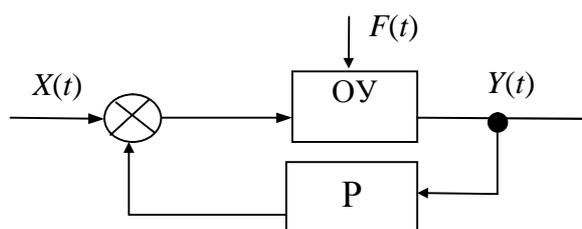


Рисунок 2.11 – Структурная схема САР

Объектом регулирования является технологическая установка, функционирование которой характеризуется качественными показателями: технологическим параметром  $Y$ , а также искусственно создаваемым входным воздействием  $X$ , прямо или косвенно влияющим на состояние параметра. Простейшие ОУ имеют одну выходную величину и, соответственно, одно входное воздействие.

Функционирование технологических установок характеризуется наличием возмущающих и задающих воздействий. *Возмущающее воздействие* или *помеха* ( $F$ ) – воздействие, возникающее в результате взаимодействия автоматической системы с внешней средой и вызывающее непланируемые изменения выходной переменной. Такие воздействия приводят к нарушению равновесия материальных и энергетических потоков и возникновению неустойчивого режима работы ОУ. Основным источником возмущения является изменение нагрузки ОУ. Возможны также возмущающие воздействия, связанные с изменением состава или качества сырья или энергии, поступающих на объект, или с изменением интенсивности протекающих там процессов.

*Задающее воздействие* ( $Z$ ) – планируемое воздействие на одном из входов автоматической системы.

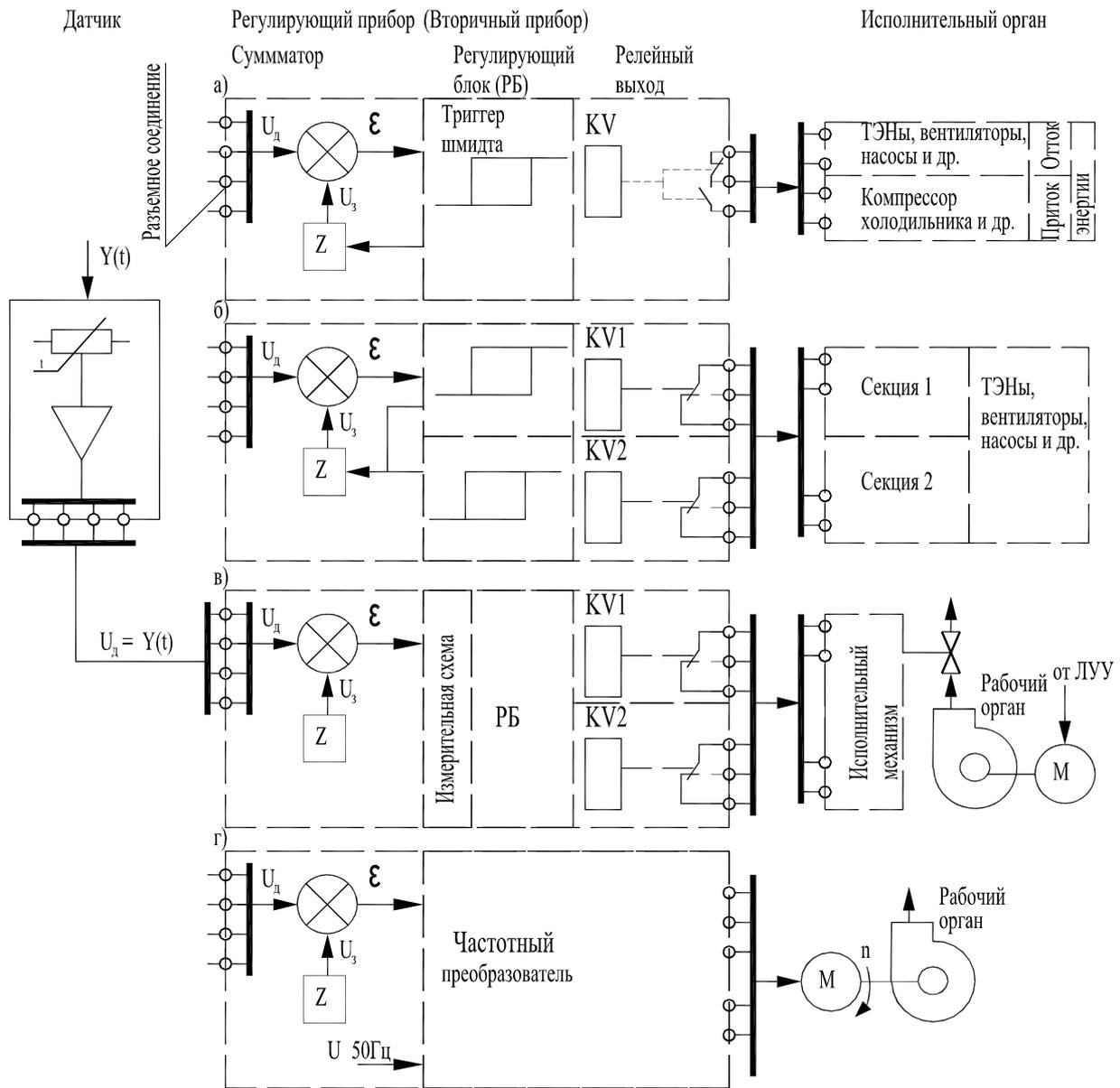
Таким образом, регулирование (от лат. *regulare* – приводить в порядок) – совокупность операций по применению технических средств (хранящих заданную физическую величину) для нахождения соответствия измеряемой величины с заданной величиной и выдачи регулирующей величины для управления регулирующим устройством.

Структурные схемы регуляторов приведены на рисунке 2.12. Конструктивно контур регулирования составляют датчик, регулирующий прибор и исполнительное устройство.

Воспринимают изменения параметров ОУ *датчики* (рисунок 2.13). Датчик САР состоит из первичного измерительного преобразователя (ПП) и нормирующего преобразователя (НП).

ПП – техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи. По характеру преобразования различают аналоговые, цифро-аналоговые, аналого-цифровые преобразователи.

Нормализатор или нормирующий преобразователь (НП) преобразует в унифицированный токовый сигнал или сигнал напряжения сигнал от преобразователя термоэлектрического; сигнал постоянного тока; сигнал постоянного напряжения; сигнал взаимной индукции. НП может быть объединен в единое изделие с блоком питания.



$Y(t)$  – внешнее воздействие,  $U_d$  – сигнал от датчика,  $U_3$  – заданное значение,  $\varepsilon$  – сигнал ошибки;  
 а – двухпозиционный регулирующий прибор; б – трехпозиционный регулирующий прибор;  
 в – прибор непрерывного регулирования; г – преобразователь частоты

Рисунок 2.12 – Блок-схема устройств автоматического регулирования

Для измерения внешнего воздействия  $Y(t)$  используется первичный измерительный преобразователь  $R_{и}$  (рисунок 2.13) потенциметрического типа, который является одним из плеч измерительного моста. К точкам а и б моста прикладывается напряжение  $U_{оп}$ . Условием равновесия измерительного моста, когда  $U_{в-г} = 0$ , является соотношение  $R_{и} \cdot R = R_{зд} \cdot R$ . При изменении внешнего воздействия  $Y(t)$  изменяется значение параметра  $R_{и} \pm \Delta R$  и нарушается равновесие измерительного моста. На диагонали в-г появляется напряжение  $\pm \Delta U$ , которое преобразуется в сигнал  $U_d = Y(t)$ .

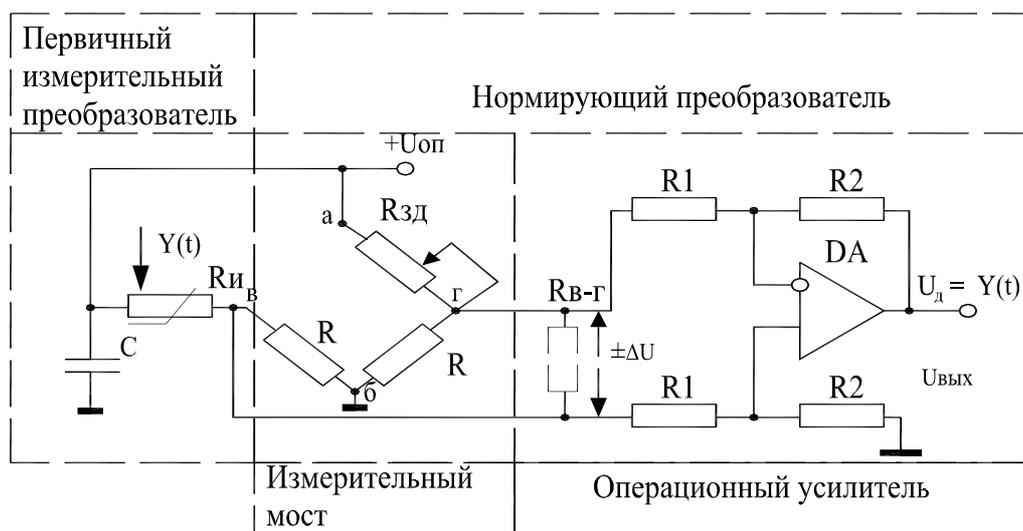


Рисунок 2.13 – Датчик регулятора с первичным измерительным преобразователем параметрического типа

При использовании ПП генераторного (термопара) или индукционного типа (дифтрансформатор) меняется элементная база измерительного моста, но принцип работы остается прежним.

Конструктивно датчик может быть выполнен как единое изделие, в котором ПП совмещен с электронным модулем. Такое полевое средство автоматизации называется интеллектуальным измерительным преобразователем с унифицированным выходным сигналом и используется совместно с регулятором микропроцессорного типа.

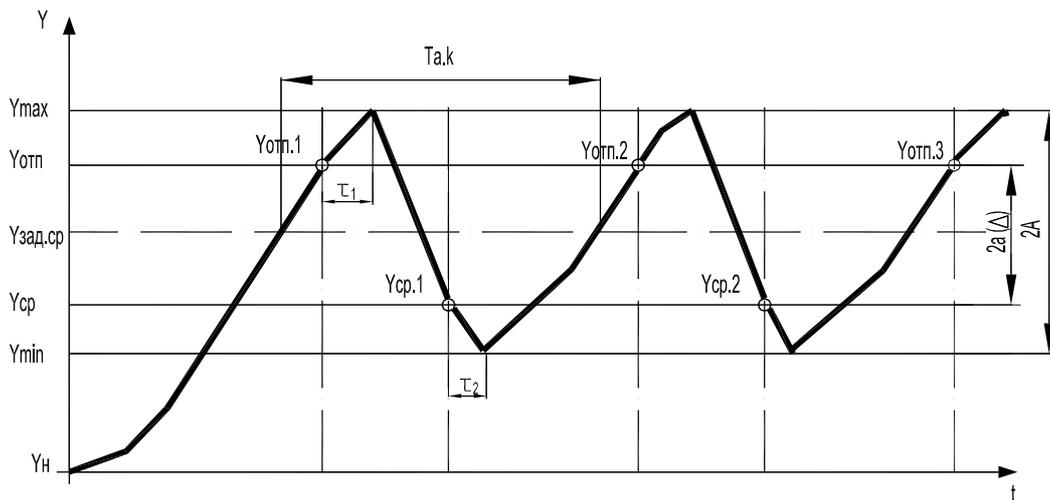
В регуляторах аппаратного типа нормализатор конструктивно совмещен с вторичным прибором.

*Регулирующие приборы* в контуре регулирования реализуют определенные **законы регулирования**.

Под *законом регулирования* подразумевается функциональная связь между выходным сигналом (координатой)  $X_{\text{вых}}$  регулятора и его входной координатой  $X_{\text{вх}}$  как в установившемся, так и в переходном режимах. Законы регулирования подразделяют на позиционные и непрерывные (плавные).

**Позиционное регулирование** применяется, если по технологическим требованиям допускается значительное отклонение регулируемого параметра от нормы. При позиционном регулировании переходные процессы в объекте регулирования носят колебательный характер (рисунок 2.14). При включении регулятора в суммирующем устройстве вторичного прибора происходит сравнение заданного значения контролируемого параметра  $Y_3 = U_3$  с текущим  $Y(t) = U_д$  значением параметра  $\varepsilon = U_3 - U_д$ . Сигнал рассогласования  $\varepsilon$  поступает на вход регулирующего блока.

У **двухпозиционного регулятора** регулируемый блок настраивается на два параметра:  $Y_{\text{ср. изм. } \Delta} = Y_{\text{ср}} - Y_{\text{отп}}$ . В точках  $Y_{\text{ср.1}}, Y_{\text{ср.2}}, Y_{\text{ср.3}}, \dots$  происходит срабатывание реле регулятора, а в точках  $Y_{\text{отп1}}, Y_{\text{отп2}}, \dots$  – отпускание реле, что учитывается при управлении регулирующими органами. В цепях управления исполнительными органами, подающих в ОУ энергию или материальные потоки (ТЭНы, насосы и т. п.) используют нормально-разомкнутые контакты, а в цепях управления, например, компрессора холодильника – нормально-замкнутые.



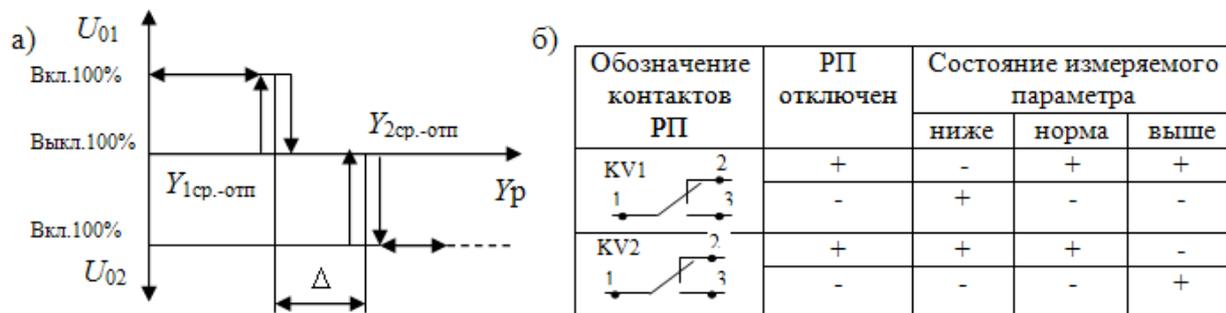
$Y_{\text{н}}, Y_{\text{мин}}$  и  $Y_{\text{маx}}$  – начальное, минимальное и максимальное значения регулируемого параметра;  
 $Y_{\text{ср}}$  и  $Y_{\text{отп}}$  – значения регулируемого параметра, при которых срабатывает и отпускается реле регулятора;  $Y_{\text{зад.ср}}$  – заданное значение регулируемого параметра;  $\tau_1$  и  $\tau_2$  – время запаздывания для условий притока и оттока;  $T_{\text{а.к}}$  – период автоколебаний;  $\Delta$  – зона неоднозначности;  $a$  – амплитуда автоколебаний;  $A$  – амплитуда автоколебаний с учетом запаздывания

Рисунок 2.14 – Динамика двухпозиционного регулирования

**Трехпозиционные регуляторы** (рисунок 2.12, б) в отличие от двухпозиционных (рисунок 2.12, а) имеют на выходе регулирующего блока два исполнительных элемента (реле), что позволяет разделить исполнительное устройство на две секции и путем коммутации улучшить качество регулирования. Моменты срабатывания реле показаны на рисунке 2.15, а. Состояние контактов трехпозиционного регулирующего прибора для трех диапазонов измеряемого параметра отражено на диаграмме (рисунок 2.15, б), где знак «+» используется для обозначения замыкания контакта и знак «-» для размыкания контакта.

**Регуляторы непрерывного действия** (рисунок 2.12, в) используются при повышенных технологических требованиях к качеству регулирования, при этом допускаются небольшие отклонения параметра  $Y(t)$  от его номинального значения  $Y_{\text{н}}, Y_{\text{мин}} < Y_{\text{н}} = Y_{\text{зад}} < Y_{\text{маx}}$ . При настройке такого регулятора на входе регулирующего блока устанавливается зона нечувствительности, соответствующая допустимому отклонению параметра  $Y(t)$ . Если значение параметра находится в пределах

заданной зоны, регулирования не происходит (рисунок 2.16). При появлении в приборе команд «больше» или «меньше» в регулирующем блоке формируется закон регулирования (П, ПИ или ПИД). Сформированный сигнал поступает на одно из реле, KV1 или KV2, в зависимости от знака рассогласования.



$U_0$  – управляющее воздействие;  $Y_p$  – рабочая зона регулирующего прибора, в единицах параметра регулируемой величины

Рисунок 2.15 – Статическая характеристика трехпозиционного регулируемого прибора РП (а) и диаграмма срабатывания контактов реле регулирующего прибора (б)

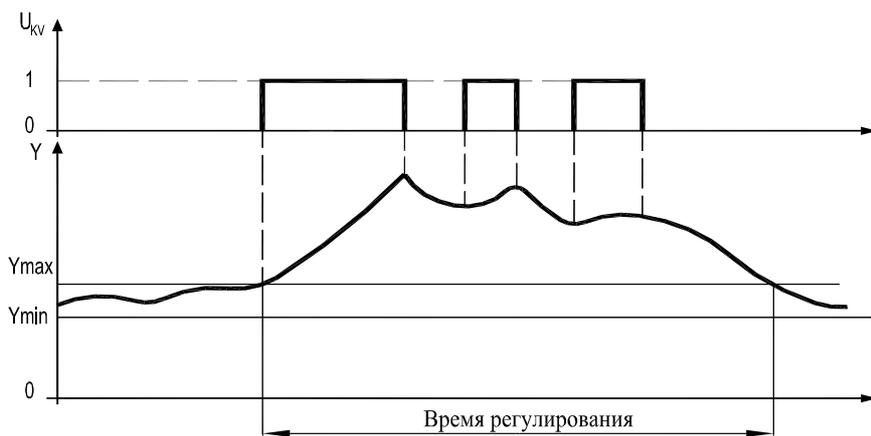


Рисунок 2.16 – Динамика непрерывного регулирования

Реализация закона регулирования в регуляторах непрерывного действия обеспечивается импульсным включением реле с переменной длительностью и частотой импульсов, которые формируются настройкой регулятора. Принципы выбора закона регулирования и настройки регуляторов непрерывного действия изложены в многочисленной справочной литературе [5, 11, 12].

Исполнительное устройство регулятора непрерывного действия состоит из двух функциональных блоков: исполнительного механизма с сервоприводом и регулирующего органа, обеспечивающего плавное изменение потока материала. Изменение направления перемещения регулирующего органа обеспечивается срабатыванием одного из реле регулирующего блока регулятора.

В регуляторах непрерывного действия, регулирующий прибор сопрягается с однооборотными исполнительными механизмами типа МЭО или др. Регулирующие приборы таких регуляторов на выходе имеют два канала. На одном канале управляющий сигнал появляется при превышении значения параметра от заданного, на другом – при снижении от заданного значения параметра. С помощью этих сигналов производится реверс электропривода исполнительного механизма и, соответственно, управление регулирующим органом (рисунок 2.17). Сигнал на открытие заслонки подает контакт регулятора А1.1. Исполнительный механизм закрывает заслонку, когда срабатывает контакт регулятора А1.2.

На рисунке 2.17 изображены цепи сигнализации, управления и механической связи с регулирующим органом однооборотного исполнительного механизма для уяснения его принципа работы. На принципиальной схеме управления регулятора непрерывного действия (рисунок 2.18) эти элементы можно не указывать.

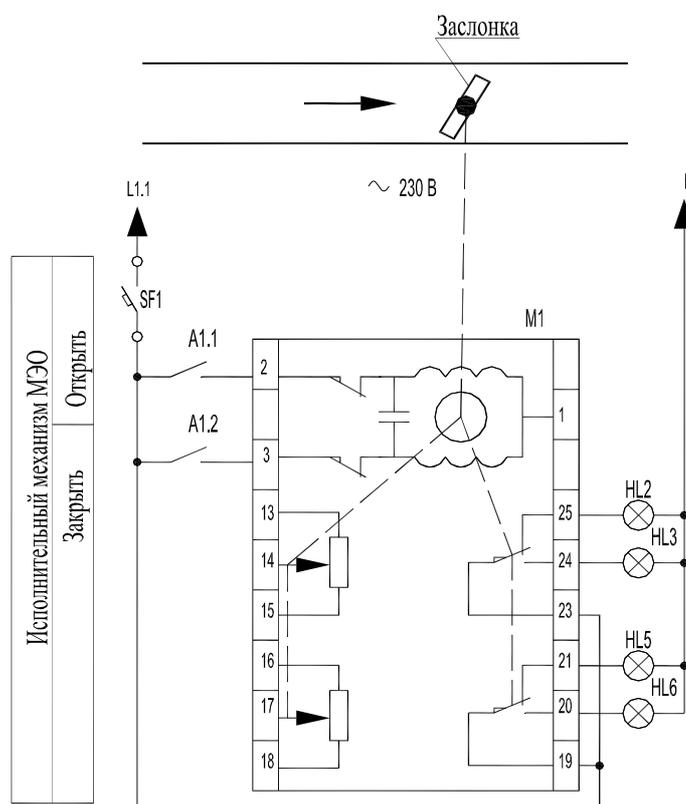


Рисунок 2.17 – Схема подключения однооборотного исполнительного механизма

Регуляторы непрерывного действия с частотно-регулируемым приводом (рисунок 2.12, *г*) обеспечивают регулирование производительности агрегата путем изменения частоты вращения асинхронного электродвигателя в функции ПИД-регулирования, что позволяет отказаться от использования в регуляторе непрерывного действия исполнительных механизмов и регулирующих органов

и позволяет избежать потерь энергии в регулирующем органе. Такие регуляторы находят широкое применение в системах, требующих поддержания уровня, давления, воздушного потока и т. п. на заданном уровне. Кроме указанной выше функции регулирования, частотно-регулируемый привод обладает широкими функциональными возможностями управления, контроля и защиты электропривода.

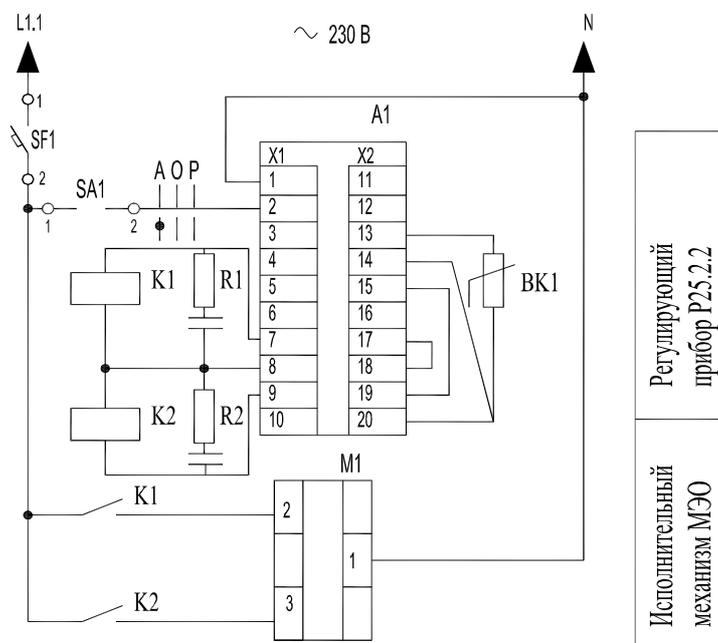


Рисунок 2.18 – Принципиальная электрическая схема регулятора непрерывного действия

На рисунке 2.19 и 2.20 приведена САУ с регулятором непрерывного действия на базе частотно-регулируемого привода. Схемы подключения регуляторов приводятся в технических описаниях и инструкциях по эксплуатации прибора [13]. В системе имеется насос, подающий воду из скважины к потребителям. Нагрузка насоса характеризуется неравномерностью. Поэтому по показаниям датчика давления PE (рисунок 2.19) преобразователь частоты SC установит требуемую частоту вращения привода насоса. На рисунке 2.20 тумблер SA используется для подачи сигнала разрешения на управление насосом.

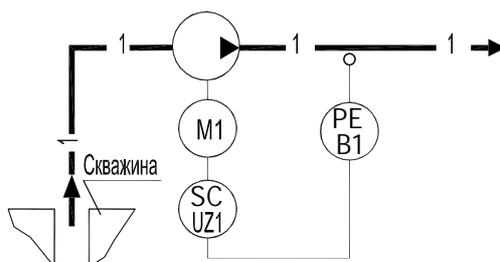


Рисунок 2.19 – Фрагмент схемы автоматизации при использовании регулятора с частотно-регулируемым приводом

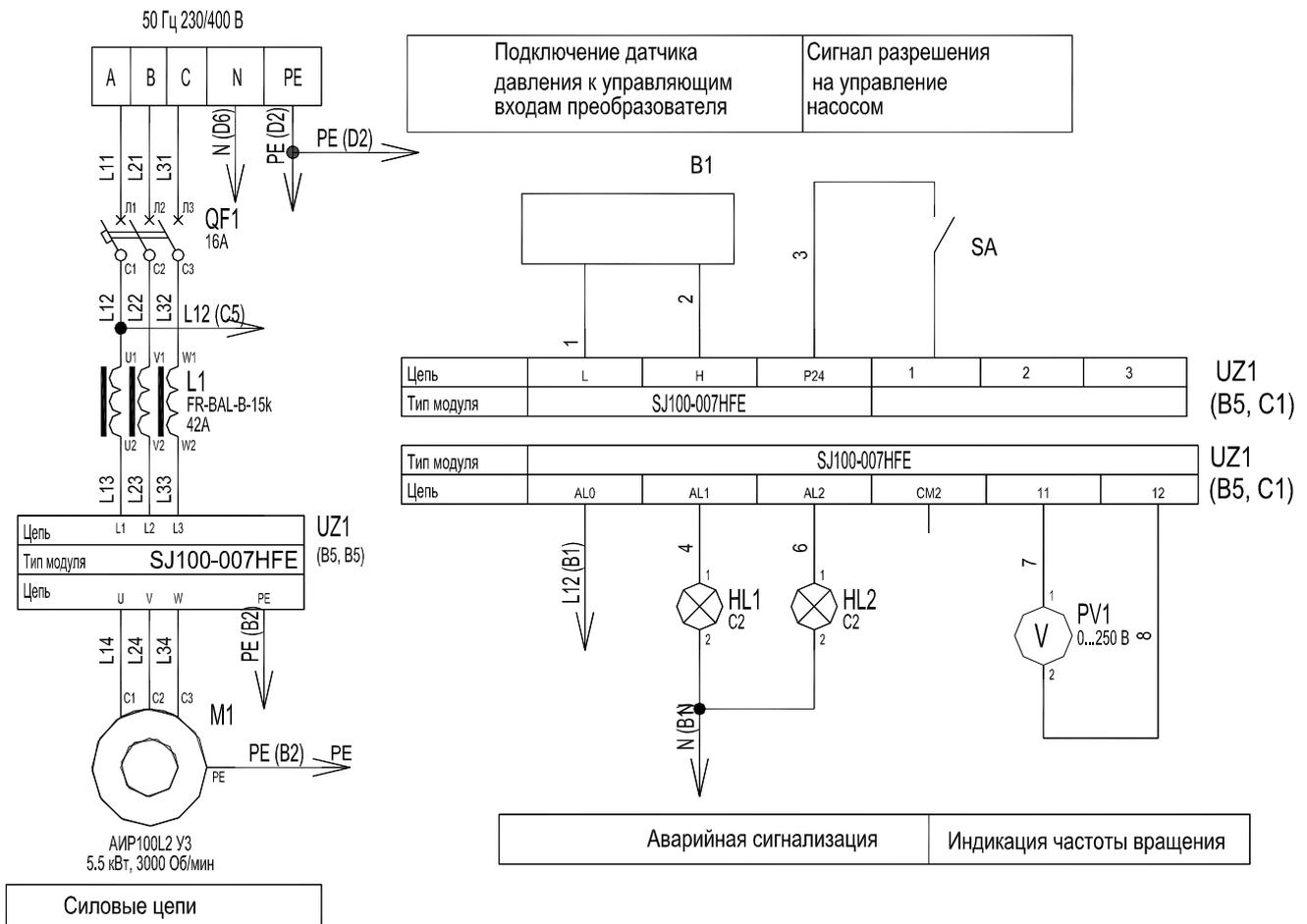


Рисунок 2.20 – Принципиальная электрическая схема при использовании регулятора с частотно-регулируемым приводом

По показаниям датчика В1 преобразователь UZ1 установит частоту вращения привода М1. Величина частоты указывается на приборе PV1. В аварийных режимах срабатывает сигнализация HL1-HL2.

Использование прибора, обеспечивающего регулирование производительности агрегата путем изменения частоты вращения электродвигателя питателя, позволяет отказаться от регулирующих агрегатов дросселирующего типа и избежать энергетических потерь. Регулирующим органом становится рабочий орган питателя.

## 2.4 Использование контроллеров в САУ ТП

Реализовать ЛУУ и УАР позволяет контроллер. Кроме того, контроллер обеспечивает реализацию в программе сложных алгоритмов управления, позволяет использовать различные вычислительные операции, задействовать таймеры, счетчики и т. п., реализовывать управление в реальном времени, обеспечивать обращение

к базе данных, при наличии панели оператора реализовывать визуализацию управления. Таким образом, на базе контроллера можно разрабатывать интеллектуальные системы автоматического управления.

Программируемый контроллер – это управляющее устройство, которое выполняет операции с информацией, считанной с входов, в соответствии с хранящейся в памяти программой и формирующее управляющие сигналы, подаваемые на его выходы.

Контроллеры по их назначению могут быть подразделены на контроллеры, предназначенные для управления конкретным технологическим процессом и универсальные, которые могут быть запрограммированы по усмотрению инженера. К первым можно отнести контроллеры фирмы ОВЕН, настроенные под конкретную производственную задачу: контроллер для регулирования температуры в системах отопления и вентиляции ТРМ33-Щ4, контроллеры холодильных машин ТРМ974, ТРМ961 [14]. Такие контроллеры решают конкретную собственную задачу, могут быть перенастроены на предусмотренный заранее режим, но не могут использоваться для решения другой конкретной задачи в отличие от гибких контроллеров второй группы.

Вторая группа контроллеров по своему конструктивному исполнению может быть подразделена на микроконтроллеры, моноблочные и модульные [8].

Микроконтроллеры – это малые контроллеры, которые в едином легко программируемом блоке заменяют множество отдельных компонентов (реле времени, промежуточные реле, контакторы и т. д.). Фактически это цифровой автомат, который выполняет операции с информацией, считанной с входов, в соответствии с хранящейся в памяти программой и формирует управляющие сигналы, подаваемые на его выходы. Функции таких контроллеров достаточно широки, но они могут обрабатывать ограниченное количество входных сигналов (максимум до 18) и управлять ограниченным количеством исполнительных механизмов, подключаемых к выходам (максимум до 13). Например,  $\alpha$ -контроллеры (фирмы Mitsubishi) [7] могут выполнять функции не только логического управления, но и управлять в реальном времени, обрабатывать аналоговые сигналы, вести регулирование (встроенная функция ПИД-регулятора), обладать возможностью пересылки данных по GSM модему, также они легко программируются и перепрограммируются. Контроллер  $\alpha$ -серии разработан как компактное, универсальное изделие для решения несложных задач. Однако следует исключить использование контроллеров данной серии, когда требуется обеспечить повышенную надежность

управления (процессы, несущие повышенную опасность для обслуживающего персонала).

Сведения по моделям контроллеров  $\alpha 2$  (второго поколения) даны в таблице 2.1. В основной модели  $\alpha 2$ -контроллера предусмотрена возможность установки модуля расширения, который обеспечивает увеличение входов, либо выходов, либо установки специального модуля, обеспечивающего преобразование сигналов (таблица 2.2). Установить можно только один модуль.

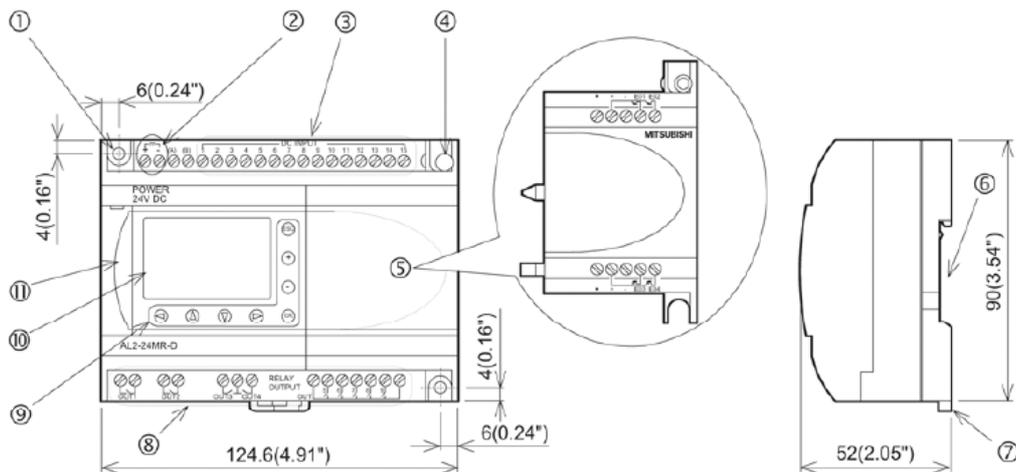
Конструктивная схема и схемы подключения  $\alpha 2$ -контроллера приведены на рисунках 2.21–2.26.

Таблица 2.1 – Характеристика моделей  $\alpha 2$ -контроллеров (фирмы MITSUBISHI)

Модель	Источник питания	Входная цепь		Выходная цепь		Размеры, мм
		Тип	Кол-во	Тип	Кол-во	
AL2-14MR-A	100–240 В, переменного тока	100–240 В, переменного тока	8	Реле	6	124,6×90×52
AL2-14MR-D	24 В, постоянного тока	24 В, постоянного тока, сток\источник	8	Реле	6	
AL2-24MR-A	100–240 В, переменного тока	100–240 В, переменного тока	15	Реле	9	
AL2-24MR-D	24 В, постоянного тока	24 В, постоянного тока, сток\источник	15	Реле	9	

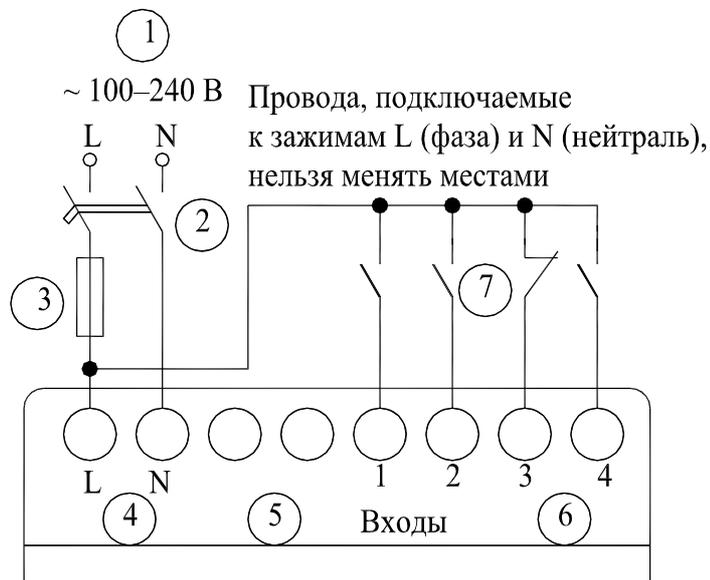
Таблица 2.2 – Характеристика модулей расширения к  $\alpha 2$ -контроллеру

Модель	Входная цепь		Выходная цепь	
	Тип	Кол-во	Тип	Кол-во
AL2-4EX-A2	~220–240 В	4	–	
AL2-4EX	=24 В сток/источник	4	–	
AL2-4EYR	–		Реле	4
AL2-4EYT	–		Транзистор	4
AL2-ASI-BD	Вход AS-интерфейс	4	Выход AS-интерфейс	4
AL2-2DA	–		Аналоговый сигнал (от 0 до 10 В или от 4 до 20 мА)	2
AL2-2PT-ADP	Датчик температуры PT-100	2	Аналоговый сигнал (от 0 до 10 В)	2
AL2-2TC	Датчик температуры терморезисторный (тип «К»)	2	Аналоговый сигнал (от 0 до 10 В)	2



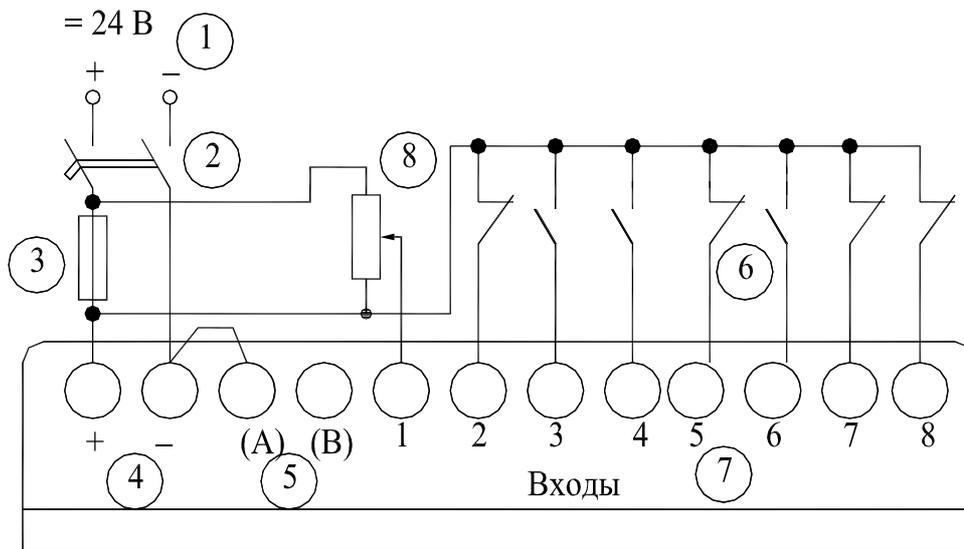
- 1 – монтажное отверстие; 2 – контактные клеммы подключения питания;  
 3 – контактные клеммы подключения входных цепей;  
 4 – монтажный винт для присоединения корпуса расширителя или расширительного модуля;  
 5 – корпус расширителя или расширительный модуль;  
 6 – канавка для установки рельса в стандарте DIN;  
 7 – монтажные зажимы для установки рельса в стандарте DIN;  
 8 – выходные контактные клеммы; 9 – операционные клавиши;  
 10 – жидкокристаллический дисплей; 11 – крышка порта связи для программирования

Рисунок 2.21 – Составные части контроллера



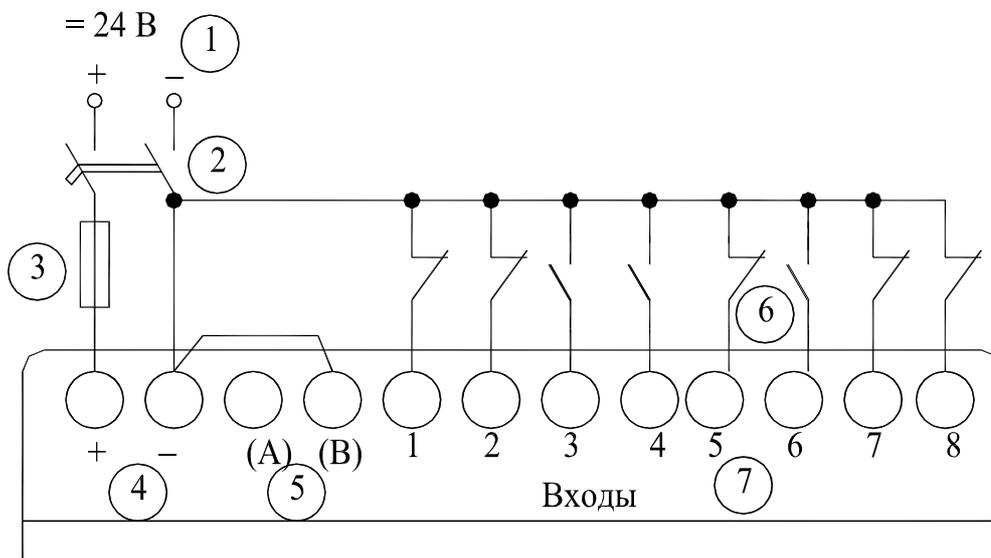
- 1 – источник питания переменного тока (230 В); 2 – устройство отсоединения цепи;  
 3 – устройство защиты схемы (ограничение до 1 А); 4 – контактные клеммы подключения источника питания переменного тока; 5 – неиспользуемые контактные клеммы;  
 6 – входные контактные клеммы; 7 – цифровые входные выключатели

Рисунок 2.22 – Схема электрических соединений с источником питания переменного тока и входными цепями



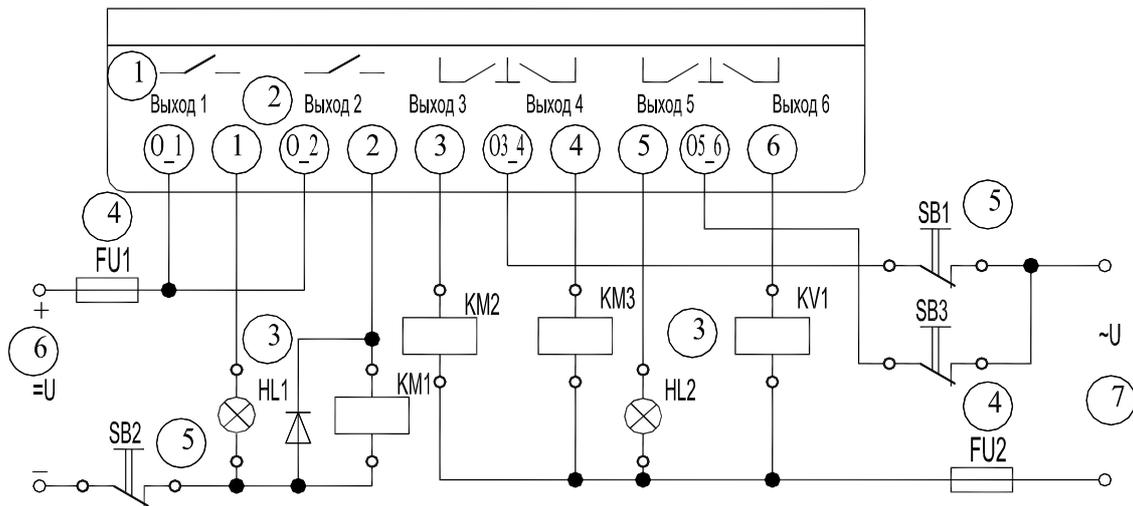
- 1 – источник питания постоянного тока (=24 В); 2 – устройство отсоединения цепи;  
 3 – устройство защиты схемы (ограничение до 1 А);  
 4 – контактные клеммы подключения источника питания постоянного тока;  
 5 – входные контактные клеммы для соединения со стоком/источником;  
 6 – входные датчики-выключатели; 7 – входные контактные клеммы; 8 – аналоговый вход

Рисунок 2.23 – Схема электрических соединений с источником постоянного тока и с входными цепями (при подключении источника с общим «+»)



- 1 – источник питания постоянного тока (=24 В); 2 – устройство отсоединения цепи;  
 3 – устройство защиты схемы (ограничение до 1 А);  
 4 – контактные клеммы подключения источника питания постоянного тока;  
 5 – входные контактные клеммы для соединения со стоком/источником;  
 6 – входные датчики-выключатели; 7 – входные контактные клеммы

Рисунок 2.24 – Схема электрических соединений с источником постоянного тока и с входными цепями со стоком (при подключении источника с общим «-»)



- 1 – главный блок контроллера; 2 – взаимоисключающие выходы;  
 3 – выходные устройства; 4 – устройства защиты схемы; 5 – аварийный выключатель;  
 6 – источник питания постоянного тока; 7 – источник питания переменного тока

Рисунок 2.25 – Схема электрических соединений выходных реле главного блока (переменный ток и/или постоянный ток)

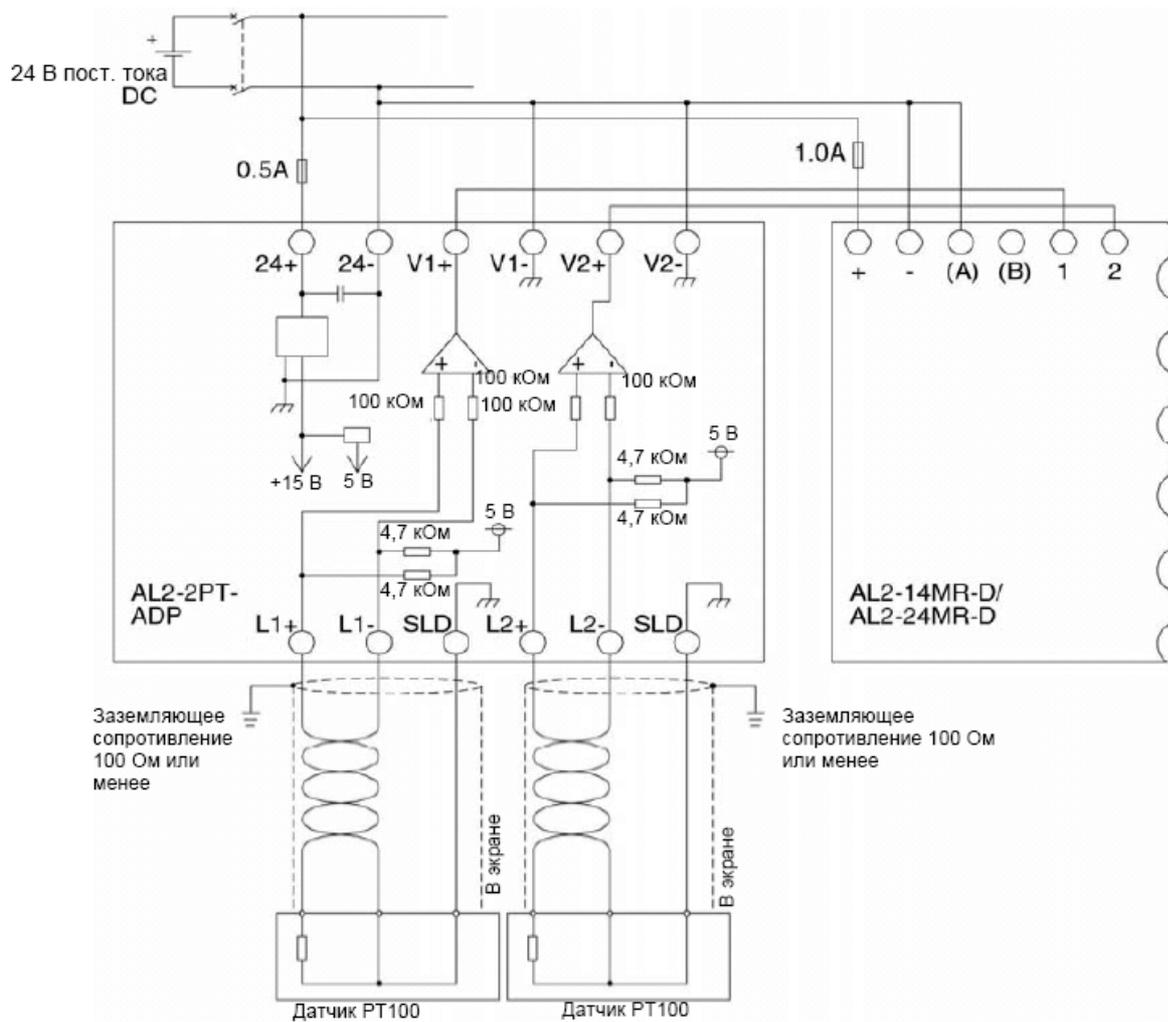


Рисунок 2.26 – Схема электрических соединений для AL2-2PT-ADP

*Моноблочные* контроллеры – это компактные программируемые контроллеры, состоящие из базового блока, который может дополняться модулями расширения и специальными функциональными модулями. Примером таких контроллеров являются контроллеры серии FX (Mitsubishi Electric), характеристики которых раскрыты в таблице 2.3. Характеристики некоторых дополнительных модулей приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.3 – Модельный ряд контроллеров серия FX

Тип	FX1S	FX1N	FX2N	FX3U	FX3UC
Питание	~100–240 В =24 В	~100–240 В =12–24 В	~100–240 В =24 В	~100–240 В =24 В	=24 В
Количество входов	6–16	8–36	8–64	8–64	8–48
Количество выходов	4–14	6–24	8–64	8–64	8–48
Типы выходов	Реле, транзистор				Транзистор
Время цикла/ логическая команда, мкс	0,55–0,70	0,55–1,00	0,08	0,065	0,065
Память	2000 шагов EEPROM (внутренняя)	8000 шагов EEPROM, возможно расширение кассетами EEPROM/EPROM	8000 шагов программы управления (внутренняя RAM), опционально 16 К RAM/ EEPROM	64 К шагов программы управления (стандартно), FLROM кассета (опционально)	64 К шагов программы управления (стандартно)
Размеры (Ш×В×Г), мм	60/60/75/ 100×90×49	90–185×90×75	150–350×90×87	130–285×90×86	34–86×90×74

Таблица 2.4 – Характеристика модулей расширения серии FX

Назначение	Марка	Количество (тип)		Размеры, мм
		Входы	Выходы	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Модули расширения	FX2N-8ER-ES/UL	4	4	43×90×87
	FX2N-8EX-ES/UL	8	–	

Окончание таблицы 2.4

1	2	3	4	5
Модули расширения	FX2N-8EYR-ES/UL	–	8 (реле)	43×90×87
	FX2N-8EYT-ESS/UL	–	8 (транзистор)	
	FX2N-16EX-ES/UL	16	–	43×90×87
	FX2N-16EYR-ES/UL	–	16 (реле)	
	FX2N-16EYT-ESS/UL	–	16 (транзистор)	
	FX2N-32ER-ES/UL	16	16 (реле)	150×90×87
	FX2N-32ET-ESS/UL	16	16 (транзистор)	
	FX2N-48ER-ES/UL	24	24 (реле)	182×90×87
	FX2N-48ET-ESS/UL	24	24 (транзистор)	
Аналоговые входные модули	FX2N-2AD	2 (аналоговых)	–	43×90×87
	FX2N-4AD	4 (аналоговых)	–	55×90×87
	FX3U-4AD		–	
	FX2N-8AD	8 (аналоговых)	–	75×105×75
Модули измерения и регулирования температуры	FX2N-4AD-TC	4 (аналоговых)	–	55×90×87
	FX2N-4AD-PT	4 (аналоговых) – PT100	–	
	FX2N-4AD-2LC	2 канала: термопара и PT100	–	
Аналоговые выходные модули с выходами напряжения и тока (например, для управления преобразователями частоты)	FX2N-2DA	–	2 (аналоговых)	43×90×87
	FX2N-4DA	–	4 (аналоговых)	55×90×87
	FX3U-4DA	–	4 (аналоговых)	55×90×87

Вид базового модуля контроллера FX2N приведен на рисунке 2.27. Обозначение зажимов базового модуля раскрыто на рисунке 2.28.

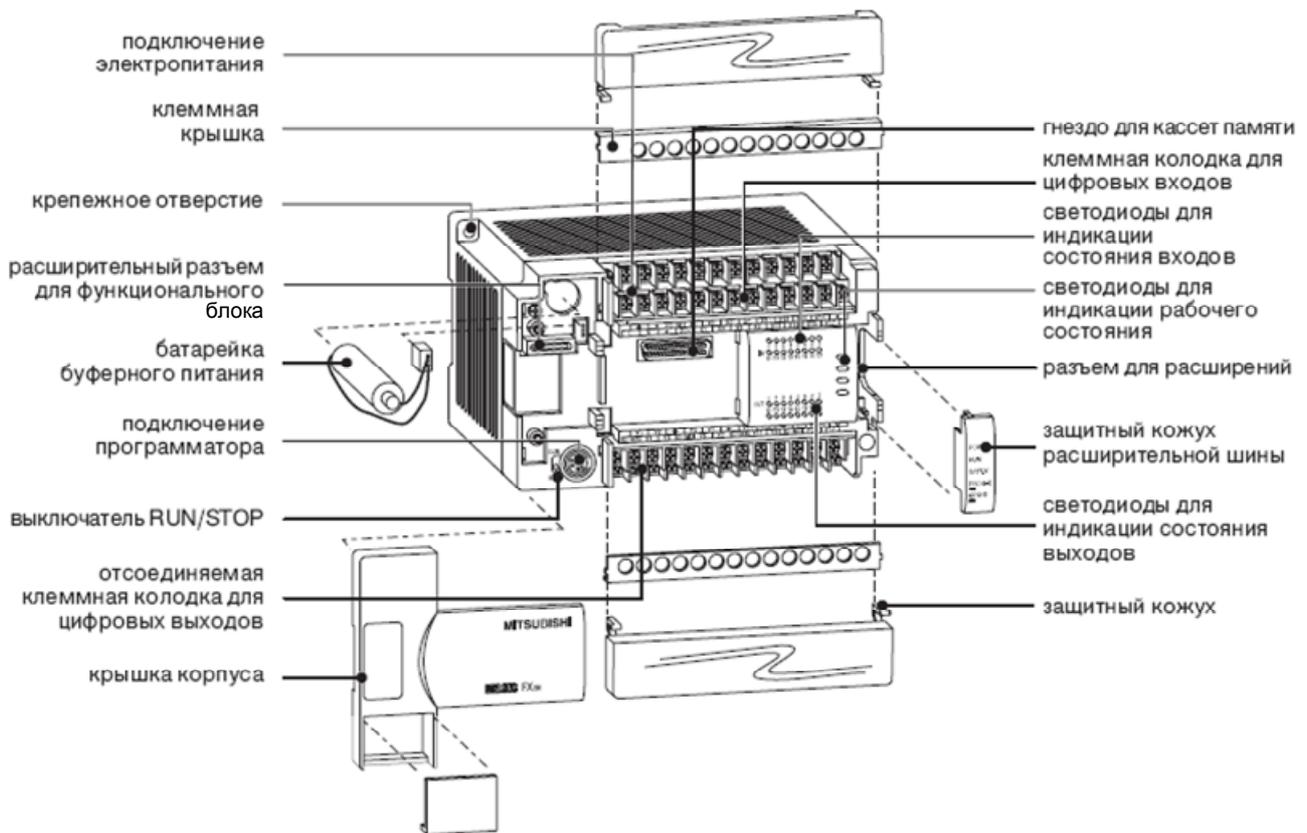
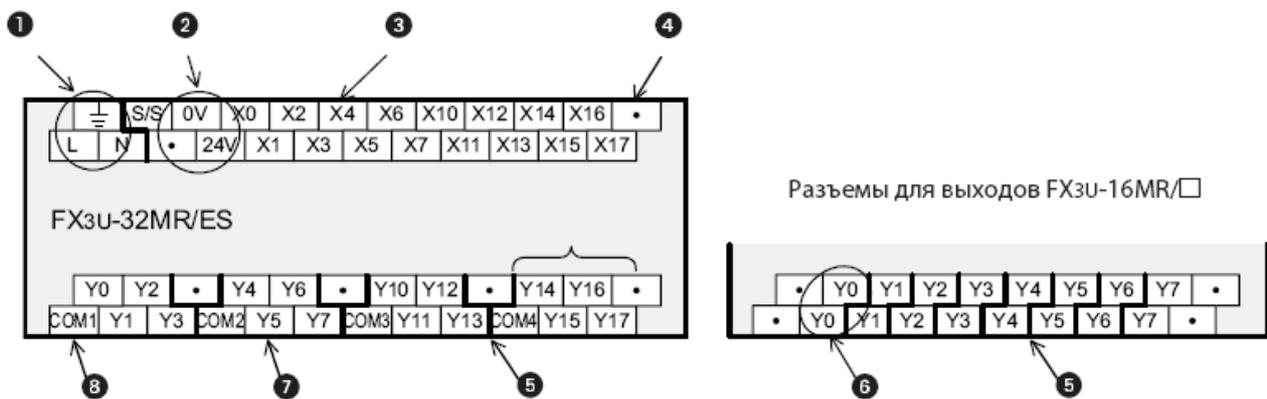


Рисунок 2.27 – Составные части контроллера FX2N



- 1 – разъемы для источника питания (с переменным напряжением – обозначение L и N, с постоянным напряжением питания – «+» и «-»); 2 – выход сервисного источника питания для модулей с переменным напряжением питания, величиной 24 В (в базовых модулях с постоянным напряжением питания на этих разъемах нет сигнала); 3 – разъемы для входов; 4 – свободный разъем (нет подключения); 5 – разделение групп выходов; 6 – обозначение выходов FX3U-16MR (идентичные разъемы означают разъемы одного контакта реле); 7 – разъемы выходов; 8 – разъемы для управляющего напряжения (для релейных и транзисторных выходов, коммутирующих минус, – обозначение COM, для транзисторных выходов, коммутирующих плюс, – +V)

Рисунок 2.28 – Обозначение зажимов базового модуля FX

Все входы базового модуля или модулей расширения могут настраиваться либо под датчики, коммутирующие минус, либо под датчики коммутирующие плюс. Это следует учитывать при реализации схемы подключения контроллера. Пример подключения приведен на рисунке 2.29.

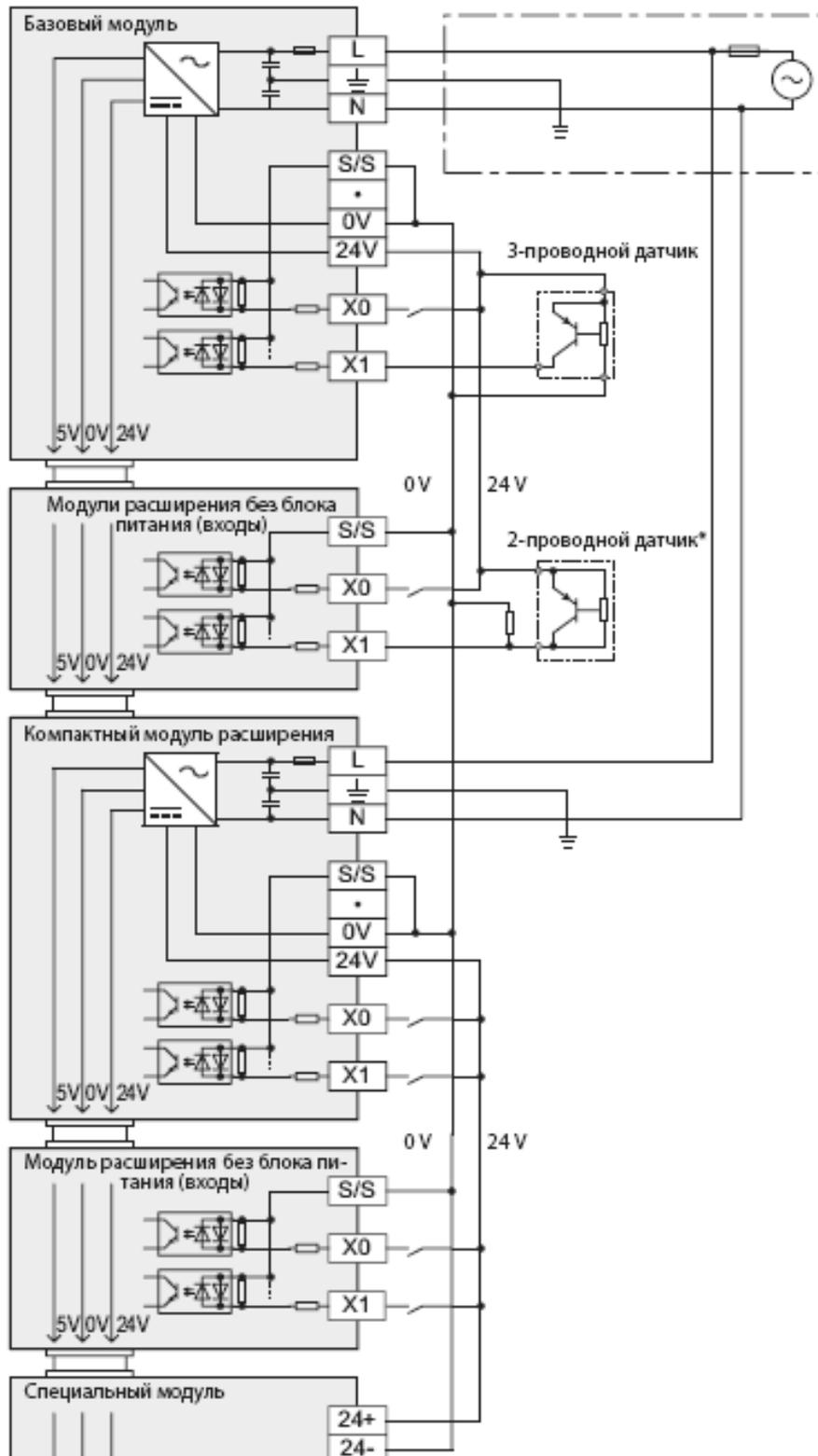


Рисунок 2.29 – Подсоединение коммутирующих плюс датчиков к базовым блокам FX с переменным напряжением питания

Контроллеры серии FX могут комплектоваться панелями операторов. Например, панели семейства GOT1000 обеспечивают визуализацию управления (рисунок 2.30). Производственные процессы и стандарты качества становятся все более сложными и требуются промышленные системы автоматизации, способные обеспечить контроль за возрастающим количеством подробной информации о производстве, процессах и промышленных установках. Поэтому с помощью панели оператора наиболее значимые параметры контроля могут быть вынесены на дисплей панели. Через панель можно организовать и установку заданных значений параметров.



Рисунок 2.30 – Панель оператора

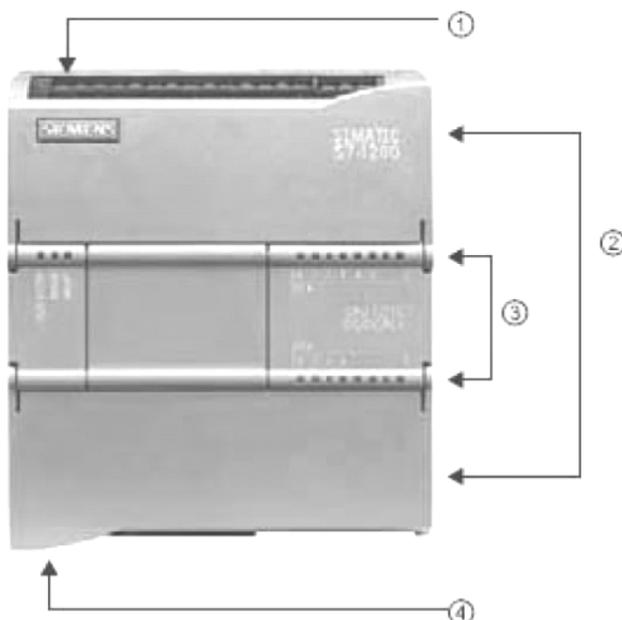
*Модульные* контроллеры – это сочетание на едином базовом шасси модулей центральных процессоров, коммуникации, специальных модулей, модулей ввода/вывода. Это позволяет конфигурировать промышленную систему обеспечивающую построение автоматизированных систем управления производством. Характеристики таких контроллеров приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Характеристики модульных контроллеров

Параметр	Тип	
	MELSEC AnSH / QnAS	MELSEC System Q
Электропитание	100–240 В пер. / 24 В пост.	
Входы/выходы	32–1024	32–4096
Дискретные выходы	реле, транзисторы, симисторы	
Длительность цикла на одну логическую инструкцию	0,25–0,33 мкс	0,034–0,2 мкс
Память для хранения программы контроллера	от 8 до 60 тысяч шагов	от 8 до 252 тысяч шагов

Из линейки контроллеров *Siemens* наибольшую популярность получили контроллеры серии S7-1200. Программируемый логический контроллер S7-1200 (рисунок 2.31) обеспечивает гибкость и позволяет решать достаточно большой круг задач автоматизации. Основной процессорный модуль (CPU) контроллера объединяет в компактном корпусе микропроцессор, встроенный блок питания, входные и выходные цепи, образуя мощный ПЛК. CPU контролирует входы и изменяет выходы в соответствии с логикой пользовательской программы, которая может включать булевы логические операции, счет, отсчет времени, сложные математические операции и связь с другими интеллектуальными устройствами. Ряд функций обеспечения безопасности помогают защитить доступ как к CPU, так и к управляющей программе. CPU снабжен портом PROFINET для обмена данными через сеть PROFINET.

Семейство S7-1200 предлагает ряд сигнальных модулей и сигнальных плат для расширения возможностей CPU. Их характеристика раскрыта в таблице 2.7. Сигнальная плата (SB) обеспечивает возможность добавлять входы/выходы к CPU. Есть возможность устанавливать одну SB с цифровыми или аналоговыми входами/выходами. SB подключается спереди CPU (встраивается). Для расширения функциональных возможностей CPU можно использовать сигнальные модули. Сигнальные модули подключаются с правой стороны CPU.



- 1 – разъем питания; 2 – съемный клеммный блок для подключения внешних устройств (датчиков и исполнительных механизмов); 3 – гнездо для карты памяти под верхней дверцей;  
4 – светодиоды состояния для встроенных входов/выходов

Рисунок 2.31 – Общий вид CPU S7-1200

Таблица 2.6 – Характеристика CPU S7-1200

Характеристика	Модификация		
	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
Физический размер (мм)	90×100×75		110×100×75
Пользовательская память: рабочая память; загрузочная память; сохраняемая память	25 Кбайт 1 Мбайт 2 Кбайта		50 Кбайт 2 Мбайта 2 Кбайта
Локальные встроенные входы/выходы: – цифровые;  – аналоговые	6 входов/ 4 выхода; 2 входа	8 входов/ 6 выходов; 2 входа	14 входов/ 10 выходов; 2 входа
Дополнительные сигнальные модули	Нет	2	8
Сигнальная плата	1		
Импульсные выходы	2		
Скорость выполнения арифметических операций	18 мкс/команду		
Скорость выполнения булевых операций	0,1 мкс/команду		

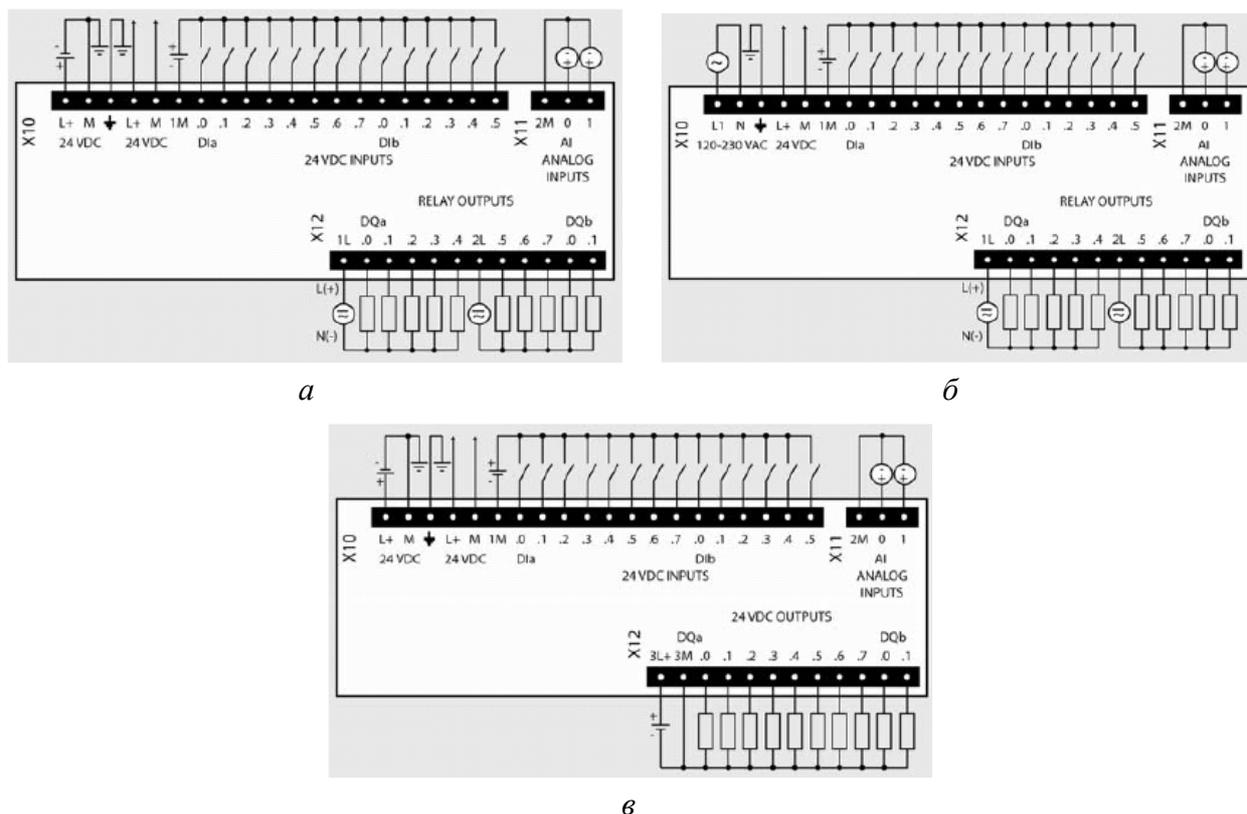
Таблица 2.7 – Характеристика модулей расширения к S7-1200

Модуль	Вид коммутации	Количество коммутационных сигналов		
		Только ввод	Только вывод	Комбинация ввода и вывода
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Сигнальный модуль (SM)	Цифровой	8 входов постоянного тока (SM1221)	8 выходов постоянного тока 8 релейных выходов (SM1222)	8 входов постоянного тока / 8 выходов постоянного тока 8 входов постоянного тока / 8 релейных выходов (SM1223)
		16 входов постоянного тока (SM1221)	16 выходов постоянного тока 16 релейных выходов (SM1222)	16 входов постоянного тока/ 16 выходов постоянного тока 16 входов постоянного тока/ 16 релейных выходов (SM1223)
	Аналоговый	4/8 аналоговых входа (SM1231)	2/4 аналоговых выхода (SM1232)	4 аналоговых входа/ 2 аналоговых выхода (SM1234)
	4/8 каналов для подключения термометров сопротивления (SM1231 RTD)	–	–	

## Окончание таблицы 2.7

1	2	3	4	5
		4/8 каналов для подключения термопар или датчиков напряжения (SM1221 TC)	–	–
Сиг- нальная плата (SB)	Цифровой	–	–	2 входа постоянного тока/ 2 выхода постоянного тока
	Аналоговый	–	1 аналоговый выход	–
Коммуникационный модуль (CM): RS485, RS232				

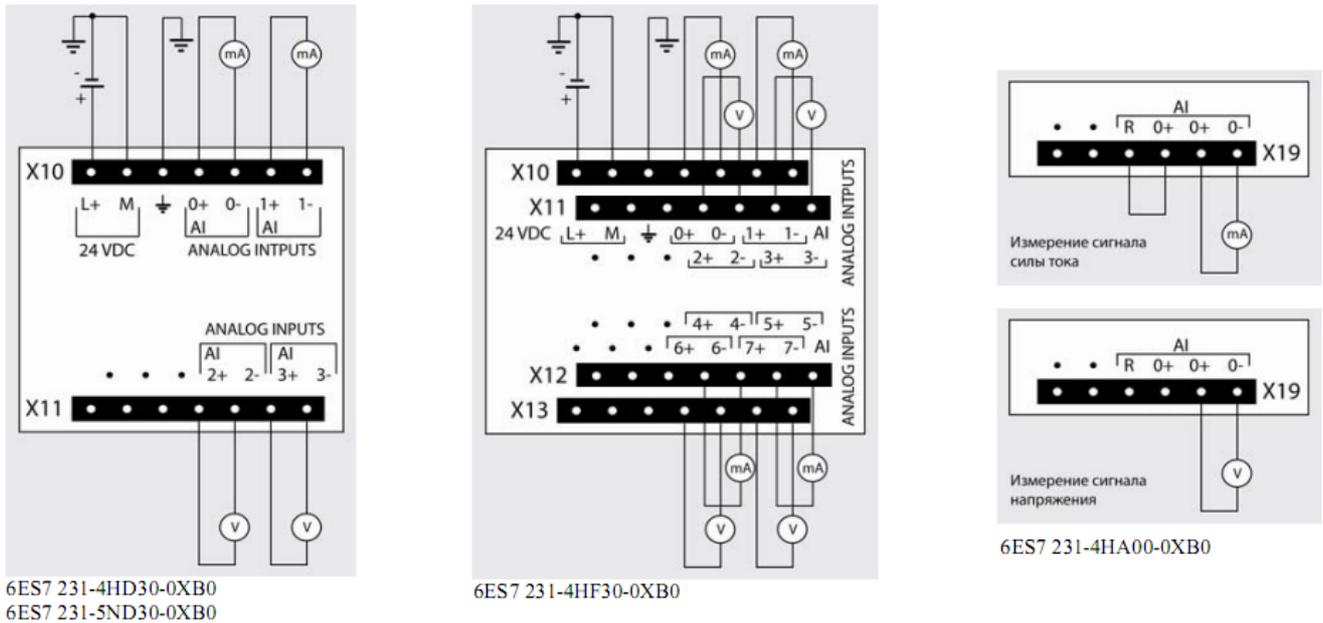
Схемы подключения внешних цепей к контроллеру S7-1200 CPU 1214C представлены на рисунке 2.32 в зависимости от модификации.



- а* – модификация 6ES7 214–1AG40-0XB0 (напряжение питания =24 В, 10 дискретных выходов =24 В/0,5 А, из них 4 импульсных выхода с частотой до 100 кГц);  
*б* – модификация 6ES7 214–1BG40-0XB0 (напряжение питания ~120/230В, 10 дискретных выходов с замыкающими контактами реле, напряжение =5–30 В/~5–250 В, ток до 2 А на контакт);  
*в* – модификация 6ES7 214–1HG40-0XB0 (напряжение питания 24 В, 10 дискретных выходов с замыкающими контактами реле, напряжение =5–30 В/~5–250 В, ток до 2 А на контакт)

Рисунок 2.32 – Схемы подключения внешних цепей к контроллеру S7-1200 CPU 1214C

Схемы подключения к аналоговым модулям контроллера представлены на рисунках 2.33–2.35.



mA – токовый сигнал с внешнего прибора; V – сигнал напряжения с внешнего прибора

Рисунок 2.33 – Схемы подключения внешних цепей к аналоговому модулю SM1231

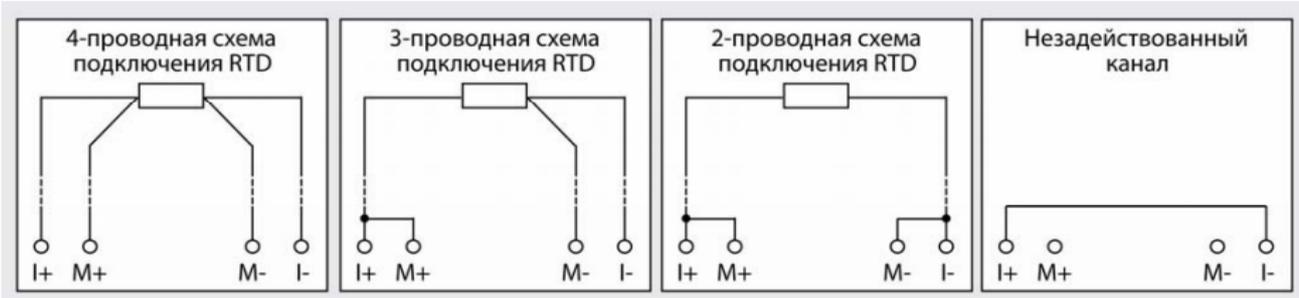
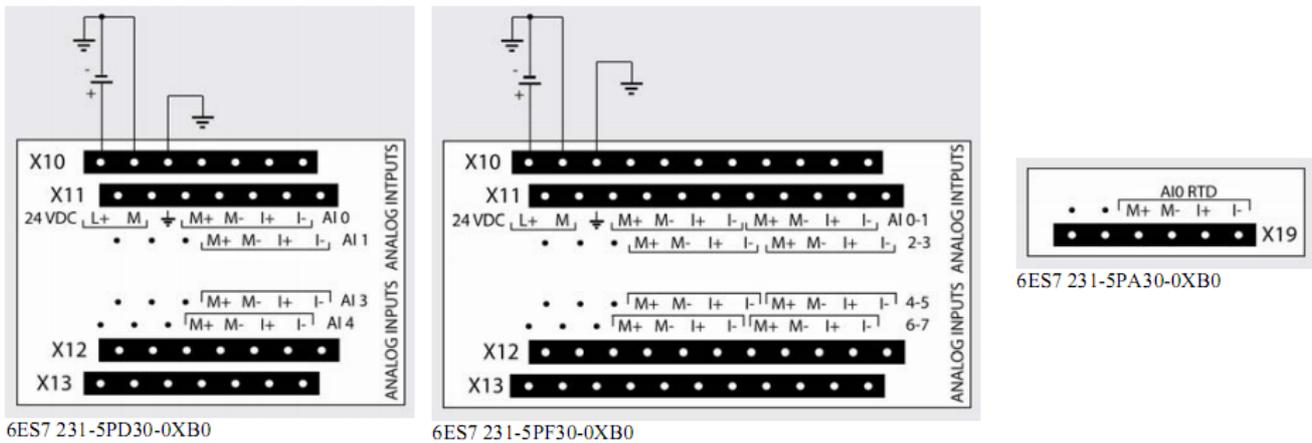
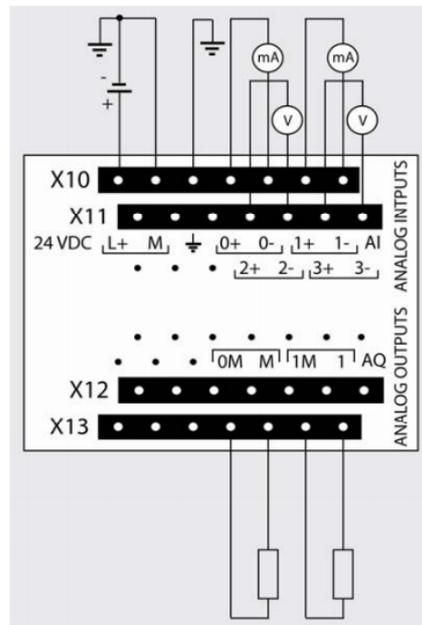


Рисунок 2.34 – Схемы подключения внешних цепей к аналоговому модулю SM1231 RTD



mA – токовый сигнал с внешнего прибора, V – сигнал напряжения с внешнего прибора

Рисунок 2.35 – Схемы подключения внешних цепей к аналоговому модулю SM1234

Выбирают контроллер по функциональным возможностям, количеству входов и выходов, роду входных и выходных сигналов (аналоговые и цифровые), напряжению питания.

Принципы программирования контроллеров изложены в подразделе 3.7.

### 3 Разработка проекта автоматизации технологического процесса

#### 3.1 Постановка задачи проектирования САУ ТП

Формулирование требований к САУ ТП, определенного темой проекта, требует досконального изучения технологических требований, анализа научно-технической литературы, патентов, типовых решений в отрасли сельскохозяйственного производства, заданного темой проекта. На основании анализа делают вывод о целесообразности использования той или иной технологической линии (или установки) в определенных заданием условиях. При этом детально описывают работу технологической линии (или установки). Рассматривают возможные варианты объема автоматизации технологического процесса и выбирают наиболее рациональный. Затем формулируют требования к САУ ТП.

Рассмотрим методику формулирования требований к САУ ТП на конкретном примере. В задании на проектирование определена тема: «Автоматизация технологического процесса раздачи корма на свиноферме на 1200 голов откормочного поголовья». Таким образом, цель проекта – разработать САУ раздачи корма на свиноферме для откорма, отвечающую функциональным требованиям и требованиям экономической целесообразности. Задачами, решаемыми для достижения цели являются:

- доскональное изучение требований по кормлению откормочного поголовья свиней, технологических линий кормления;
- выбор наиболее целесообразного варианта реализации линии кормораздачи на свиноферме;
- выявление алгоритма функционирования технологической линии, определение оптимального объема автоматизации ТП, который обеспечит наибольший экономический эффект, разработка алгоритма управления;
- разработка структуры управления технологической линией кормораздачи;
- выбор технических средств автоматизации и устройства управления, разработка принципиальной электрической схемы;
- перевод структуры управления в программу управления для контроллера;
- разработка документации на щит автоматики.

*Анализ технологических требований к кормораздаче на свиноферме. Возможные варианты реализации технологического процесса кормораздачи. Варианты управления и существующий объем автоматизации технологического процесса*

Выбор технологической линии кормления свиней определяется производственной группой свиней, технологией их содержания и технологией кормления [15, с. 37].

В зависимости от соотношения в рационах концентрированных и сочных кормов выделяют три основных типа кормления свиней: концентратно-картофельный; концентратно-корнеплодный (с добавлением сочных и зеленых кормов) и концентратный [16, с. 282]. В последнем случае корм может даваться сухим или увлажненным. При сухом кормлении легче поддерживать оптимальный микроклимат и чистоту помещения, проще механизировать кормораздачу. Но сухие корма хуже перевариваются и усваиваются животными, могут вызвать гастрит, язву желудка и кишечника. Они в значительном количестве распыляются, просыпаются в навозные каналы. Мучная пыль вызывает бронхит и пневмонию у животных. Все это по оценкам технологов приводит к снижению коэффициента полезного действия корма на 8 %–10 % [17, с. 158]. Влажные корма лучше усваиваются свиньями, но загрязняют свинарники, требуют дополнительных затрат на профилактику избыточной сырости в помещении, раздачу кормов, уборку станков. Оптимальное содержание воды во влажной кормосмеси – 60 %–75 %. Однако такая смесь не проходит по трубам узкого диаметра. При кормораздаче по трубам влажность приходится увеличивать. Это также является недостатком, так как отрицательно сказывается на состоянии животных. Сухой корм рекомендуется использовать для кормления поросят-сосунов и отъемышей при раздаче троссо-шайбовым транспортером [18, с. 56], кормление остальных групп свиней предусматривают влажными кормами либо кормосмесями. Для свиноферм на 1200 голов откормочного поголовья рекомендуется кормление кормосмесями либо влажными кормами. При этом по нормам кормления молодняка на откорме (живая масса 40–120 кг и 126 дней содержания) доза корма меняется в зависимости от веса животного и его суточного привеса [17, с. 361]. Таким образом, доза корма для молодняка на откорме с еженедельной периодичностью возрастает.

При групповом способе содержания свиней используется стационарный кормораздатчик РКС-3000, который обеспечивает равномерную раздачу сухих, сочных и полужидких (влажностью до 70 %) кормов для 3000 свиней за 20–30 мин [19, с. 298]. Готовый корм поступает в питатель (рисунок 3.1) с учетом разовой дачи кормов на все поголовье свиней. Отсюда корм подается на наклонный, а затем на распределительный транспортеры. Распределительный транспортер поочередно загружает секции 1 и 2 раздатчика кормов (секция 2 не показана на рисунке 3.1) с помощью раздаточной платформы.

Раздаточная платформа каждой секции раздатчика корма совершает возвратно-поступательное движение на расстояние, равное половине длины кормушек. Когда платформа движется влево, на нее поступает корм. Скрепки,

повешенные на шарнирах, поворачиваются вверх и не мешают продвижению платформы с кормом. При обратном ходе платформы скребки опускаются, задерживают корм и сбрасывают его в кормушки. В это время кормом загружается правая половина платформы.

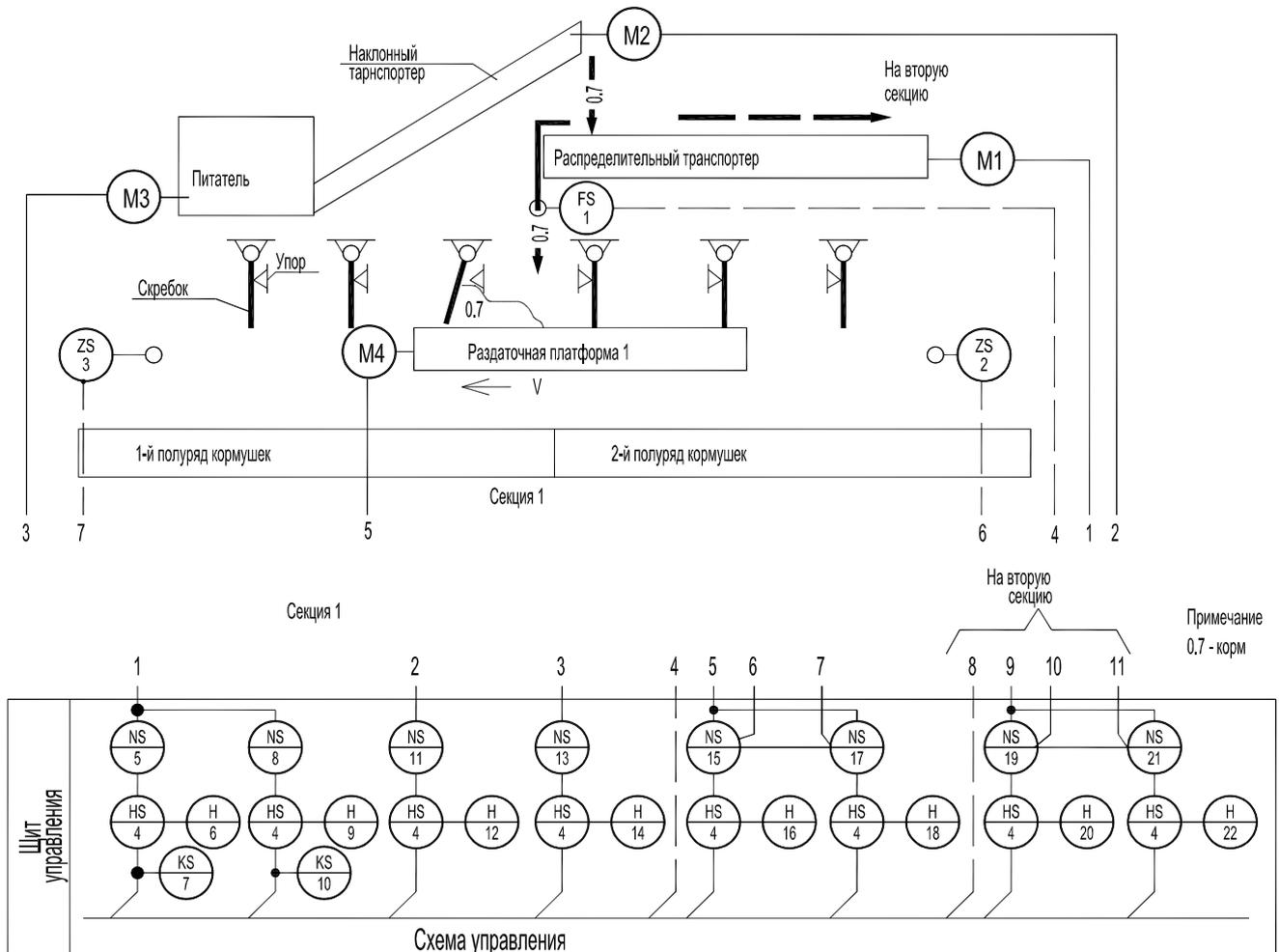


Рисунок 3.1 – Схема автоматизации кормораздатчика РКС-3000

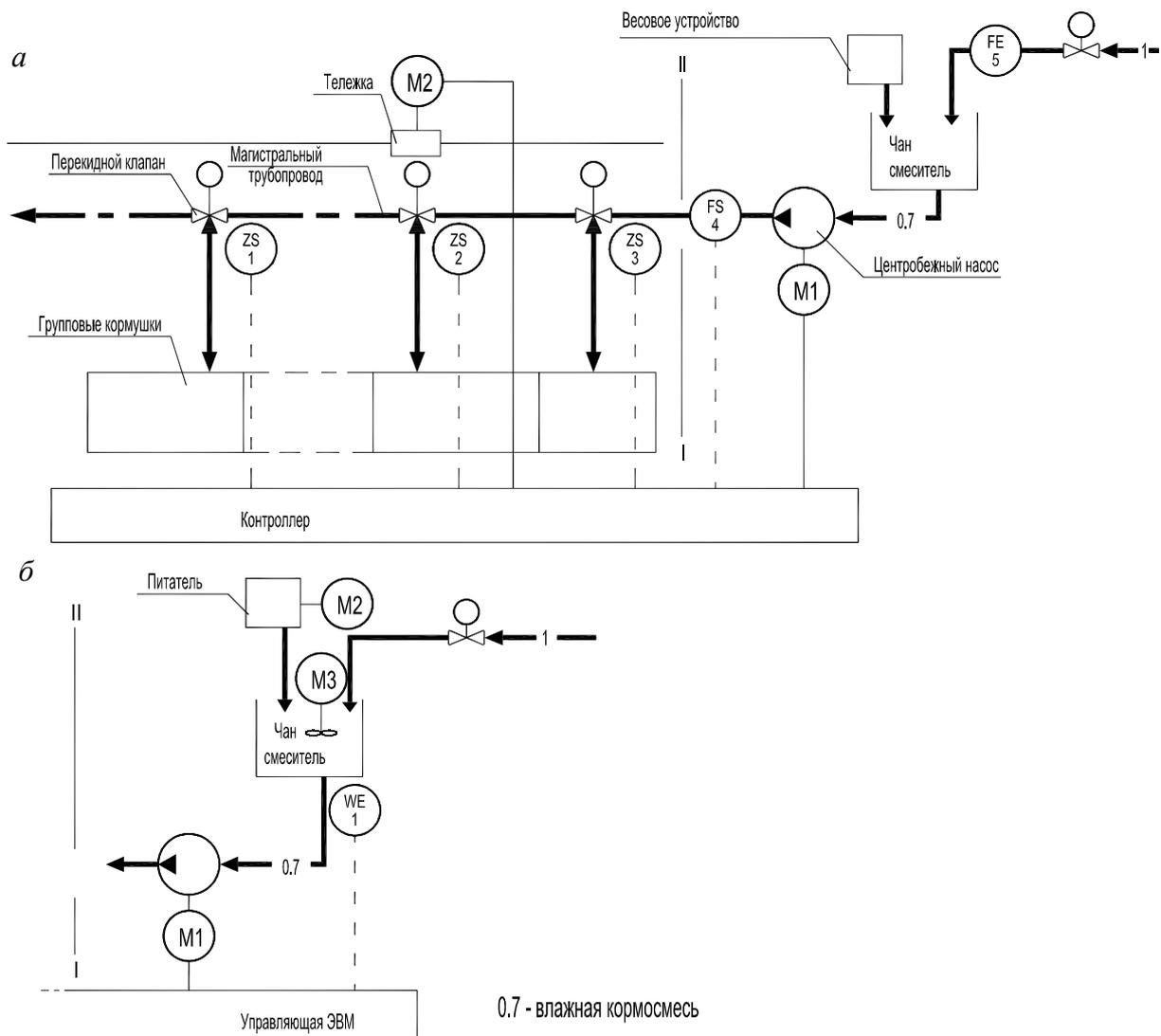
Автоматизация линии кормораздачи заключается в управлении включением кормораздачи по времени (KS), контроле поступления корма на платформу (FS), управлении перемещением платформы по сигналам датчиков положения (ZS) для обеспечения раздачи корма в оба полуяра кормушек.

В откормочных секторах свинокомплексов доставку корма и его раздачу целесообразно осуществлять непосредственно трубопроводным транспортом [1, с. 453]. Для доставки и раздачи влажных кормовых смесей по трубам существуют два способа: пневматический и гидравлический.

К недостаткам пневматических установок следует отнести их большую удельную металлоемкость и то, что корм при выгрузке в кормушки разбрызгивается.

При транспортировке кормосмесей с влажностью 74 % и выше используют центробежные насосы типа НФ. Однако они очень чувствительны к изменению влажности и противодействию в системе.

Варианты схем автоматизации раздачи корма с использованием трубопроводного транспорта приведены на рисунке 3.2. В варианте раздачи жидких кормов с объемным дозированием (рисунок 3.2, *а*) корм из бункеров-накопителей шнековым накопителем подается на автоматические весы и затем в чан-смеситель. В чане все составляющие корма заливают теплой водой. Приготовленный корм по трубам подают в групповые кормушки.



*а* – объемное дозирование; *б* – весовое дозирование

Рисунок 3.2 – Схемы автоматизации раздачи влажной кормосмеси в свинарниках

Автоматическое управление раздачей корма в групповые кормушки обеспечивается расходомером FS. Переключающее устройство открывает перекидной

клапан и открывает доступ корма в групповую кормушку. После заполнения кормушки до установленной нормы клапан закрывается и открывается следующий клапан. Таким образом происходит последовательное заполнение групповых кормушек. Недостатки этой схемы: раздельное управление процессом смешивания и раздачи корма, а также неравномерное распределение корма между групповыми кормушками, связанное с объемным дозированием.

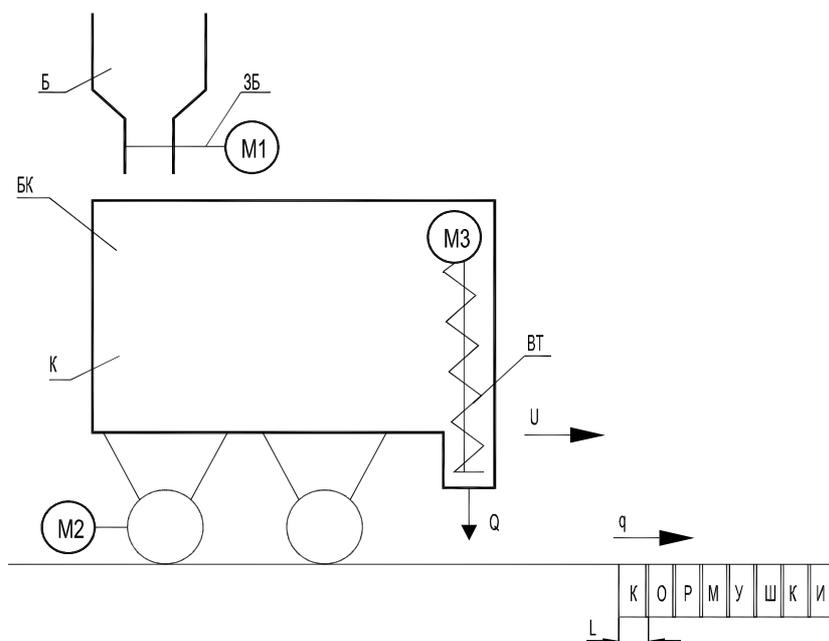
При использовании весового дозирования на базе датчика *WE* и микропроцессорной системы управления [20, с. 144] (рисунок 3.2, б) можно устранить указанные выше недостатки, исключить из системы управления дорогостоящие весовые устройства комбикорма и расходомеров жидкого корма и воды, однако это требует конструктивной доработки технологических линий приготовления и раздачи влажных кормов на свинокомплексах.

Поскольку оптимально для откорма на ферме на 1200 голов использовать кормосмесь с добавлением корнеклубнеплодов, сочных и зеленых кормов, то на таких средних фермах рекомендуется раздавать смесь мобильными кормораздатчиками РС-5, КС-1,5 и др. [21, с. 352]. При реконструкции зданий свинокомплексов предлагается также использовать модернизированный кормораздатчик КСМ-Ф-1,2. В отличие от всех остальных мобильных кормораздатчиков он движется по рельсам, смонтированным над спаренными кормушками. Загружают в кормораздатчик кормосмесь, влажность которой не превышает 60 %. Таким образом, остановимся на технологической линии кормораздачи на основе мобильного рельсового кормораздатчика.

*Описание принципа действия и функционирования технологической линии кормораздачи на свиноферме.* Линия раздачи корма состоит (рисунок 3.3): из бункера Б с электродвигательной заслонкой ЗБ; кормораздатчика К, имеющего накопительный бункер БК, оборудованный шнековым транспортером ВТ. Перемещение К осуществляется реверсивным электроприводом М2.

*Алгоритм функционирования.* Включают линию в работу по заданной программе (по технологическим требованиям 5 раз в сутки). При этом если корм в Б имеется и К находится под Б, открывается ЗБ и происходит загрузка БК. При загрузке БК до необходимой по технологическим требованиям нормы ЗБ закрывается, привод К включается и К перемещается к началу кормушек, где включается привод ВТ и происходит раздача корма. В конце кормушки К останавливается, привод ВТ выключается, с выдержкой времени включается реверс привода К и он перемещается в исходное положение под Б.

В соответствии с зоотребованиями в каждую кормушку должно быть загружено  $q$  кг корма.



Б – накопительный бункер; ЗБ – электродвигательная задвижка;  
 К – мобильный кормораздатчик; БК – бункер кормораздатчика; ВТ – выгрузной транспортер;  
 М1 – привод ЗБ; М2 – привод К; М3 – привод ВТ;  $U$  – скорость передвижения К;  
 $Q$  – производительность ВТ;  $L$  – длина одной кормушки;  $q$  – норма одного рациона корма

Рисунок 3.3 – Технологическая схема мобильного кормораздатчика

Характеристики электроприводов технологической линии приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Мощность электроприводов технологической линии кормораздачи

Наименование оборудования	Обозначение на рисунке 3.3	Тип электродвигателя	Мощность, кВт	КПД	$\cos\phi$
Электродвигательная задвижка	М1	АИР71В4У3	0,75	0,73	0,76
Движение кормораздатчика	М2	АИР71В2У3	1,1	0,79	0,83
Выгрузной транспортер	М3	АИР80А2У3	1,5	0,81	0,85

*Требования к САУ ТП.* Таким образом, САУ кормораздачей на базе мобильного рельсового кормораздатчика должна:

- обеспечивать автоматизированную кормораздачу требуемой по технологическим требованиям дозы корма (неравномерность загрузки кормушки не должна превышать  $\pm 10\%$ ) 5 раз в сутки (запуск в режиме реального времени, останов – автоматически после завершения кормораздачи);

- предусматривать возможность еженедельного изменения дозы корма в расчете на голову (групповое нормирование);

- обеспечивать местный и автоматический режим управления;
- предусматривать технологическую (положение задвижки, работа оборудования) и аварийную (незавершение процесса открытия/закрытия задвижки и выполнения всего цикла работы оборудования технологической линии) сигнализацию.

### **3.2 Определение объема автоматизации процесса кормораздачи. Разработка схемы автоматизации**

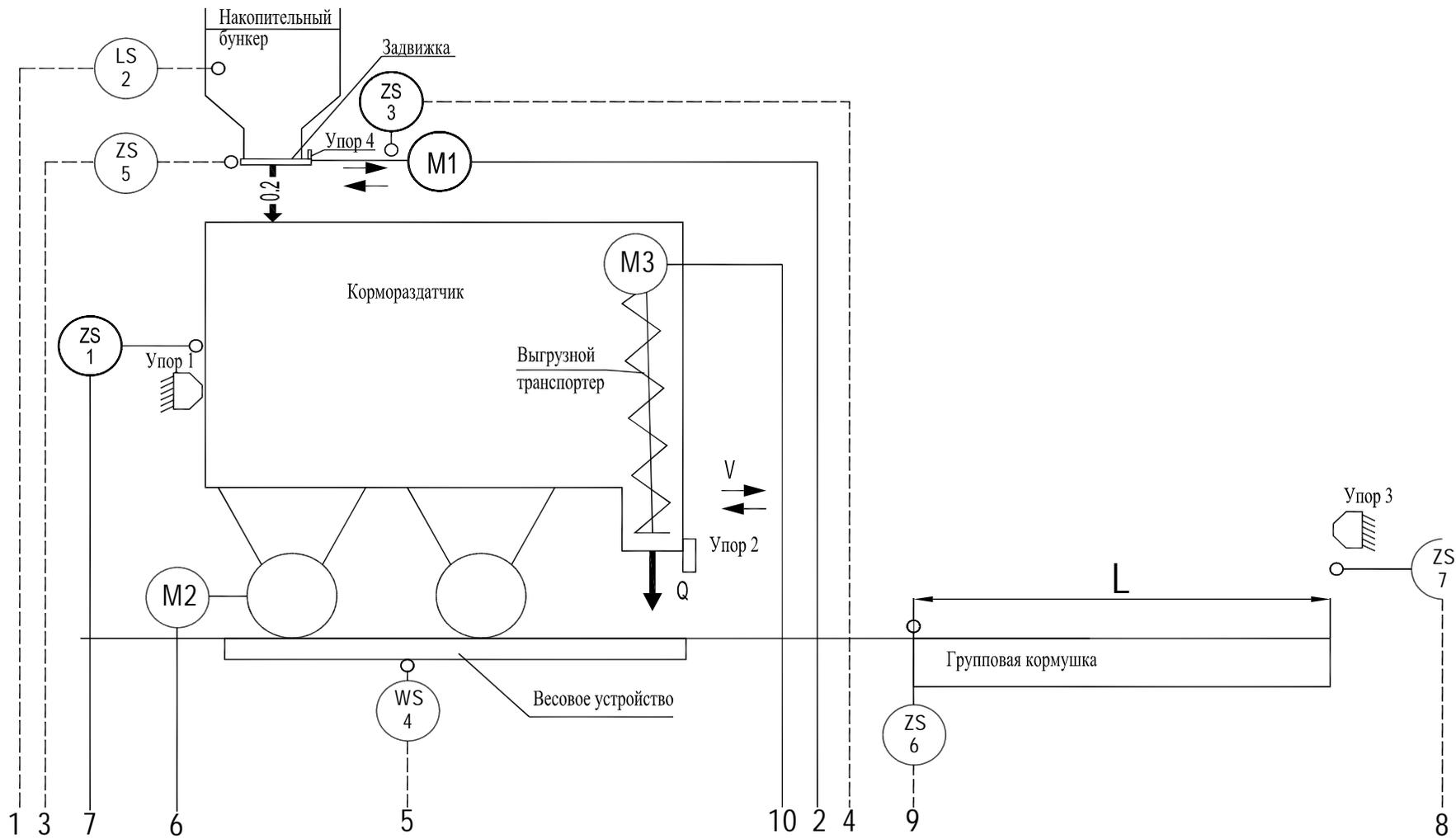
*Объем автоматизации* – совокупность технических средств автоматического управления, контроля, сигнализации и защиты, обеспечивающих нормальное функционирование объекта автоматизации. Объем автоматизации отражается на схеме автоматизации.

*Схема автоматизации* – основной технический документ, определяющий функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления технологическим процессом и его регулирования и оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации; определяющий структуру и функциональные связи между технологическим процессом и средствами автоматизации (рисунок 3.4).

Требования к оформлению схемы автоматизации приведены в приложении Г.

Определение необходимого объема датчиков, вторичных приборов, исполнительных устройств осуществляется на основе детального анализа работы технологического оборудования, выявления алгоритма управления оборудованием. При этом решаются следующие вопросы:

- выявление режимов работы оборудования и допустимых переходов между ними;
- установление технологических параметров, подлежащих автоматическому управлению, регулированию, контролю, сигнализации, уточнение пределов их измерения с целью последующего выбора технических средств автоматизации, реализующих данные функции;
- определение объемов необходимых автоматических защит и блокировок;
- выбор технических средств автоматизации, наиболее полно отвечающих предъявленным требованиям и условиям работы автоматизируемого объекта;
- размещение приборов и аппаратуры на щитах или по месту, определение способов представления требуемой информации о ходе технологического процесса.



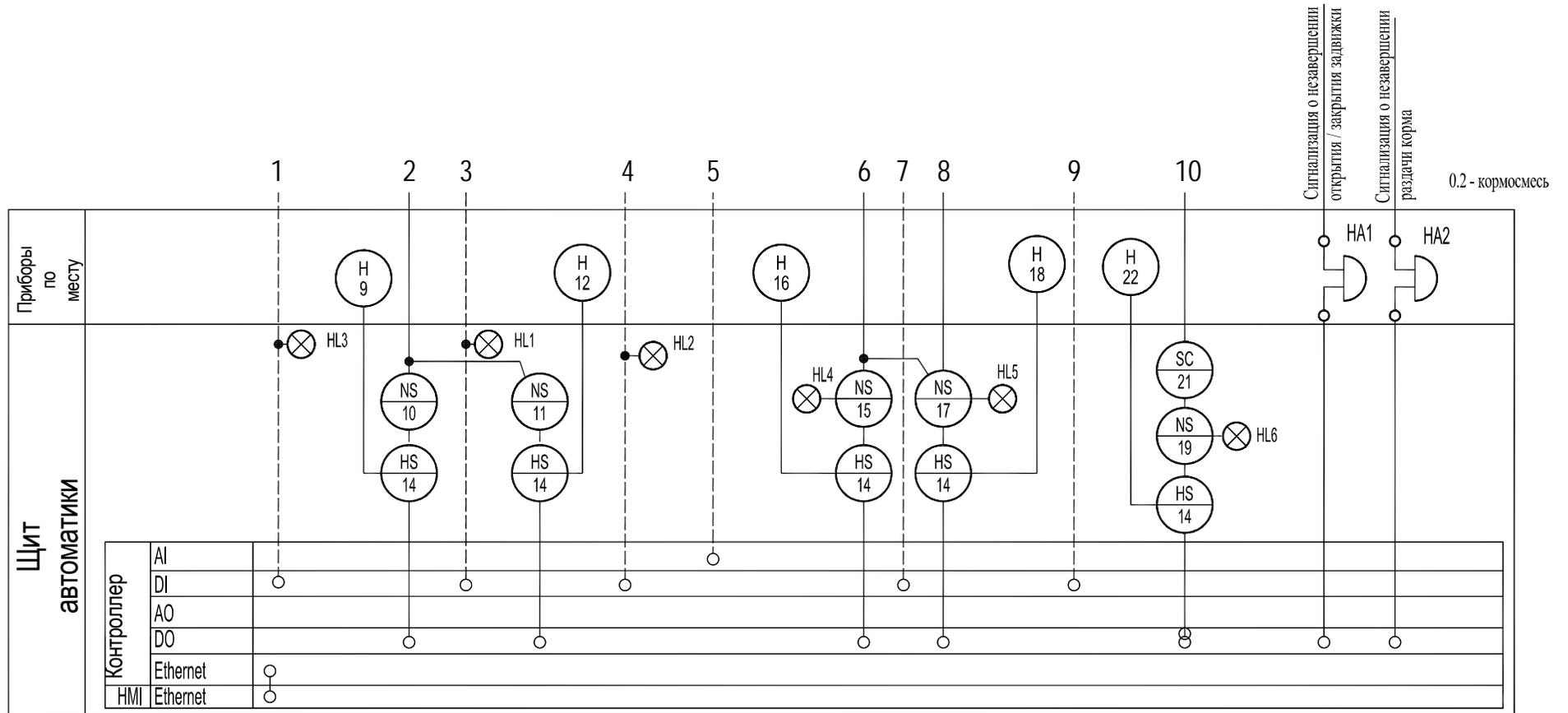


Рисунок 3.4 – Схема автоматизации технологического процесса кормораздачи мобильным кормораздатчиком

Определим объем автоматизации, то есть состав технических средств, необходимых для нормального функционирования технологического процесса кормораздачи в свинарнике, для примера и отразим его на схеме автоматизации (см. рисунок 3.4). На этапе разработки схемы автоматизации будем пользоваться понятием «датчик» без учета его типоразмера и технических характеристик.

В соответствии с требованиями к САУ ТП (см. подраздел 3.1) пуск системы должен происходить в режиме реального времени 5 раз в сутки. Это условие обеспечивает использование реле времени либо ПЛК в функции управления в режиме реального времени. Поскольку управление в целом процессом кормораздачи целесообразно осуществить с помощью контроллера, то и функцию управления по времени организуем через него. Контроллер устанавливаем в щите автоматики.

Щит на схеме автоматизации показан прямоугольником и в нем прямоугольником с раскрытыми входами и выходами (DI – дискретные (цифровые) входы, AI – аналоговые входы, DO – дискретные (цифровые) выходы, AO – аналоговые выходы) отображен контроллер.

Еще одним условием пуска линии является заполнение накопительного бункера кормосмесью не менее чем на одну кормораздачу. Для этого предусмотрим датчик уровня LS2. Для загрузки кормосмесью кормораздатчик должен находиться под бункером. Для фиксации исходного положения предусматриваем датчик положения ZS1. Привод M1, который открывает и закрывает задвижку, должен автоматически останавливаться в крайних положениях, для чего используем концевики ZS3 и ZS5. Для контроля заполнения кормораздатчика необходимо предусмотреть весовое устройство, которое на схеме автоматизации обозначим как WS4. Включение и отключение выгрузки корма обеспечивается с помощью конечных выключателей, фиксирующих начало и конец кормушек – ZS6 и ZS7. Все датчики в соответствии с требованиями ГОСТ 21.408 [22] отображаем непосредственно на технологическом оборудовании согласно обозначений по ГОСТ 21.208 [23], выдержки из которого приведены в таблице Г.2 (приложение Г).

Магнитные пускатели, управляющие двигателями перемещения задвижки и кормораздатчика, выгрузного шнека в соответствии с ГОСТ 21.208 обозначаем на схеме автоматизации – NS (установка в щите автоматики). Для разделения режимов работы необходимо предусмотреть переключатель режимов работы оборудования – HS. В ручном режиме управляют электроприводами с помощью кнопок – H. Сигнализацию организуем с помощью сигнальной арматуры HL1–HL6 и звуковой аварийной сигнализации HA1 и HA2. Информация о ходе технологического процесса также может выводиться на дисплей контроллера либо на панель оператора.

Еще одно требование – изменение дозы корма. Количество корма, загружаемого в кормушку, можно определить из выражения:

$$P = \frac{QL}{v}, \quad (3.1)$$

где  $Q$  – производительность выгрузного транспортера, кг/с;

$L$  – длина кормушки, м;

$v$  – скорость кормораздатчика, м/с.

Если  $Q = k n$ , то

$$P = \frac{kQL}{v} n,$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности;

$n$  – частота вращения вала электродвигателя,

Так как  $k$ ,  $Q$ ,  $L$ ,  $v$  – константы, то количество корма будет пропорционально частоте вращения электродвигателя выгрузного шнека. Поэтому реализовать требование дозирования корма можно с помощью преобразователя частоты, который на схеме автоматизации обозначен, как SC21. Задавать частоту вращения можно с помощью рукоятки преобразователя частоты, отградуированной в единицах дозы корма, вручную либо программно с помощью ПЛК, связанного с управляющими входами преобразователя частоты.

Обозначения ТСА на схеме автоматизации расшифрованы в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Обозначения приборов и средств автоматизации на схеме рисунка 3.4

Обозначение (позиция)	Наименование
H (9, 12, 16, 18, 22)	Кнопки ручного управления
HA1–HA2	Звуковая сигнализация
HL1–HL6	Световая сигнализация
HS (14)	Переключатель режимов работы (ручной, автоматический)
LS (2)	Датчик уровня (наличие корма в бункере)
NS (10, 11, 15, 17, 19)	Магнитные пускатели
SC (21)	Преобразователь частоты
WS (4)	Датчик веса (заполнение бункера кормораздатчика)
ZS (1, 3, 5, 6, 7)	Датчик положения (концевой выключатель)

### 3.3 Разработка алгоритма управления ТП

Первым шагом синтеза САУ ТП является *словесное описание алгоритма управления* технологическим процессом, составляемое обычно совместными усилиями технологов, конструкторов и проектировщиков. В ходе разработки технического задания на проектирование определяют последовательность работы исполнительных органов технологической линии, обеспечивающих эффективность функций управления, основными из которых являются безопасность работы объекта и правильное выполнение технологического процесса. Качественные показатели работы оборудования технологической линии определяются и корректируются на втором этапе проектирования.

Рассмотрим словесное описание *алгоритма управления* линией раздачи корма с помощью мобильного рельсового кормораздатчика, алгоритм функционирования которого определен в подразделе 3.1. Объем автоматизации линии определен в предыдущем подразделе и показан на схеме автоматизации рисунка 3.4. Обозначениями приборов и технических средств на схеме автоматизации и будем пользоваться при описании алгоритма управления.

В соответствии с требованиями к САУ ТП пуск системы обеспечивается в режиме реального времени программным устройством (контроллером) при условии заполнения накопительного бункера кормом не менее чем на одну кормораздачу (контроль осуществляется датчиком уровня LS2). Еще одним условием пуска технологической линии является нахождение кормораздатчика под бункером (контроль датчиком положения ZS1). В случае выполнения этих условий пускатель NS11 подает сигнал на электродвигатель M1 на открытие задвижки, которая останавливается в крайнем правом положении концевым выключателем ZS3. Начинается загрузка кормораздатчика кормом. После заполнения кормораздатчика кормом до необходимой нормы срабатывает датчик веса WS4, пускателем NS10 подается команда на реверс электродвигателя M1 и, соответственно, на закрытие задвижки, которая в крайнем левом положении воздействует на концевой выключатель ZS5 и останавливает электродвигатель M1. Одновременно подается сигнал на магнитный пускатель NS15 и, соответственно, электродвигатель M2. Начинается перемещение кормораздатчика к началу кормушек. Кормораздатчик воздействует упором 2 на концевой выключатель ZS6, и включается привод выгрузного транспортера кормораздатчика (NS19). Начинается равномерная загрузка групповой кормушки кормом при установленной скорости вращения привода выгрузки в соответствии с рассчитанной дозой. В крайнем правом

положении электроприводы кормораздатчика и выгрузного транспортера останавливаются датчиком ZS7. С выдержкой времени, необходимой для снятия динамических нагрузок и останова вращения ротора электродвигателя M2, контроллер через пускатель NS17 производит реверс электродвигателя M2. Кормораздатчик возвращается в исходное положение под накопительный бункер, где останавливается датчиком ZS1.

В случае возникновения аварийного режима контроллер должен включить звуковой сигнал.

Словесное описание цикла работы технологической линии характеризует последовательность работы механизмов, однако является недостаточным для описания алгоритма управления ТП. Для формализации алгоритма управления необходимо определить тип и количество командных аппаратов таким образом, чтобы обеспечить выполнение требований функционирования оборудования технологической линии, то есть срабатывания командных аппаратов и исполнительных механизмов должны составлять непрерывную *логическую цепочку*.

Реализация алгоритма управления обеспечивается устройством управления, которым, как отмечалось ранее, может быть контроллер. В устройстве управления для реализации алгоритма используются исполнительные элементы командных приборов, формирующие информационные сигналы, и элементы устройств управления, воспринимающие эти сигналы.

Для возможности *формализации алгоритма ТП* и разработки *структуры управления* применим следующие буквенные обозначения:

$a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  – контакты командных приборов ручного воздействия;

$b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$  – сигналы командных приборов технологического воздействия (датчиков);

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  – катушки исполнительных устройств (магнитных пускателей и тяговых электромагнитов);

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  – контакты исполнительных устройств;

$Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n$  – катушки (или привода) реле времени (в том числе программные);

$z'_1, z'_2, z'_3, \dots, z'_n$  – контакты реле времени;

$z'_c$  – контакт суточного реле времени (либо программный сигнал устройства управления в реальном времени).

Следующим шагом в направлении алгоритмизации САУ ТП является *описание его с помощью символов*.

В таблице 3.3 приведены символы, обозначающие определенные действия, операции, состояния элементов САУ, вспомогательные обозначения, позволяющие связать отдельные элементы в цепочку причинно-следственных связей.

Таблица 3.3 – Основные обозначения в символической записи алгоритма управления

Наименование операции, условия ее осуществления	Место изображения символа	Символ	Пример
Элемент изменяет исходное состояние	Перед символом элемента	↑	↑ $b_1$ , ↑ $X_1$
Элемент возвращается в исходное положение	То же	↓	↓ $b_1$ , ↓ $X_1$
Воздействие командного элемента на воспринимающий элемент	Между обозначениями элементов	–	↓ $b_1$ –↓ $X_1$
Выполнение технологической операции (цифрой над символом обозначается наименование технологической операции)	После обозначения включения воспринимающего элемента	1, 2, ..., n	<sup>1</sup> ↑ $X_1$ –↑ $b_2$ , где 1 – открытые заслонки
Одновременное срабатывание нескольких элементов	Между обозначениями элементов		↑ $b_2$  ↑ $X_1$ ↓ $X_2$
Срабатывание последующего элемента происходит после срабатывания всех параллельных цепочек	То же		↓ $b_3$ ↑ $X_2$ ↑ $b_n$  ↑ $X_3$
<b>Вспомогательные символы</b>			
Включаемый механизм совершает вращение	Над обозначениями элемента		 $X_4, X_5$
Поступательные движения назад	То же	←	← $X_2$
Поступательные движения вперед	То же	→	→ $X_1$
<p>Примечания</p> <p>1 Элементы САУ имеют два состояния (контакт замкнут/разомкнут, исполнительный механизм включен/отключен) и символы (↑, ↓), которые обозначают состояния элементов.</p> <p>2 Вспомогательные символы облегчают чтение алгоритма, однако нанесение их не обязательно.</p> <p>3 Наименование технологических операций и требования к ним приводятся дополнительно при разработке алгоритма.</p>			

Обозначим символами командные и исполнительные элементы САУ корпоративчика в соответствии с рисунком 3.4 для составления символической записи алгоритма примера (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Буквенное обозначение командных приборов и исполнительных устройств для символической записи алгоритма

Обозначение элемента	Наименование командного прибора и исполнительного устройства	Обозначение на схеме автоматизации (рисунок 3.4)	Обозначение на принципиальной схеме (рисунки 3.14, 3.17, 3.18, 3.21)
$b_1$	Концевой выключатель, фиксирующий положение кормораздатчика под бункером	ZS1	SQ1
$b_2$	Датчик наличия корма в бункере	LS2	SL1
$b_3$	Концевой выключатель, фиксирующий открытое состояние задвижки бункера	ZS3	SQ2
$b_4$	Датчик заполнения бункера кормораздатчика	WS4	SW1
$b_5$	Концевой выключатель, фиксирующий закрытое состояние задвижки бункера	ZS5	SQ3
$b_6$	Концевой выключатель управления приводом выгрузного транспортера	ZS6	SQ4
$b_7$	Концевой выключатель, фиксирующий положение кормораздатчика в конце кормушек	ZS7	SQ5
$\rightarrow$ $X_1$	Управление приводом открытия задвижки бункера	NS10	KM1
$\leftarrow$ $X_2$	Управление приводом закрытия задвижки бункера	NS11	KM2
$\rightarrow$ $X_3$	Управление приводом кормораздатчика «вперед»	NS15	KM3
$\leftarrow$ $X_4$	Управление приводом кормораздатчика «назад»	NS17	KM4
$X_5$	Управление приводом выгрузного транспортера	NS19	KM5
$z'c$	Контакт программного суточного реле времени	Контроллер	Программа контроллера
$Z1$ и $z\grave{a}$	Катушка и контакт программного реле времени выдержки на включение реверса кормораздатчика		

В приведенном примере каждый из реверсивных электродвигателей M1 и M2 рассматривается как два исполнительных органа ( $\vec{X}_1, \overleftarrow{X}_2$ ) и ( $\vec{X}_3, \overleftarrow{X}_4$ ) соответственно.

Если какой-либо прибор не выпускается промышленностью, следует пересмотреть состав структурной схемы САУ ТП, чтобы обеспечить непрерывность



подается команда на реверс электродвигателя М1 и, соответственно, на закрытие задвижки. Возвращаются в исходное состояние датчики  $b_3$  и  $b_5$ . Отключается  $\downarrow X_2$ . Срабатывает пускатель  $\uparrow X_3$ . Начинается перемещение кормораздатчика к началу кормушек. Кормораздатчик съезжает с исходного положения (возвращается в исходное положение датчик  $\downarrow b_1$ ) и весов (возвращается в исходное положение датчик  $\downarrow b_4$ ). Кормораздатчик воздействует упором 2 на концевой выключатель  $\uparrow b_6$ , и включается привод выгрузного транспортера кормораздатчика  $\uparrow X_5$ . Начинается равномерная загрузка групповой кормушки кормом при установленной скорости вращения привода выгрузки в соответствии с рассчитанной дозой. В крайнем правом положении электроприводы кормораздатчика и выгрузного транспортера останавливаются датчиком  $\uparrow b_7$ . Срабатывает катушка программного реле времени  $\uparrow z_1$ . Отсчитывается необходимая выдержка времени (срабатывает  $\uparrow z'_1$ ). Через пускатель  $\uparrow X_4$  производится реверс электродвигателя М2. Кормораздатчик возвращается в исходное положение под накопительный бункер, где останавливается датчиком  $b_1$ .

Таблица 3.5 – Характеристика технологических операций

Обозначение технологической операции	Наименование технологической операции	Технологические требования к технологической операции
1	Открытие ЗБ	Отключение привода при заклинивании ЗБ
3	Закрытие ЗБ	То же
2	Заполнение БК кормом	Закрыть ЗБ
4	Передвижение кормораздатчика «вперед»	В конечном положении отключить передвижение
5	Раздача корма	Обеспечить нормированную раздачу корма
6	Передвижение кормораздатчика «назад»	В исходном положении отключить передвижение

*Определение реализуемости алгоритма САУ ТП.* Запись алгоритма ТП в виде символов удобна не только своей наглядностью, но и тем, что она служит основой синтеза схемы управления. Обычно для этой цели служат таблицы включений, однако для записи всего цикла работы механизмов ТП они громоздки и для определения реализуемости алгоритма воспользуемся записью в виде символов, где каждое изменение состояния командного аппарата или исполнительного органа будет рассматриваться как такт.

Под *реализуемостью* алгоритма ТП понимают возможность синтеза структуры управления без применения промежуточных реле (логических), или если они нужны, определение их количества, необходимого для реализации структуры управления.

С целью определения возможности реализации цикла каждому элементу символической записи присваивается так называемый «вес». Первому элементу присваиваем «вес», равный единице. «Вес» каждого последующего «нового» элемента удваивается (см. верхнюю строку таблицы 3.6).

Начальный вес всей схемы принимается равным нулю, независимо от того замкнут или разомкнут контакт командного аппарата, включен или отключен исполнительный орган. С каждым тактом весовое состояние схемы меняется. При изменении исходного состояния элемента к весовому состоянию схемы прибавляется весовое состояние элемента, при возвращении элемента в исходное состояние от весового состояния схемы вычитается весовое состояние элемента. Такая запись производится для всего цикла работы.

Произведем проверку реализуемости алгоритма (таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Проверка алгоритма

Такт	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Вес элемента	2	1	2	4	8	4	16	32	8	2	64	
Запись алгоритма	3	$\uparrow b_1 - \uparrow b_2 - \uparrow z'_c - \uparrow X_1 - \downarrow z'_c - \uparrow b_5 - \uparrow b_3 - \downarrow X_1 - \downarrow b_2 - \uparrow b_4$										
Вес состояния	4	1	3	7	15	11	27	59	51	49	113	

Продолжение таблицы 3.6

1	11	12	13	14	15	16	17
2	128	32	16	128	256	1	64
3	$\uparrow X_2 - \downarrow b_3 - \downarrow b_5 - \downarrow X_2 - \uparrow X_3 - \downarrow b_1 - \downarrow b_4$						
4	241	209	193	65	321	320	256

Продолжение таблицы 3.6

1	18	19	20	21	22	23	24	25
2	512	1024	512	2048	256/1024/4096	8192	16 384	2048
3	$\uparrow b_6 - \uparrow X_5 - \downarrow b_6 - \uparrow b_7$	$\left. \begin{array}{c} \downarrow X_3 \\ \downarrow X_5 \\ \uparrow Z_1 \end{array} \right\}$		$\uparrow z'_1 - \uparrow X_4 - \downarrow b_7 -$				
4	768	1792	1280	3328	6144	14 336	30 720	286 672

Окончание таблицы 3.6

1	26	27	28	29	30	31
2	4096	8192	512	512	1	16 384
3	$-\downarrow Z_1$	$-\downarrow z'_1$	$-\uparrow b_6$	$-\downarrow b_6$	$-\uparrow b_1$	$-\downarrow X_4$
4	24 576	16 384	16 896	163 984	16 385	1

Реализуемость алгоритма определяется анализом его весового состояния. На первом этапе определяется корректность записи весового состояния – весовое состояние в последнем такте цикла работы оборудования технологической линии не должно быть числом отрицательным. Кроме того, если происходит повторение значений весового состояния схемы, то для реализации алгоритма понадобится промежуточный элемент. Однако окончательное решение об использовании промежуточных элементов принимают на этапе анализа частных таблиц включения. Если повторений значений весового состояния на протяжении алгоритма нет, то он реализуем без промежуточных элементов.

Таким образом, анализируя строку 4 (таблица 3.6), можно сделать вывод: 1) алгоритм составлен верно, так как значение весового состояния в последнем такте – число положительное (1) и равно весу не отключившегося датчика  $b_1$  (датчик фиксирует дозу на несколько кормораздач); 2) имеются повторения значений весового состояния в тактах 27 и 29, но окончательный вывод о необходимости промежуточных элементов для реализации алгоритма будет сделан на основании анализа частных таблиц включения ИМ (на этапе разработки структурных формул управления).

### 3.4 Разработка структуры управления САУ ПТЛ

Математическое описание алгоритма схемы, обеспечивающей управление соответствующим ТООУ, позволяет перейти к графическому отображению принципиальной схемы и реализации управления в программе контроллера.

Разрабатываются структурные схемы САУ ПТЛ, как правило, для основного (автоматического) режима работы и затем дополняются элементами и связями, способными реализовать дополнительные режимы работы (ручной, наладочный). В данном примере кормораздачи после разработки структуры в автоматическом режиме целесообразно дополнить ее цепями аварийной звуковой сигнализации.

Разработка структурных схем САУ ПТЛ начинается с составления частных таблиц включения.

*Частные таблицы включения* составляются для всех исполнительных элементов (ИЭ) и реле времени в порядке их срабатывания при реализации алгоритма управления.

В частную таблицу включения какого-либо элемента входят из символической записи алгоритма, во-первых, данный элемент и все те командные и промежуточные элементы, от которых этот элемент срабатывает и отключается, во-вторых, некоторые другие вспомогательные элементы, необходимые для реализации данной частной таблицы включения.

В горизонтальных строках таблицы вписаны все элементы (Э). Вертикальные столбцы – это такты (Т).

При переходе от одного такта к другому меняется состояние хотя бы одного из элементов. Знаком «+» обозначается включение элемента (попадание под напряжение катушки реле магнитного пускателя, электромагнита или нажатие кнопки управления или конечного выключателя), а знаком «-» – их выключение или отпускание. Нулевой такт характеризует состояние всех элементов в начале цикла. Для удобства синтеза принимают, что в начале цикла все элементы отключены (катушки пускателей и реле не находятся под напряжением, а конечные выключатели не нажаты). Однако в реальных условиях может быть, что в начале цикла некоторые концевые выключатели будут нажаты и некоторые электромагниты или пускатели будут включены. Поэтому, хотя такое состояние элементов не повлияет на результат синтеза, при переходе структурной формулы к реальной схеме контакты концевых выключателей, нажатых в начале цикла, должны быть заменены на инверсные.

В частных таблицах включения элемент, для которого составляется таблица, с целью его отличия от других элементов, обводится кружком и помещается в таблице включения первым.

Рассмотрим пример построения частных таблиц включения и получения первоначальных структурных формул для *примера символической записи алгоритма управления ТП* кормораздачи. В частную таблицу включения элемента  $X_1$  (таблица 3.7) – открытие задвижки – согласно символической записи алгоритма (таблица 3.6) войдут элементы:  $z'_c$  – элемент пуска технологической линии;  $b_1, b_2$  – элементы, определяющие исходное состояние технологической линии (загрузка бункера кормом, нахождение кормораздатчика в исходном положении);  $b_3$  – элемент отключения  $X_1$  (достижение задвижкой крайнего положения).

При корректном заполнении таблицы включения «вес» в последнем такте должен равняться «0». Также частная таблица включений проверяется на реализуемость в интервале цикла работы элемента  $X_1$  (такты 3, 4, 5). Если алгоритм управления ТП реализуем, то с помощью его элементов можно сделать реализуемыми и все полученные из него частные таблицы включения, что и видно из данной частной таблицы включений. *Реализуемость схемы управления без дополнительных элементов* характеризуется повторяемостью весового состояния схемы. В данном случае весовое состояние не повторяется и схема может быть реализована без дополнительных элементов.

Таблица 3.7 – Таблица включений ИЭ  $X_1$

Э	Вес Э	Такты										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$X_1$	1	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
$z'_c$	2	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
$b_3$	4	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
$b_1$	8	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
$b_2$	16	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
«Вес» схемы		0	8	24	26	27	25	29	28	24	16	0

С целью упрощения анализа частной таблицы включения элемента обозначим:

- такт, предшествующий такту включенного состояния ИЭ, – *тактом срабатывания* (такт 3);

- такт, предшествующий такту отключенного состоянию ИЭ, – *тактом отпускания* (такт 6);

- такты включенного состояния ИЭ называются *рабочими тактами* ИЭ (такты 4–6), остальные такты – холостыми.

Из структурной теории релейных устройств известна следующая общая формула для определения первоначальной структуры какого-либо элемента  $X$ :

$$f(X) = f_{\text{ср}}(X) + x \cdot \overline{f_{\text{отп}}(X)}, \quad (3.2)$$

где  $f_{\text{ср}}$  – логическое произведение контактов элементов в тактах срабатывания, обеспечивающее замкнутую цепь элемента, для которого определяется структурная формула (контакт ИЭ в  $f_{\text{ср}}$  не входит);

$f_{\text{отп}}$  – логическое произведение контактов элементов в такте отпускания, обеспечивающее в этом такте замкнутую цепь элемента, для которого определяется структурная формула (контакт этого элемента в  $f_{\text{отп}}$  не входит);

$x$  – контакт ИЭ.

Определим цепь включения ИЭ  $X_1$  по таблице включений. ИЭ  $X_1$  в такте срабатывания 3 включается тогда, когда для логического произведения контактов этого такта у элементов  $z\zeta$ ,  $b_1$  и  $b_2$  будут использованы замыкающие (состояние в таблице включений «+») контакты (элемент  $b_1$  замкнется в такте 1, элемент  $b_2$  – в такте 2,  $z'_c$  – такте 3), а у элемента  $b_3$  будет использован замкнутый контакт (состояние в таблице включений «-»).

Таким образом,  $f_{\text{сп}}(X_1) = z'_c \cdot \bar{b}_3 \cdot b_1 \cdot b_2$ .

В тактах рабочего хода ИЭ  $X_1$  элементы  $z\zeta$  и  $b_3$  изменили свое состояние, а элементы  $b_1$  и  $b_2$  остались в прежнем состоянии, поэтому структурная формула в такте отпускания 6 будет иметь вид:

$$f_{\text{отп}}(X_1) = \bar{z}'_c \cdot b_3 \cdot b_1 \cdot b_2,$$

а полная структурная формула цепи управления ИЭ  $X_1$ :

$$f(X_1) = z'_c \cdot \bar{b}_3 \cdot b_1 \cdot b_2 + \overline{z'_c \cdot b_3 \cdot b_1 \cdot b_2} \cdot x_1.$$

Используя закон де Моргана (формулировка  $\overline{a \cdot b} = \bar{a} + \bar{b}$ ) и учитывая закон двойной инверсии ( $\overline{\bar{a}} = a$ ) [1, с. 68] произведем преобразование структурной формулы контактов ИЭ  $X_1$ :

$$f(X_1) = z'_c \cdot \bar{b}_3 \cdot b_1 \cdot b_2 + z'_c \cdot x_1 + \bar{b}_3 \cdot x_1 + \bar{b}_1 \cdot x_1 + \bar{b}_2 x_1.$$

В результате преобразований получена структурная формула контактов ИЭ  $X_1$ , состоящая из пяти параллельных цепей.

Для упрощения первоначальной структурной формулы контактов ИЭ  $X_1$  можно воспользоваться *таблицей покрытия*. Ее назначение – исключить из первоначальной структурной формулы ИЭ лишние слагаемые (которые или не реализуют какие-либо такты, или реализуют их с помощью дополнительных слагаемых структурной формулы). Таблицы покрытия (таблица 3.8) строятся следующим образом: в горизонтальных строках левого столбца выписываются все суммы

произведений, имеющиеся в первоначальных структурных формулах элементов, а в вертикальных столбцах – номера тактов включенного состояния данного элемента, в том числе и такта срабатывания. Такт отпускания ИЭ в таблицу покрытий не входит.

Таблица 3.8 – Таблица покрытия ИЭ  $X_1$

№	Цепи	Такты		
		3	4	5
1	$z'_c \cdot \bar{b}_3 \cdot b_1 \cdot b_2$	X	X	–
2	$\bar{b}_3 \cdot x_1$	–	X	X
3	$\bar{b}_1 \cdot x_1$	–	–	–
4	$\bar{b}_2 \cdot x_1$	–	–	–
5	$z'_c \cdot x_1$	–	X	–

Далее определяется, какими тактами реализуется каждое произведение структурной формулы, и в тех тактах, где данное произведение вызывает замкнутую цепь для элемента, ставят знак «X». Произведения, в строках которых нет ни одного знака «X», исключаются из первоначальной структурной формулы, так как они не реализуют ни одного такта. Произведения, знаки «X» которых перекрываются такими знаками другого произведения, также могут быть исключены, так как для каждого из тактов включенного состояния ИЭ достаточно замыкания всего одной цепи.

Воспользовавшись частной таблицей включений ИЭ  $X_1$  и полученной первоначальной структурной формулой ( $f(X_1)$ ), построим таблицу покрытия для ИЭ  $X_1$  (таблица 3.8) и произведем минимизацию первичной структурной формулы элементов. Для заполнения строк таблицы проанализируем состояние элементов каждой последовательной цепи (строки таблицы покрытия) по таблице включения (таблица 3.7) в тактах 3–5 (вошедших в таблицу покрытия).

Так, для первой цепи в третьем такте таблицы включений элемент  $z'_c$  имеет знак «+» (элемент сработал), следовательно, контакт в цепи замкнут, элемент  $\bar{b}_3$  в этом же такте имеет «–» (не успел сработать или разомкнуться), значит, он замкнут («–» для инверсного элемента означает замкнутое состояние в отличие от неинверсного),  $b_1$  и  $b_2$  также имеют «+», они замкнуты. Поэтому вся цепь в третьем такте замкнута, что можно обозначить знаком «X». В четвертом такте состояние данных элементов не изменилось. А в пятом такте вернулся в исходное

состояние элемент  $z\zeta$  (имеет «—»). Если разомкнут в последовательной цепи хотя бы один элемент, состояние всей цепи будет разомкнуто. Аналогично проверяют все цепи по тактам таблицы включения для заполнения таблицы покрытий. Итак, цепочка контактов 1 обеспечит замкнутую цепь в тактах 3 и 4 в соответствии с записью начального условия  $f_{cp}(X_1)$ . Цепочка контактов 2 в такте 3 будет разомкнута, так как ИЭ  $X_1$  включается в такте 4. В такте 4 замкнется и его контакт в цепочке 2 и в тактах 4–5 обеспечит замкнутую цепь. Цепочки 3 и 4 не обеспечивают замкнутую цепь ни в одном такте, так как контакты  $\bar{b}_1$  и  $\bar{b}_2$  являются инверсными контактам  $b_1$  и  $b_2$ , которые в тактах 3–5 замкнуты, значит  $\bar{b}_1$  и  $\bar{b}_2$  в этих тактах разомкнуты.

Таким образом, замкнутую цепь в тактах 3–5 обеспечат две параллельно соединенные цепочки контактов (рисунок 3.5) в соответствии с формулой управления:

$$f(X_1) = z'_c \cdot \bar{b}_3 \cdot b_1 \cdot b_2 + \bar{b}_3 \cdot x_1 = \bar{b}_3 \cdot (z'_c \cdot b_1 \cdot b_2 + x_1),$$

при этом обеспечивается перехват. В данном случае перехват происходит в такте 4, когда цепочка 1 еще не разомкнулась, а цепочка 2 уже замкнута.

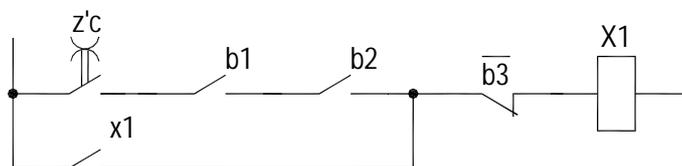


Рисунок 3.5 – Релейно-контактная структура управления ИЭ  $X_1$

*Проанализируем работу схемы.* Включение ИЭ  $X_1$  произойдет при замыкании контакта  $z\zeta$  и выполнении двух условий – заполнения бункера Б кормом (при этом замкнется контакт  $b_2$ ) и установки кормораздатчика К под бункер Б (замкнется контакт  $b_1$ ). Задвижка бункера начнет открываться. Контакты  $z\zeta$  и  $b_2$  разомкнутся, однако ИЭ  $X_1$  не отключится, так как цепь элементов  $z\zeta$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  будет заблокирована блок контактом  $X_1$ . Электрическая цепь  $\bar{b}_3 \cdot x_1$  разомкнется после полного открытия заслонки и размыкания контакта  $b_3$ . Повторного открытия заслонки после заполнения БК и закрытия заслонки не должно произойти, так как контакт  $z\zeta$  будет находиться в разомкнутом состоянии.

Для остальных исполнительных элементов аналогично разрабатывают структурные формулы управления и далее сводят в единую структурную схему управления.

Структурную формулу управления для элемента ИЭ  $X_2$  получаем на основании таблиц 3.9–3.10, структурная схема представлена на рисунке 3.6.

Таблица 3.9 – Таблица включений ИЭ  $X_2$ 

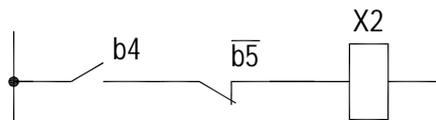
Э	Вес	Такты							
		0	1	2	3	4	5	6	7
$X_2$	1	–			+		–		
$b_4$	2	–		+					
$b_5$	4	–	+			–		–	
«Вес» схемы		0	4	6	7	3	2	0	

Таблица 3.10 – Таблица покрытий ИЭ  $X_2$ 

№	Цепи	Такты	
		2	3
1	$b_4 \cdot b_5$	X	X
2	$\bar{b}_4 \cdot x_2$	–	–
3	$b_5 \cdot x_2$	–	X

$$f_{\text{сп}}(X_2) = b_4 \cdot b_5; f_{\text{отп}}(X_2) = b_4 \cdot \bar{b}_5; f(X_2) = b_4 \cdot b_5 + \bar{b}_4 \cdot \bar{b}_5 \cdot x_2;$$

$$f(X_2) = b_4 \cdot b_5; f_{\text{н}}(X_2) = b_4 \cdot \bar{b}_5.$$

Рисунок 3.6 – Релейно-контактная структура управления ИЭ  $X_2$ 

Контакт датчика  $b_5$  в момент составления алгоритма первоначально включен, поэтому при составлении окончательной формулы требуется нормализовать его состояние, то есть в нормализованной формуле  $f_{\text{н}}(X_2)$  по сравнению с  $f(X_2)$  состояние контакта  $b_5$  изменено на инверсное. В этом случае схема рисунка 3.6 обеспечивает заданную работу ИЭ. В других цепях, включающих контакт датчика  $b_5$ , последний также нормализуется.

Структурную формулу управления для элемента ИЭ  $X_3$  получаем на основании таблиц 3.11–3.12, структурная схема представлена на рисунке 3.7.

Таблица 3.11 – Таблица включений ИЭ  $X_3$ 

Э	Вес	Такты								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
$X_3$	1	–				+			–	
$b_5$	2	–	+		–					
$b_7$	4	–						+		–
$b_4$	8	–		+			–			
«Вес» схемы		0	2	10	8	9	1	5	4	0

Таблица 3.12 – Таблица покрытий ИЭ  $X_3$ 

№	Цепи	Такты		
		3	4	5
1	$b_4 \cdot \bar{b}_5 \cdot \bar{b}_7$	X	X	–
2	$b_5 \cdot x_3$	–	–	–
3	$b_4 \cdot x_3$	–	X	–
4	$\bar{b}_7 \cdot x_3$	–	X	X

Элемент  $b_4$  введен в таблицу включений затем, чтобы в начальный момент незагруженный кормораздатчик К не начал перемещаться к кормушкам.

$$f_{\text{сп}}(X_3) = b_4 \cdot \bar{b}_5 \cdot \bar{b}_7; f_{\text{отп}}(X_3) = \bar{b}_5 \cdot \bar{b}_4 \cdot b_7; f(X_3) = b_4 \cdot \bar{b}_5 \cdot \bar{b}_7 + (b_5 + b_4 + \bar{b}_7) \cdot x_3;$$

$$f(X_3) = b_4 \cdot \bar{b}_5 \cdot \bar{b}_7 + \bar{b}_7 \cdot x_3 = \bar{b}_7 \cdot (b_4 \cdot \bar{b}_5 + x_3); f(X_3)_H = \bar{b}_7 \cdot (b_4 \cdot b_5 + x_3).$$

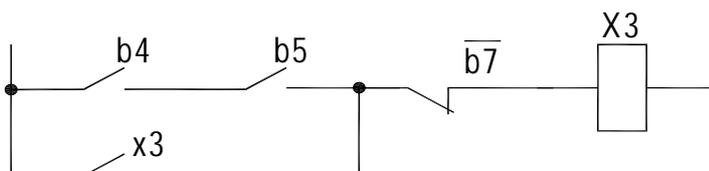


Рисунок 3.7 – Релейно-контактная структура управления ИЭ  $X_3$

Структурную формулу управления для элемента ИЭ  $X_5$  получаем на основании таблицы 3.13–3.15. Структурная схема представлена на рисунке 3.8.

Таблица 3.13 – Таблица включений ИЭ  $X_5$

Э	Вес	Такты									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	
$X_5$	1	–		+			–				
$b_6$	2	–	+		–				+	–	
$b_7$	4	–				+		–			
«Вес» схемы		0	2	3	1	5	4	0	2	0	

В данном случае за цикл работы оборудования, весовое состояние схемы 2 повторяется при рабочем и холостом ходу ИЭ  $X_5$ . Это происходит в результате того, что при первом срабатывании «+» в такте 1 происходит включение ИЭ  $X_5$ , а в такте 7 при таком же срабатывании  $b_6$  ИЭ  $X_5$  не включается. В таком случае в таблицу включения следует ввести командный элемент, который при включенном и отключенном ИЭ  $X_5$  имел разное состояние. Такими элементами могут быть  $X_3$  или  $X_4$ .

Таблица 3.14 – Таблица включений ИЭ  $X_5$ 

Э	Вес	Такты										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$X_5$	1	-			+			-				
$b_6$	2	-		+		-					+	-
$b_7$	4	-					+			-		
$x_3$	8	-	+						-			
«Вес» схемы		0	8	10	11	9	13	12	4	0	2	0

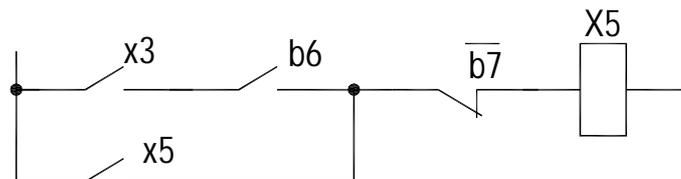
Таблица 3.15 – Таблица покрытий ИЭ  $X_5$ 

№	Цепи	Такты		
		3	4	5
1	$x_3 \cdot b_6 \cdot \bar{b}_7$	X	X	-
2	$\bar{x}_3 \cdot x_5$	-	-	-
3	$b_6 \cdot x_5$	-	X	-
4	$\bar{b}_7 \cdot x_5$	-	X	X

Значения «веса» в тактах не повторяются.

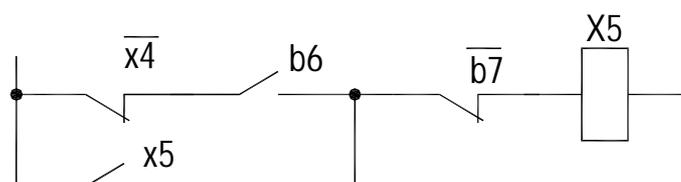
$$f_{\text{сп}}(X_5) = x_3 \cdot b_6 \cdot \bar{b}_7; \quad f_{\text{отп}}(X_5) = x_3 \cdot \bar{b}_6 \cdot b_7; \quad f(X_5) = x_3 \cdot b_6 \cdot \bar{b}_7 + (\bar{x}_3 + b_6 + \bar{b}_7) \cdot x_5;$$

$$f(X_5) = x_3 \cdot b_6 \cdot \bar{b}_7 + \bar{b}_7 \cdot x_5 = \bar{b}_7 \cdot (x_3 \cdot b_6 + x_5).$$

Рисунок 3.8 – Релейно-контактная структура управления ИЭ  $X_5$ 

При прямом движении кормораздатчика сначала замыкается контакт  $x_3$ , и при замыкании  $b_6$  включается ИЭ  $X_5$  и своим контактом блокирует цепочку контактов  $x_3 \cdot b_6$  и, таким образом, при размыкании этого контакта ИЭ  $X_5$  не выключается. Цепь размыкается при размыкании контакта  $b_7$ . При обратном движении кормораздатчика замыкание контакта  $b_6$  не вызовет включение ИЭ  $X_5$ , так как контакт  $x_3$  разомкнут.

Если в таблицу включения ИЭ  $X_5$  ввести элемент  $X_4$ , получим схему, изображенную на рисунке 3.9.

Рисунок 3.9 – Релейно-контактная структура управления ИЭ  $X_5$

Структурную формулу управления для элемента ИЭ  $Z_1$  получаем на основании таблицы 3.16, структурная схема представлена на рисунке 3.10.

Таблица 3.16 – Таблица включений ИЭ  $Z_1$

Э	Вес	Такты				
		0	1	2	3	4
$Z_1$	1	–		+		–
$b_7$	2	–	+		–	
«Вес» схемы		0	2	3	1	0

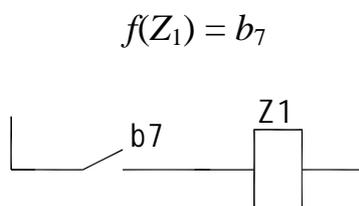


Рисунок 3.10 – Релейно-контактная структура управления ИЭ  $Z_1$

Структурную формулу управления для элемента ИЭ  $X_4$  получаем на основании таблиц 3.17–3.18, структурная схема представлена на рисунке 3.11.

Таблица 3.17 – Таблица включений ИЭ  $X_4$

Э	Вес	Такты					
		0	1	2	3	4	5
$X_4$	1	–		+			–
$z'_1$	2	–	+		–		
$b_1$	4	–				+	
«Вес» схемы		0	2	3	1	5	4

Таблица 3.18 – Таблица покрытий ИЭ  $X_4$

№	Цепи	Такты		
		1	2	3
1	$b_1 \cdot z'_1$	X	X	–
2	$\bar{b}_1 \cdot x_4$	–	X	X
3	$z'_1 \cdot x_4$	–	X	–

$$f_{\text{сп}}(X_4) = \bar{b}_1 \cdot z'_1; f_{\text{отп}}(X_4) = b_1 \cdot \bar{z}'_1; f(X_4) = \bar{b}_1 \cdot z'_1 + \bar{b}_1 \cdot x_4 + z'_1 \cdot x_4;$$

$$f(X_4) = \bar{b}_1 \cdot (z'_1 + x_4).$$

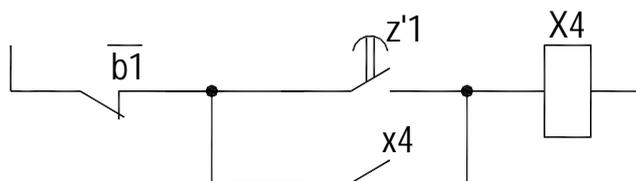


Рисунок 3.11 – Релейно-контактная структура управления ИЭ  $X_4$

Полная структурная схема САУ ТП состоит из структурных схем отдельных исполнительных механизмов (рисунок 3.12). По возможности общие контакты

следует вынести в общие цепи управления и тогда получаем минимизированный вариант структуры управления (рисунок 3.13).

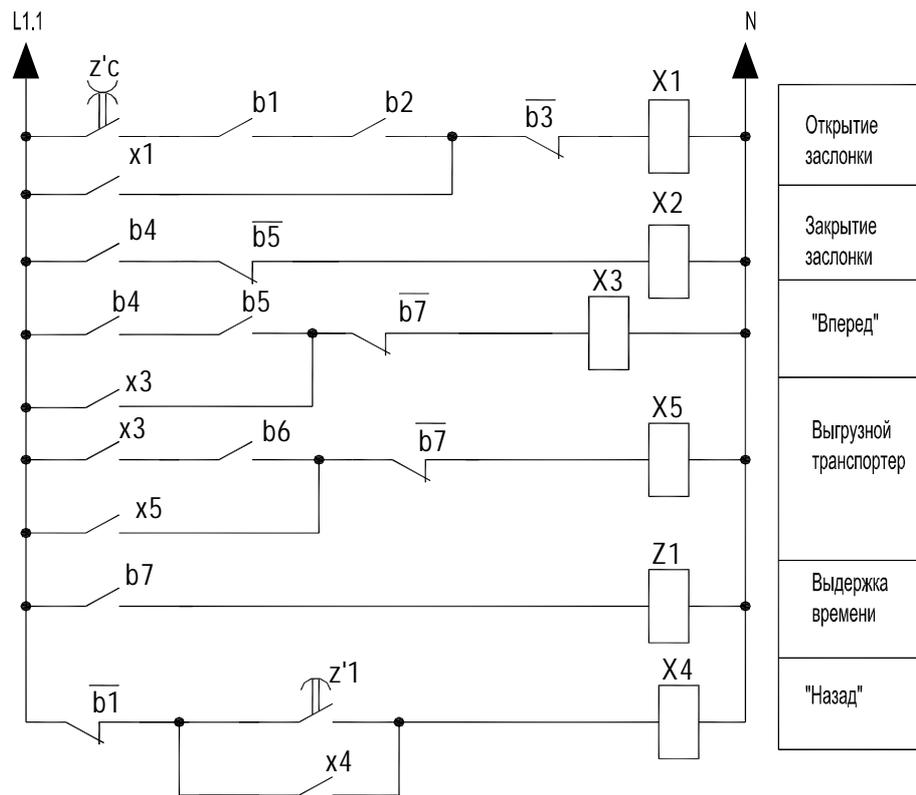


Рисунок 3.12 – Структурная схема САУ мобильным кормораздатчиком

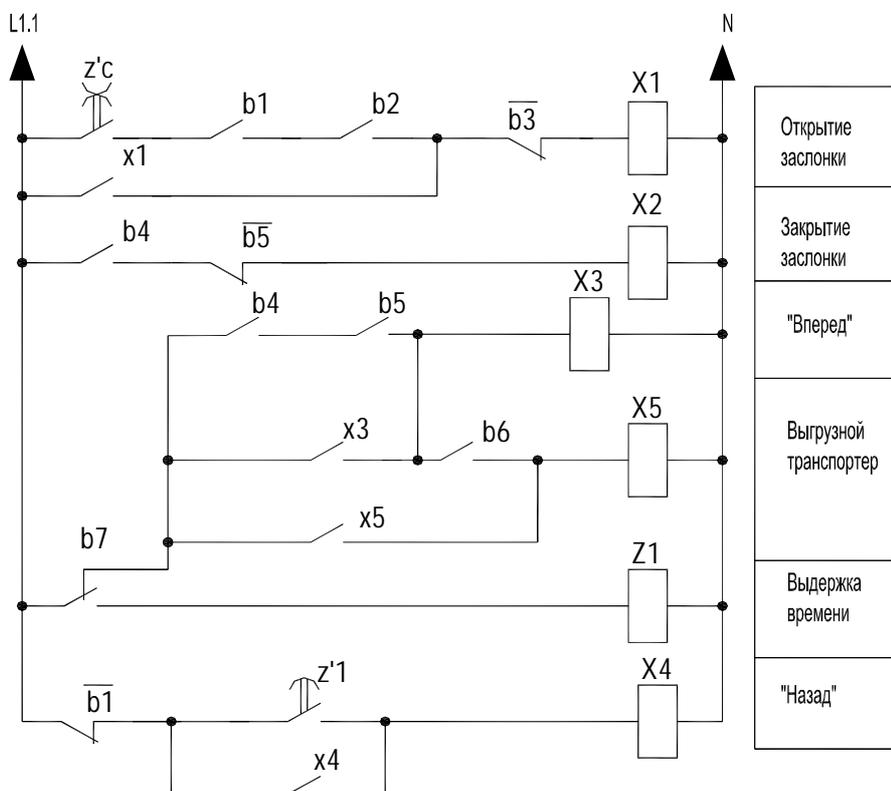


Рисунок 3.13 – Минимизированная структурная схема САУ мобильным кормораздатчиком

Далее анализируют работу полученной полной структурной схемы. При наступлении времени кормораздачи замыкается контакт суточного реле времени  $z\zeta$  и при выполнении двух условий – заполнения Б кормом (при этом замкнется контакт  $b_2$ ) и установки К под Б (замкнется контакт  $b_1$ ), будет обеспечена замкнутая цепь питания катушки  $X_1$  (цепь  $z\zeta - b_1 - b_2 - \bar{b}_3$ ). Задвижка бункера начнет открываться. Контакты  $z\zeta$  и  $b_2$  разомкнутся, однако ИЭ  $X_1$  не отключится, так как цепь элементов  $z\zeta, b_1, b_2$  будет заблокирована блок контактом  $x_1$ . Электрическая цепь  $\bar{b}_3 \cdot x_1$  разомкнется после полного открытия заслонки и размыкания контакта  $b_3$ . Идет заполнение кормораздатчика.

После заполнения кормораздатчика кормом до необходимой нормы срабатывает датчик веса  $b_4$  и замыкает цепь питания катушки  $X_2$  на закрытие задвижки, которая в крайнем левом положении воздействует на концевой выключатель  $b_5$  и останавливает катушку  $X_2$ . Одновременно подается сигнал на катушку  $X_3$ . Начинается перемещение кормораздатчика к началу кормушек. Кормораздатчик воздействует упором 2 на концевой выключатель  $b_6$ , и включается привод выгрузного транспортера кормораздатчика (катушка  $X_5$ ). Начинается равномерная загрузка групповой кормушки кормом. В крайнем правом положении электроприводы кормораздатчика и выгрузного транспортера останавливаются датчиком  $b_7$  (отключает цепи питания катушек  $X_3$  и  $X_5$ ). Одновременно  $b_7$  запитывает катушку реле времени  $Z_1$ . Спустя некоторое время (задано уставкой реле времени) контакт  $z\zeta$  запитывает катушку  $X_4$ , осуществляется реверс электродвигателя М2. Кормораздатчик возвращается в исходное положение под накопительный бункер, где останавливается датчиком  $b_1$ . Таким образом, структура управления (см. рисунок 3.13) действует в соответствии с алгоритмом. Ложных цепей срабатывания не обнаружено.

В случае использования ПЛК в качестве устройства управления, разработанная структура управления становится основой программы управления, а принципиальная электрическая схема строится по положениям руководства по эксплуатации конкретного ПЛК.

### 3.5 Выбор технических средств автоматизации

После определения со структурой САУ ТП необходимо определиться с типами технических средств автоматизации, особенности которых придется учитывать при реализации алгоритма управления. Но на последующих этапах разработки САУ можно возвращаться к выбору технических средств автоматизации.

### 3.5.1 Выбор устройства управления

Микропроцессорные устройства управления – ПЛК – выбирают по следующим параметрам:

- техническим характеристикам: количество входов/выходов, уровень напряжения питания, а также входов/выходов, быстродействие, объем памяти и др.;
- функциональным возможностям: реализация сложных логических операций, управление в режиме реального времени, беспроводное считывание сигналов, поддержка работы с базами данных и др.;
- эксплуатационным характеристикам: диапазону рабочих температур и влажности, степень защиты и др.;
- надежности: наработка на отказ, среднее время восстановления и др.;
- стоимости;
- массогабаритным характеристикам.

Характеристики некоторых распространенных ПЛК представлены в подразделе 2.4. Пример выбора приведен ниже.

### 3.5.2 Выбор датчиков

При выборе датчиков руководствуются следующими показателями:

- линейность и однозначность статической характеристики (нелинейность не более 0,1 %–0,3 %);
- стабильность характеристик во времени;
- высокая перегрузочная способность;
- высокое быстродействие и чувствительность (характерные значения измеряемых величин – в диапазоне 1/3–2/3 пределов измерений);
- инерционность прибора должна быть значительно ниже инерционности объекта.

Если передаточная функция объекта имеет вид:

$$W_{об}(P) = \frac{k_{об} \cdot e^{-\tau_{об}P}}{T_{об} \cdot P + 1}, \quad (3.3)$$

а передаточная функция датчика:

$$W_{д}(P) = \frac{k_{д} \cdot e^{-\tau_{д}P}}{T_{д} \cdot P + 1}, \quad (3.4)$$

то должны быть выполнены условия:

$$\begin{aligned} \tau_d &\leq (0,2 \dots 0,3) \tau_{об}, \\ T_d &\leq (0,2 \dots 0,3) T_{об}, \end{aligned} \quad (3.5)$$

где  $k_{об}$ ,  $k_d$  – коэффициенты передачи объекта и датчика соответственно;

$\tau_{об}$ ,  $\tau_d$  – запаздывания в объекте и датчике;

$P$  – коэффициент Лапласа;

$T_{об}$ ,  $T_d$  – постоянные времени объекта и датчика.

Выбирают датчики в два этапа:

1) по роду контролируемого параметра и условиям работы определяют разновидность датчика;

2) когда выбраны все элементы в САУ, находят типоразмер датчика.

Типоразмер датчика определяется также и возможностью подключения к входам ПЛК либо регулятора.

При выборе датчиков следует руководствоваться данными каталогов. Кроме того, принцип действия многих типов датчиков изложен в специальной литературе [11, 12].

### 3.5.3 Выбор исполнительных механизмов

Исполнительные механизмы, непосредственно сочлененные с регулирующими органами, перемещают последние в соответствии с сигналом, поступающим от устройства, формирующего закон регулирования. Они подразделяются по виду потребляемой энергии на электрические, пневматические и гидравлические. Электрические в свою очередь подразделяются на электромагнитные (выбор сводится к расчету катушки электромагнита по напряжению и развиваемому тяговому усилию) и электродвигательные, которые выбирают в зависимости от значения момента, необходимого для вращения регулирующего органа. Электродвигательные исполнительные механизмы выбирают в зависимости от значения момента, необходимого для вращения поворотных заслонок:

$$M_3 = k(M_p + M_r), \quad (3.6)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий затяжку сальников и загрязненность трубопровода (обычно  $k = 2 \dots 3$ );

$M_p$  – реактивный момент, обусловленный стремлением потока вещества закрыть регулирующий орган, Н·м;

$M_T$  – момент трения в опорах, Н·м.

Реактивный момент:

$$M_p = 0,07 \Delta P_{po} D_y^3, \quad (3.7)$$

где  $\Delta P_{po}$  – перепад давления на регулирующем органе (рекомендуется принимать равным избыточному давлению перед регулирующим органом), Па;

$D_y$  – условный диаметр регулирующего органа, м.

Момент трения в опорах:

$$M_T = 0,785 D_y^2 P_{и} r_{ш} \lambda, \quad (3.8)$$

где  $P_{и}$  – избыточное давление перед регулирующим органом, Па;

$R_{ш}$  – радиус шейки вала регулирующего органа, м;

$\lambda$  – коэффициент трения в опорах.

Момент вращения на валу выбираемого исполнительного механизма должен быть не меньше момента, необходимого для вращения заслонки:

$$M_d \geq M_z, \quad (3.9)$$

### 3.5.4 Выбор аппаратуры управления и защиты

Аппаратура управления и защиты должна обеспечивать:

1) включение и отключение электроприборов и участков сетей в нормальном режиме работы;

2) защиту от всех видов короткого замыкания и от перегрузки (в тех случаях, когда она требуется).

Порядок выбора аппаратуры управления и защиты:

1. *Определяют расчетные параметры цепи*

К расчетным параметрам цепи относят длительный и кратковременный ток линии [24, с. 139].

Длительный ток линии эквивалентен ожидаемому меняющемуся току по наиболее тяжелому воздействию на проводник – тепловому износу его изоляции.

Для ответвления к отдельному токоприемнику в качестве длительного расчетного тока принимается его номинальный ток.

Для группы токоприемников длительный ток определяют так:

$$I_{\text{дл}} = \frac{S_{\text{расч}}}{\sqrt{3} \cdot U}, \quad (3.10)$$

где  $S_{\text{расч}}$  – полная расчетная мощность линии, В·А;

$U$  – напряжение линии, В (0,4 В).

$$S_{\text{расч}} = \sqrt{P_{\text{расч}}^2 + Q_{\text{расч}}^2};$$

$$P_{\text{расч}} = \sum_{i=1}^{i=n} P_{\text{пот}i};$$

$$P_{\text{пот}} = \frac{P_{\text{н}}}{\eta_{\text{н}}} k_3;$$

$$Q_{\text{расч}} = \sum_{i=1}^{i=n} Q_{\text{расч}i};$$

$$Q_{\text{расч}i} = \frac{P_{\text{н}}}{\eta_{\text{н}}} \left[ m(1 - k_3^2) + k_3^2 \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_{\text{н}}}}{\cos \varphi_{\text{н}}} \right], \quad (3.11)$$

где  $P_{\text{расч}}$  – расчетная активная мощность группы токоприемников, Вт;

$Q_{\text{расч}}$  – расчетная реактивная мощность группы токоприемников, вар;

$P_{\text{н}}$  – мощность электродвигателя, Вт;

$\eta_{\text{н}}$  – номинальный КПД;

$k_3$  – коэффициент загрузки;

$\cos \varphi$  – номинальный коэффициент мощности;

$m$  – коэффициент, зависящий от значения предыдущего коэффициента, определяется по диаграмме (приложение Е).

Для ответвления к отдельному электродвигателю в качестве кратковременного расчетного тока принимают пусковой ток электродвигателя.

Для группы электродвигателей кратковременный ток определяют так:

$$I_{\text{кр}} = \sqrt{I_{\text{наиб}}^2 + \left( \sum I_{\text{н}} \right)^2}, \quad (3.12)$$

где  $I_{\text{наиб}}$  – пусковой ток электродвигателей или группы одновременно включаемых электродвигателей, при пуске которого(ых) кратковременный ток линии достигает наибольшего значения, А;

$\sum I_n$  – сумма номинальных токов электродвигателей, определяемая без учета тока пускаемого электродвигателя, А.

2. *Выбирают защитные аппараты и аппаратуру управления по следующим условиям [24, с. 141]:*

1 Автоматические выключатели:

$$\begin{aligned} U_{\text{ном.а.}} &\geq U_{\text{ном.л.}}; \\ I_{\text{ном.а.}} &\geq I_{\text{дл}}; \\ I_{\text{ном.расц.}} &\geq I_{\text{дл}}; \\ I_{\text{уст.эл-м.р.}} &\geq 1,25I_{\text{кр}}, \end{aligned} \quad (3.13)$$

где  $U_{\text{ном.а.}}$ ,  $U_{\text{ном.л.}}$  – соответственно номинальное напряжение аппарата и линии, В;

$I_{\text{ном.а.}}$  – номинальный ток аппарата, А;

$I_{\text{ном.р.}}$  – номинальный ток расцепителя, А;

$I_{\text{уст.эл-м.р.}}$  – ток уставки электромагнитного расцепителя, А.

2 При выборе предохранителей принимают наибольшее значение тока плавкой вставки, рассчитанного по формулам

$$\begin{aligned} I_{\text{вст}} &\geq I_{\text{дл}}; \\ I_{\text{вст}} &\geq \frac{I_{\text{кр}}}{\alpha}, \end{aligned} \quad (3.14)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, зависящий от частоты и продолжительности пусков. Для редких пусков с продолжительностью до 10 с принимают равным 2,5.

3 Тепловые реле применяют для защиты асинхронных электродвигателей от перегрузки.

4 Электромагнитные пускатели выполняют функции аппаратов дистанционного управления и отключения токоприемников при понижении напряжения, блокировку и реверсирование.

Условия выбора тепловых реле и магнитных пускателей:

$$\begin{aligned} U_{\text{ном.а.}} &\geq U_{\text{ном.л.}}; \\ I_{\text{ном.а.}} &\geq I_{\text{дл}}. \end{aligned} \quad (3.15)$$

Кроме того, учитывают необходимость дополнительных контактов пускателя в цепях управления. Если не хватает собственных контактов пускателя, то на них устанавливают контактные или пневмоприставки.

Справочные данные для выбора некоторых аппаратов защиты и коммутации приведены в приложении Д.

### 3.5.5 Пример выбора технических средств автоматизации

*Выбор ПЛК.* Как было отмечено в подпункте 3.5.1, в качестве устройства управления в последнее время рационально использовать ПЛК, который выбирают в первую очередь по функциональным возможностям, техническим характеристикам (количеству входов и выходов, роду входных и выходных сигналов (аналоговые и цифровые), напряжению питания) и, конечно, стоимости.

В случае реализации структуры управления кормораздачей, рассмотренной выше (рисунок 3.13), необходим контролер на 7 входных сигналов, один из которых аналоговый от весового устройства, а остальные – цифровые, и минимум 7 выходных сигналов: 6 – цифровых (5 сигналов на исполнительные механизмы и один на звонок аварийной сигнализации при условии, что на дисплей контроллера (либо панель оператора) будет выводиться причина аварии) и один аналоговый для связи с преобразователем частоты (в случае предоставления функции изменения нормы автоматически по времени продолжительности содержания животных на откорме). Обязательно должна быть возможность управления в режиме реального времени, так как схема включается в работу в определенное время суток.

По стоимости среди современных ПЛК минимальной ценой обладает серия  $\alpha$ -контроллеров (Mitsubishi). Для решения задачи управления кормораздатчиком можно использовать контроллер AL2-14MR-D (8 входов и 6 выходов, напряжение питания =24 В), так как он обладает требуемыми функциональными возможностями. Однако для возможности связи его с преобразователем частоты необходимо предусматривать заказ с модулем расширения, обеспечивающим аналоговый выход, – AL2-2DA (таблица 2.2). Напряжение питания, поскольку необходим аналоговый вход, должно быть =24 В (таблица 2.1).

На рисунке 3.14 показаны цепи подключения  $\alpha$ -контроллера на фрагменте принципиальной схемы при его использовании в качестве устройства управления кормораздачей.

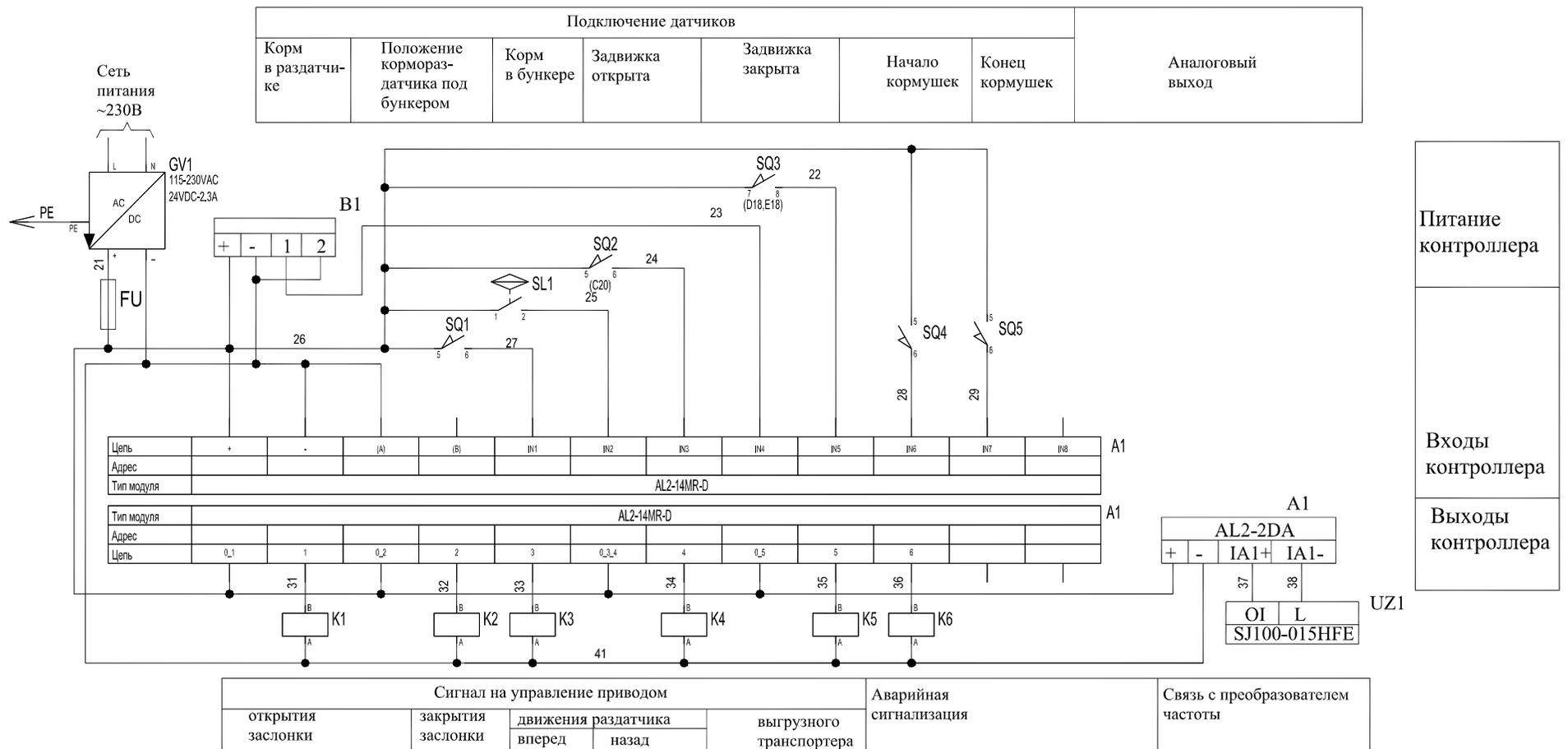


Рисунок 3.14 – Схема подключения  $\alpha$ -контроллера для реализации управления кормораздачей

Так как принято напряжение питания контроллера, равное  $\approx 24$  В, то предусмотрен блок питания GV1, сигнал на который приходит со схемы управления (230 В). Мощность блока питания должна быть достаточной с учетом питания и весового устройства. На входы IN1–IN7 контроллера A1 подключены датчики SQ1–SQ5, SL1 и приходит сигнал с весового устройства В1. Они подают сигналы о состоянии параметров процесса. В соответствии с программой управления контроллер подает сигналы на выходы 1–6. При этом данные сигналы через контакты промежуточных реле К1–К6 будут переданы к магнитным пускателям, управляющим приводами кормораздатчика. Аналоговый выход AL2-2DA контроллера A1 подает сигнал на управляющие входы преобразователя частоты.

Реализовать задачу управления кормораздачей можно и на базе контроллера серии FX. Особенностью этого контроллера является возможность подключения панели оператора, на которой могут визуализироваться технологические и аварийные сигналы. Для этого можно выбрать базовый модуль FX2N-16MR-DS с 8 входами и 8 выходами, с напряжением питания, равным  $\approx 24$  В. При этом для снятия сигнала с весового устройства необходимо использовать модуль аналогового входа, например, FX2N-2AD (2 канала). Для связи с преобразователем частоты должен быть использован модуль аналоговых выходов, например, FX2N-2DA (2 канала). Схема подключения для этого случая представлена на рисунке 3.15. Кроме того, для отображения состояния технологических параметров предусмотрим панель оператора GT1550-QLBD.

Среди брендовых контроллеров Siemens заслуживает внимания линейка недорогих и компактных контроллеров S7-1200 [9]. В одном корпусе данные контроллеры объединяют и цифровые и аналоговые входы и выходы (характеристика некоторых моделей приведена в подразделе 2.4). К ним также может подключаться панель оператора. Необходимо заметить, что программирование данных контроллеров обеспечивает среда TIA Portal, имеющая максимально дружелюбный для пользователя интерфейс. Для решения нашей задачи приемлем S7-1200 CPU1214 DC\DC\DC.

CPU1214 имеет 8 входов и 10 выходов цифровых, а также 2 аналоговых входа. Для возможности связи с преобразователем частоты необходим сигнальный модуль SM 1232 AQ 2x14Bit с двумя аналоговыми выходами. Схема подключения для этого случая представлена на рисунке 3.16.

*Выбор датчиков.* Как было отмечено в подпункте 3.5.2, датчики сперва выбирают по роду контролируемого параметра и условиям работы.

В качестве датчика уровня можно использовать мембранные и флажковые датчики уровня (СУМ-1, СУМ-1С, СУМ-1-01, СУ-1Ф), в качестве датчика заполнения кормораздатчика – весовое устройство.

Подключение датчиков							Модуль аналогового выхода
Корм в раздатчике	Положение кормораздатчика под бункером	Корм в бункере	Задвижка открыта	Задвижка закрыта	Начало кормушек	Конец кормушек	

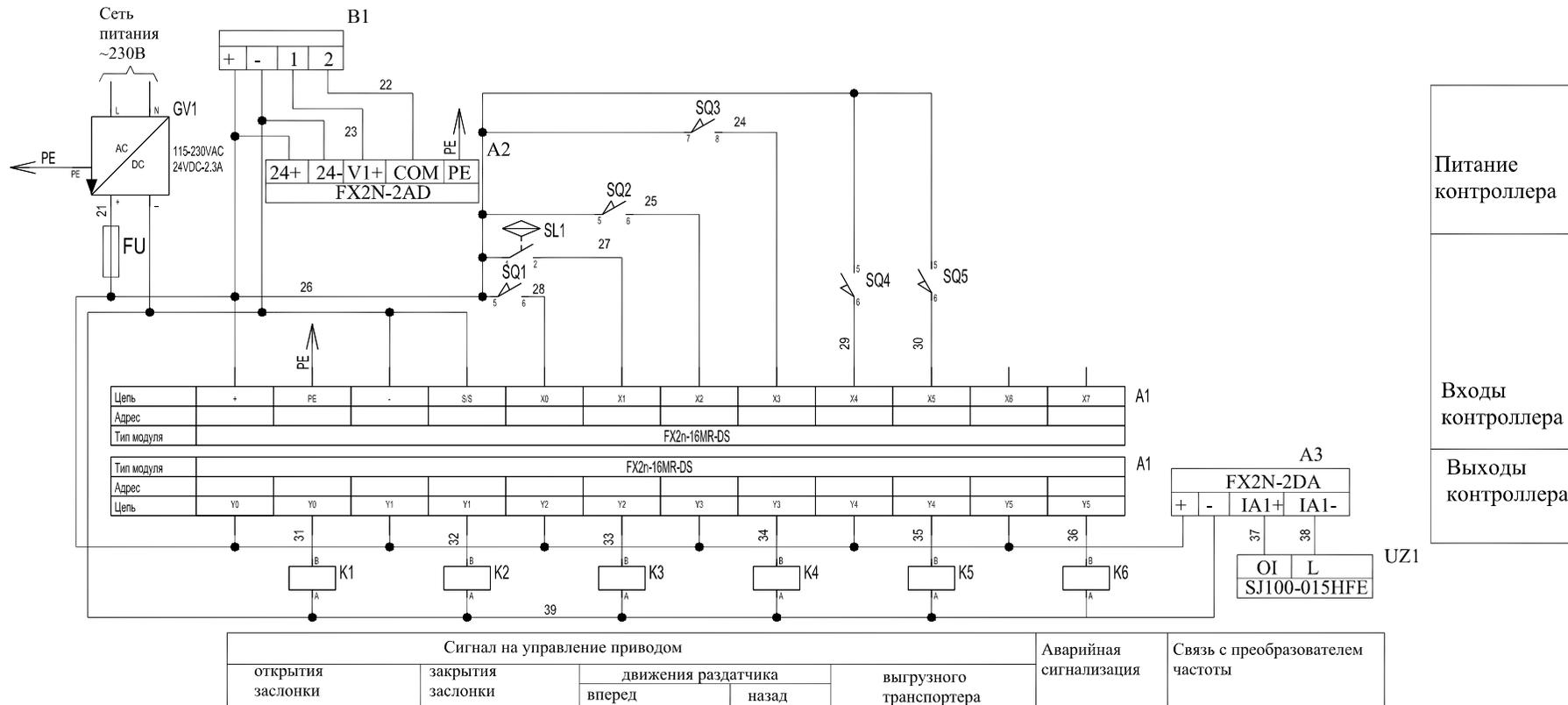


Рисунок 3.15 – Схема подключения контроллера FX2N-16MR-DS для реализации управления кормораздачей

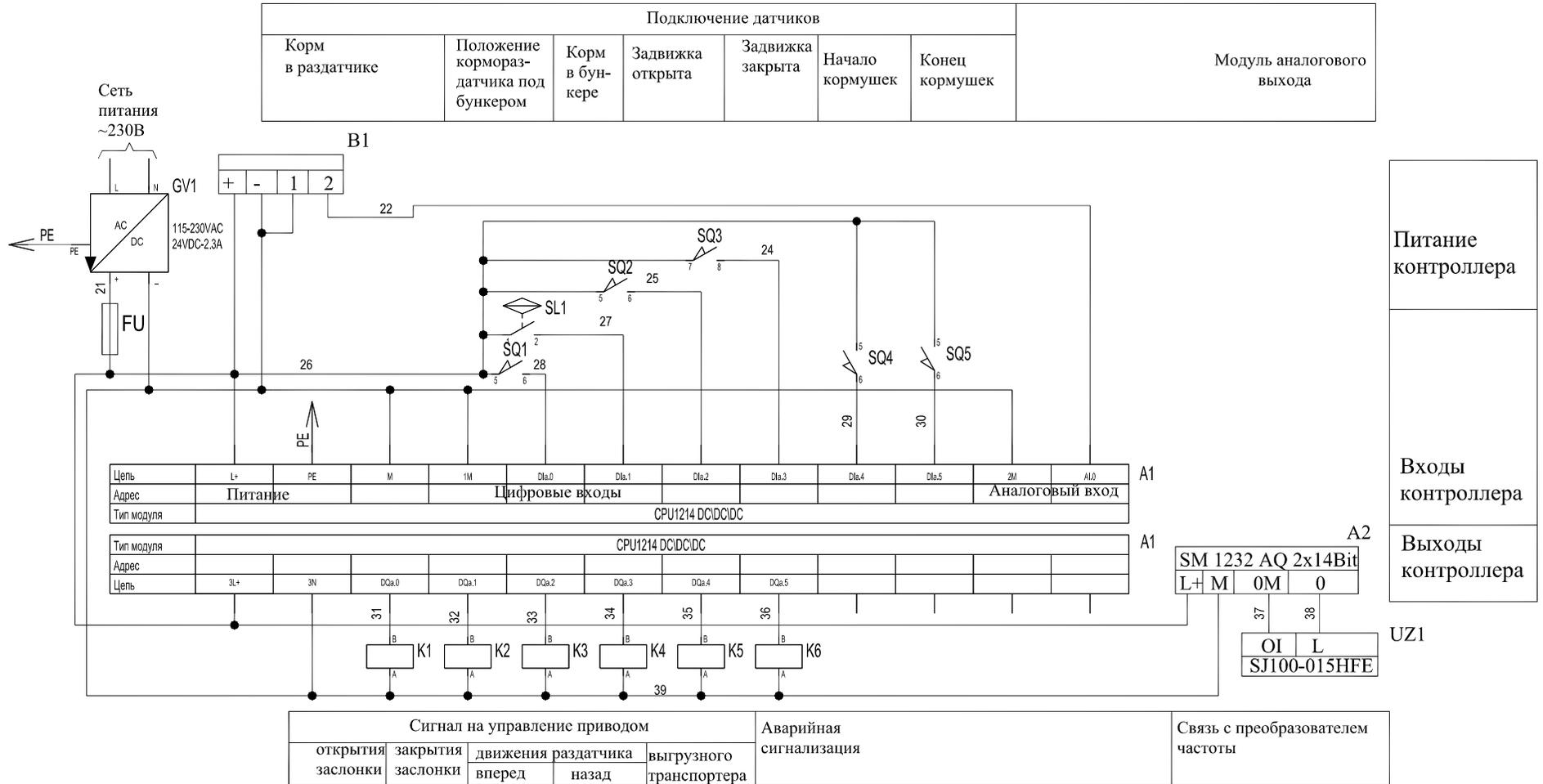


Рисунок 3.16 – Схема подключения контроллера S7-1200 CPU1214, для реализации управления кормораздачей

Далее датчики выбирают по точности и динамическим свойствам.

Остановимся на датчике уровня СУМ-1С [25], который обладает высокой чувствительностью и точной регулировкой усилия срабатывания.

В качестве весоизмерительного устройства выберем весы Геркулес Т с индикатором СИ-200А (Компания «КАСцентр») [26], обладающими высокой точностью и наличием выходного сигнала в виде унифицированного сигнала либо релейного выхода (в зависимости от заказа).

Достаточными для реализации задачи управления конструктивными возможностями обладают концевые выключатели серии ВП [27].

*Выбор аппаратуры управления и защиты.* Определяем длительный ток на вводе в щит управления по формулам (3.10) и (3.11). Значения коэффициентов и параметров для электродвигателей можно взять из справочной литературы либо [28, приложение Л]. Коэффициент загрузки электродвигателей принимаем равным 0,5. Остальные исходные данные принимаем согласно таблицы 3.1.

$$P_{\text{пот}} = \frac{P_{\text{н}}}{\eta_{\text{н}}} k_3 = \frac{0,75 \cdot 0,5}{0,73} + \frac{1,1 \cdot 0,5}{0,79} + \frac{1,5 \cdot 0,5}{0,81} = 2,14 \text{ кВт.}$$

$$Q_{\text{расч}i} = \frac{P_{\text{н}}}{\eta_{\text{н}}} \left[ m(1 - k_3^2) + k_3^2 \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_{\text{н}}}}{\cos \varphi_{\text{н}}} \right] = \frac{0,75}{0,73} \left[ 0,5(1 - 0,5^2) + 0,5^2 \frac{\sqrt{1 - 0,5776}}{0,76} \right] +$$

$$+ \frac{1,1}{0,79} \left[ 0,5(1 - 0,5^2) + 0,5^2 \frac{\sqrt{1 - 0,69}}{0,83} \right] + \frac{1,5}{0,81} \left[ 0,5(1 - 0,5^2) + 0,5^2 \frac{\sqrt{1 - 0,72}}{0,85} \right] =$$

$$= 2,5 \text{ кВар.}$$

$$S_{\text{расч}} = \sqrt{P_{\text{расч}}^2 + Q_{\text{расч}}^2} = \sqrt{2,14^2 + 2,5^2} = 3,3 \text{ кВА.}$$

$$I_{\text{дл}} = \frac{S_{\text{расч}}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{3,3}{1,73 \cdot 0,4} = 4,8 \text{ А.}$$

Определяем кратковременный ток на вводе в щит управления:

$$I_{\text{кр}} = \sqrt{I_{\text{наиб}}^2 + \left( \sum I_{\text{н}} \right)^2} = \sqrt{(3 \cdot 7)^2 + 3,7^2} = 21,32 \text{ А.}$$

В качестве наибольшего тока принимаем пусковой ток двигателя МЗ, номинальные токи остальных двигателей составляют сумму  $\Sigma I_n$ .

Выбираем автоматический выключатель с электромагнитным расцепителем согласно условий выбора (3.13) и данных таблицы Д.5 (приложение Д).

$$U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.л}}; \text{ т. е. } 400 \text{ В} = 400 \text{ В};$$

$$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{дл}}; \text{ т. е. } 25 \text{ А} > 4,8 \text{ А};$$

$$I_{\text{ном.расц}} \geq I_{\text{дл}}; \text{ т. е. } 6,3 \text{ А} > 4,8 \text{ А};$$

$$I_{\text{уст.эл-м.р}} \geq 1,25 I_{\text{кр}}; \text{ т. е. } 12 \cdot 25 \text{ А} > 1,25 \cdot 21,32 \text{ А};$$

$$300 \text{ А} > 26,65 \text{ А}.$$

По этим данным выбираем автоматический выключатель на вводе АЕ-2033 с номинальным током 25 А и током расцепителя 6,3 А.

Для защиты электродвигателя задвижки ( $P_n = 0,75$  кВт) выбираем автоматический выключатель АЕ-2033 с номинальным током 25 А и током расцепителя 1,6 А по условиям:

$$U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.л}}; \text{ т. е. } 400 \text{ В} = 400 \text{ В};$$

$$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{дл}}; \text{ т. е. } 16 \text{ А} > 1,5 \text{ А};$$

$$I_{\text{ном.расц}} \geq I_{\text{дл}}; \text{ т. е. } 1,6 \text{ А} > 1,5 \text{ А};$$

$$I_{\text{уст.эл-м.р}} \geq 1,25 I_{\text{кр}}; \text{ т. е. } 12 \cdot 16 \text{ А} > 1,25 \cdot 10,5 \text{ А};$$

$$192 \text{ А} > 13 \text{ А}.$$

Для защиты электродвигателя кормораздатчика ( $P_n = 1,1$  кВт) выбираем автоматический выключатель АЕ-2033 с номинальным током 25 А и током расцепителя 2,5 А по условиям:

$$U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.л}}; \text{ т. е. } 400 \text{ В} = 400 \text{ В};$$

$$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{дл}}; \text{ т. е. } 16 \text{ А} > 2,2 \text{ А};$$

$$I_{\text{ном.расц}} \geq I_{\text{дл}}; \text{ т. е. } 2,5 \text{ А} > 2,2 \text{ А};$$

$$I_{\text{уст.эл-м.р}} \geq 1,25 I_{\text{кр}}; \text{ т. е. } 12 \cdot 16 \text{ А} > 1,25 \cdot 15,4 \text{ А};$$

$$192 \text{ А} > 19 \text{ А}.$$

Для защиты электродвигателя выгрузного транспортера ( $P_n = 1,5$  кВт) выбираем автоматический выключатель АЕ-2033 с номинальным током 25 А и током расцепителя 3 А по условиям:

$$U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.л}}; \text{ т. е. } 400 \text{ В} = 400 \text{ В};$$

$$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{дл}}; \text{ т. е. } 16 \text{ А} > 3 \text{ А};$$

$$I_{\text{ном.расц}} \geq I_{\text{дл}}; \text{ т. е. } 3,15 \text{ А} > 3 \text{ А};$$

$$I_{\text{уст.эл-м.р}} \geq 1,25I_{\text{кр}}; \text{ т. е. } 12 \cdot 16 \text{ А} > 1,25 \cdot 21 \text{ А};$$

$$192 \text{ А} > 26,25 \text{ А}.$$

Также могут быть использованы модульные автоматические выключатели (таблица Д.6): на вводе ВА47-29-3Д6УХЛ4, для защиты электродвигателей соответственно ВА47-29-3Д1,6УХЛ4, ВА47-29-3Д3УХЛ4, ВА47-29-3Д3УХЛ4.

#### *Пример выбора теплового реле*

Согласно данным таблицы Д.7 и условий выбора неравенства (3.15) получаем результат выбора, представленный в таблице 3.19.

Таблица 3.19 – Результаты выбора тепловых реле

Наименование механизма	Тип электродвигателя, мощность	Тип теплового реле	Характеристики теплового реле
Заслонка	АИР71В4 $P_n = 0,75$ кВт	РТЛ-1006	$I_n = 25$ А $I_{\text{н. т. расц}} = 1,6$ А
Перемещение кормораздатчика	АИР71В2 $P_n = 1,1$ кВт	РТЛ-1007	$I_n = 25$ А $I_{\text{н. т. расц}} = 2,6$ А
Выгрузной шнек	АИР80А2 $P_n = 1,5$ кВт	РТЛ-1008	$I_n = 25$ А $I_{\text{н. т. расц}} = 4$ А

#### *Пример выбора магнитного пускателя*

Пускатели выбираем по тем же условиям неравенства (3.15), что и реле, согласно приложению Д, но также учитываем необходимое количество дополнительных контактов (если у самого пускателя контактов не хватает, выбираем также контактную приставку, которая навешивается на пускатель).

Получаем для всех трех электродвигателей ПМЛ-11004.

Информацию по выбранным техническим средствам и аппаратуре заносят в перечень элементов к принципиальной схеме.

### **3.6 Разработка полной принципиальной электрической схемы управления, защиты и сигнализации**

Принципиальные электрические схемы обычно являются основными и важнейшими техническими материалами проекта, базирующегося на использовании в системах управления электрической аппаратуры. Любое изделие или установка, содержащая взаимодействующие электрические элементы и устройства, обязательно имеет в составе технической документации одну или несколько принципиальных схем.

*Принципиальная (полная) схема* – это схема, определяющая полный состав элементов и связей между ними и, как правило, дающая детальное представление о принципах работы установки или изделия.

Принципиальные схемы управления состоят из силовых цепей или цепи главного тока и из вспомогательных цепей. По функциональному назначению могут быть: вспомогательные цепи управления технологическими процессами, регулирования, защиты, измерения и сигнализации. При всем многообразии принципиальных электрических схем управления технологическими процессами и степени их сложности они представляют определенным образом составленное сочетание отдельных, достаточно элементарных электрических цепей и типовых функциональных узлов, в заданной последовательности выполняющих ряд стандартных операций. Под *стандартными операциями* следует понимать передачу командных сигналов к органам управления или сигналов измерения к исполнительным органам, усиление или размножение командных сигналов, их сравнение, превращение кратковременных сигналов в длительные и, наоборот, блокировку сигналов и т. д.

*Принципиальная электрическая схема управления* разрабатывается в соответствии с алгоритмом управления технологического процесса и дополняется типовыми принципиальными схемами регулирования, защиты и сигнализации. Выбор типовых схем осуществляется в соответствии с общим комплексом вопросов, связанных с контролем, управлением и регулированием данного объекта, определенным в начальной стадии проектирования и обеспечивающим надежность, простоту, удобство оперативной работы, эксплуатации и четкость действия схемы при аварийных режимах.

Полная принципиальная схема служит основанием для разработки монтажных таблиц щитов и пультов, схем соединений внешних проводок и других документов проекта. Принципиальными схемами пользуются для изучения принципов работы изделий, а также при их наладке, контроле и ремонте.

Основные требования к оформлению принципиальных электрических схем управления, регулирования контроля и сигнализации приведены в приложении Д.

Разработаем полную принципиальную электрическую схему управления для нашего варианта управления кормораздачей. Согласно описанию технологического процесса в состав оборудования входит три электродвигателя, два из которых являются реверсивными. Силовые цепи строятся по типовым правилам. Для защиты цепей от токов короткого замыкания должны быть предусмотрены аппараты защиты. QF2–QF4 защищают электродвигатели М1–М3 (рисунок 3.17). QF1 защищает в целом схему управления. Дистанционный пуск электродвигателей обеспечивают магнитные пускатели КМ1–КМ5. Реверс электродвигателей М1 и М2 обеспечивается двумя группами магнитных пускателей: КМ1 и КМ3 запускают электродвигатели М1 и М2 в прямом направлении, КМ2 и КМ4, обеспечивая чередование фаз, запускают электродвигатели М1 и М2 в обратном направлении. Для защиты от перегрузки предназначены тепловые реле КК1–КК2. Для привода выгрузного транспортера предусмотрено частотное регулирование по образцу рисунка 2.20. При этом типовые схемы подключения частотного преобразователя взяты из руководства [13]. В этом случае от перегрузки защищает преобразователь частоты (тепловое реле не предусмотрено). Электродвигатель для обеспечения безопасной работы должен быть заземлен.

*Вспомогательные цепи (цепи управления).* Защиту цепей управления обеспечит однополюсный автоматический выключатель SF1 (рисунок 3.18). Учитывая требование, что управление оборудованием должно быть обеспечено в двух режимах и необходимо их разделить, следует предусмотреть для этого переключатель. Диаграмма работы переключателя SA1 приведена на рисунке 3.17. В соответствии с диаграммой контакт 13–14 переключателя SA1 (положение рукоятки I) обеспечивает работу схемы в ручном режиме, контакт 23–24 – в автоматическом режиме (положение рукоятки II). В нулевом положении ни один из контактов переключателя SA1 не замкнут (рисунок 3.18). Положение рукоятки в пространстве по отношению к вертикали (нулевое положение) обозначено –45 и +45.

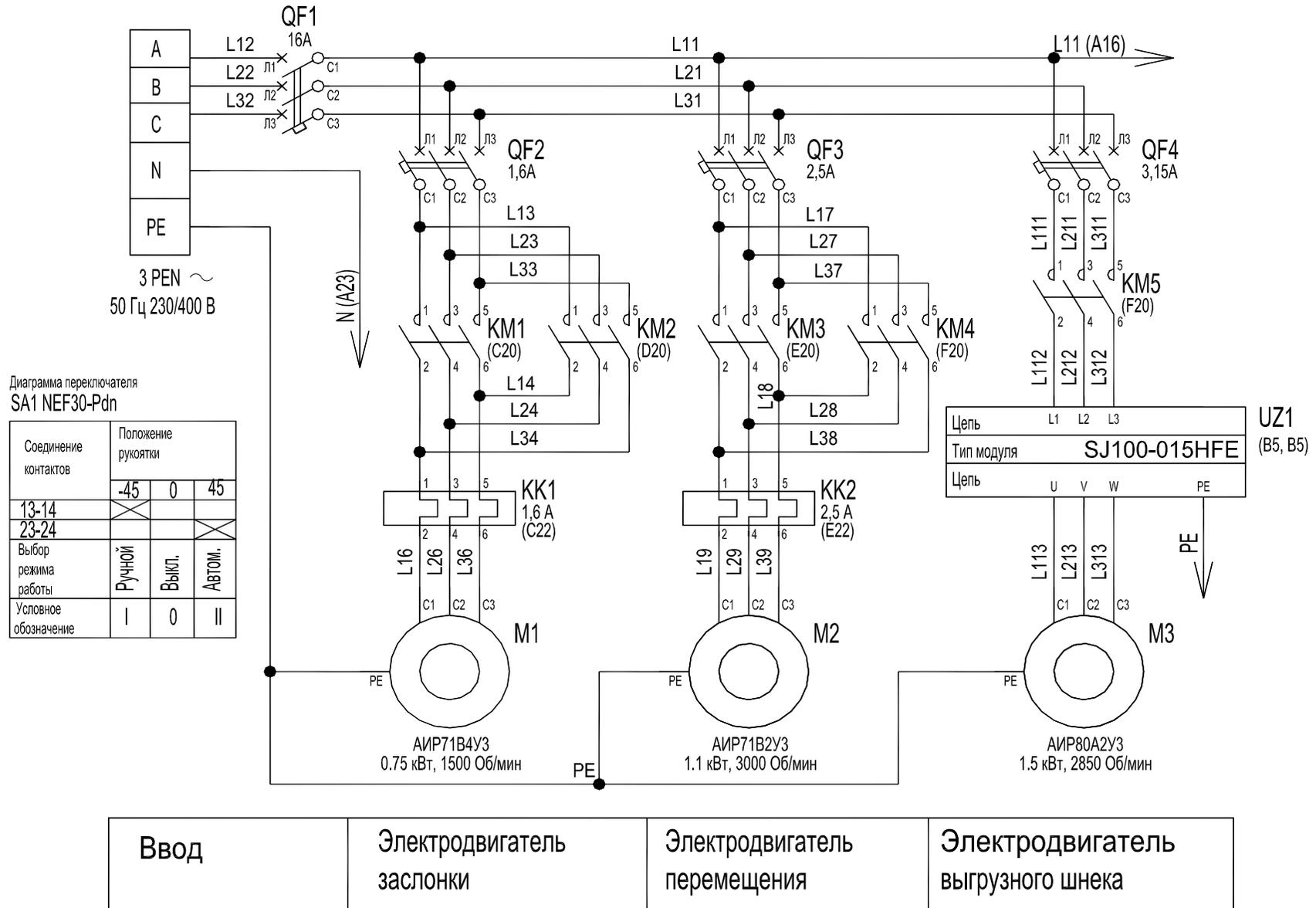


Рисунок 3.17 – Силовая часть принципиальной электрической схемы управления кормораздатчиком

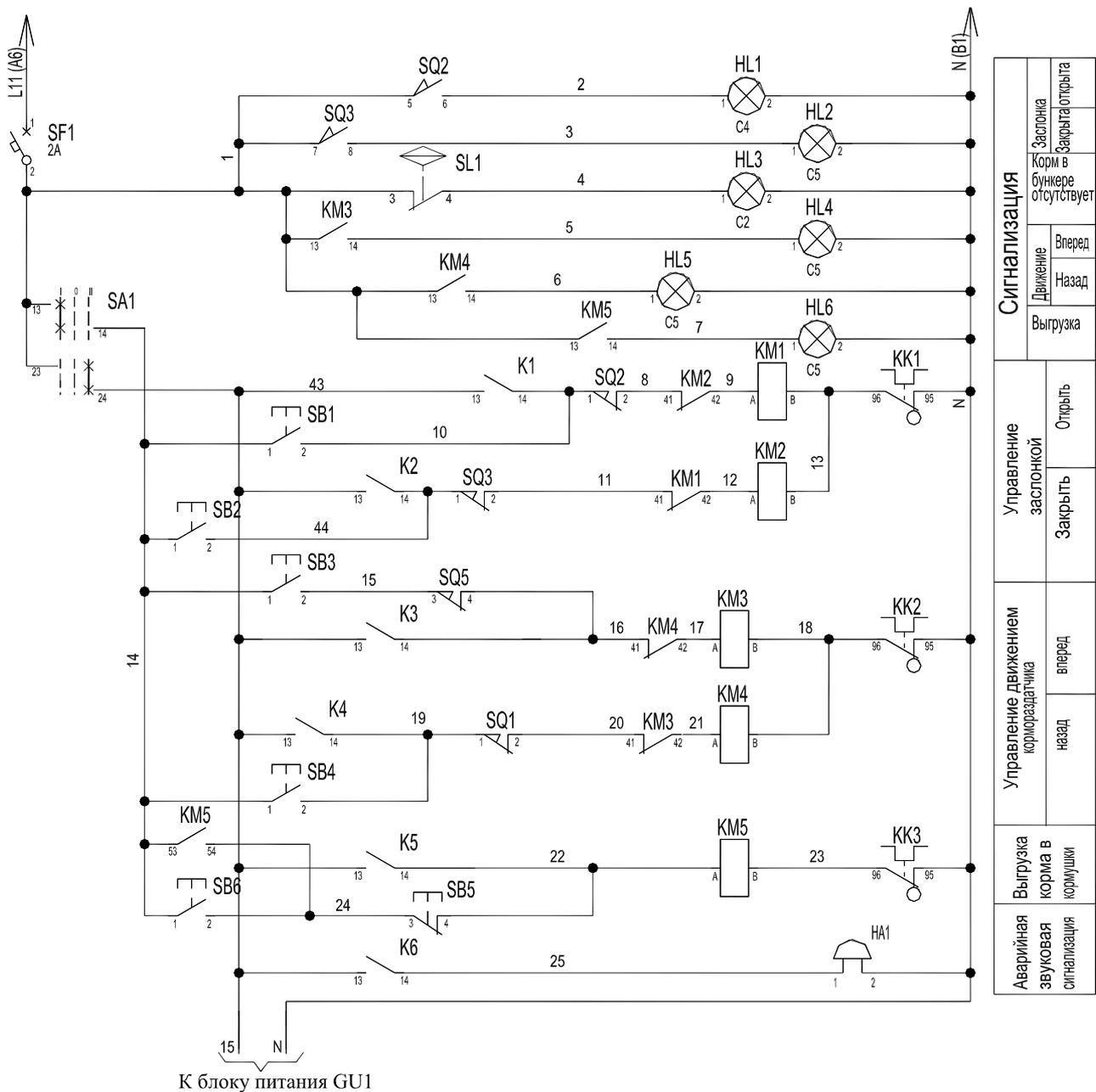


Рисунок 3.18 – Цепи управления и сигнализации на принципиальной электрической схеме

В автоматическом режиме соответствующую катушку магнитного пускателя для управления двигателем включает/отключает контакт промежуточного реле K1–K5. В ручном режиме управляют с помощью кнопок.

Цепи ручного управления содержат или кнопки «Пуск», «Стоп» и блокировочный контакт для управления пускателем нереверсивного электродвигателя (например, кнопки SB4, SB5 и контакт KM5 на рисунке 3.19) или кнопку «Пуск» (например, SB1), которая подает питание через блокировочный контакт концевого выключателя на катушку пускателя при управлении реверсивным электродвигателем (рисунок 3.20). Запускают электродвигатель вручную кнопкой SB4. Далее ее отпускают, но блок-контакт KM5 удерживает замкнутой

цепь питания катушки пускателя (KM5). Разрывают цепь питания кнопкой SB5. Привод останавливается.

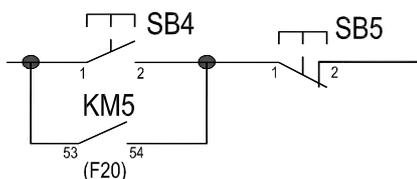


Рисунок 3.19 – Пример организации цепей ручного управления

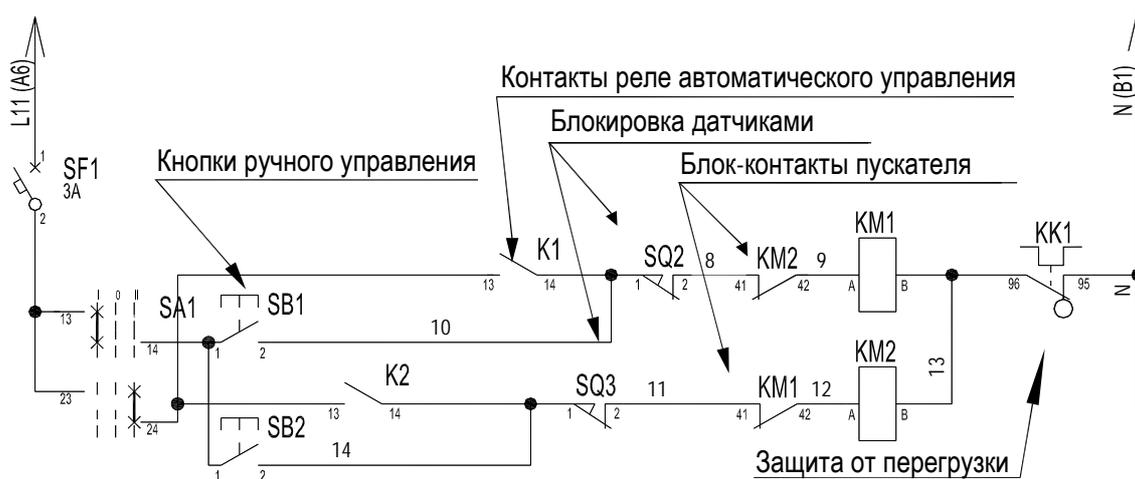


Рисунок 3.20 – Пример построения схемы управления реверсивным электродвигателем

В случае управления реверсивным электродвигателем должны быть предусмотрены блокировочные контакты, исключающие возможность включения электродвигателя одновременно в обоих направлениях – нормально-замкнутые контакты KM1 и KM2 в цепях питания соответствующих катушек. Кроме того, для обоих режимов предусматривается блокировка контактами датчиков – конце-вые выключатели SQ2 и SQ3 должны остановить двигатель в крайних положениях (заслонка полностью открыта либо полностью закрыта).

В соответствии с требованиями ГОСТ 2.755 (приложение Д) переведем обозначения аппаратов в структурной схеме в условные графические обозначения (УГО) аппаратов на принципиальной схеме (таблица 3.20). Цепи управления в соответствии с принятыми УГО представлены на рисунках 3.14, 3.18.

В верхней части схемы реализована технологическая сигнализация – HL1–HL6. Показана сигнализация крайних положений заслонки лампами сигнализации HL1 и HL2, отсутствие корма в бункере – HL3, крайних положений кормораздатчика – HL4 и HL5, работы выгрузного устройства – HL6. Нижняя цепь на схеме управляет аварийной звуковой сигнализацией HA1.

Таблица 3.20 – Перевод обозначений в структурной схеме в УГО принципиальной схемы

Обозначение элемента в структуре (рисунок 3.13)	Наименование командного прибора и исполнительного устройства	УГО на принципиальной схеме (рисунки 3.14–3.18)
$b_1$	Концевой выключатель, фиксирующий положение кормораздатчика под бункером	
$b_2$	Датчик наличия корма в бункере	
$b_3$	Концевой выключатель, фиксирующий открытое состояние задвижки бункера	
$b_4$	Датчик заполнения бункера кормораздатчика	
$b_5$	Концевой выключатель, фиксирующий закрытое состояние задвижки бункера	
$b_6$	Концевой выключатель управления приводом выгрузного транспортера	
$b_7$	Концевой выключатель, фиксирующий положение кормораздатчика в конце кормушек	
$\rightarrow$ $X_1$	Управление приводом открытия задвижки бункера	
$\leftarrow$ $X_2$	Управление приводом закрытия задвижки бункера	
$\rightarrow$ $X_3$	Управление приводом кормораздатчика «вперед»	
$\leftarrow$ $X_4$	Управление приводом кормораздатчика «назад»	
$X_5$	Управление приводом выгрузного транспортера	
$z'c$	Контакт суточного реле времени	Реализуются программно
$Z1$ и $z'1$	Катушка и контакт реле времени выдержки на включение реверса кормораздатчика	в программе контроллера

Требование изменения дозы корма с помощью преобразователя частоты может быть обеспечено, если к управляющим входам преобразователя UZ1 подключить переменный резистор, отградуированный в единицах корма (рисунок 3.21). Сигнал на разрешение выдачи корма подает контакт KM5. Для индикации частоты вращения двигателя МЗ можно использовать вольтметр PV1 (сигнал напряжения на вольтметре пропорционален частоте вращения). Лампы HL8, HL9 сигнализируют об аварийных режимах работы двигателя МЗ.

Многие датчики (весовое устройство, датчик уровня) в соответствии с выбранным типом имеют только один контакт. Поэтому для использования в схеме управления сигналами от этих датчиков в нескольких точках, приходится размножать контакты этих датчиков с помощью промежуточных реле KV1–KV2 (рисунок 3.22), а затем контакты этих реле используют ниже в схеме управления.

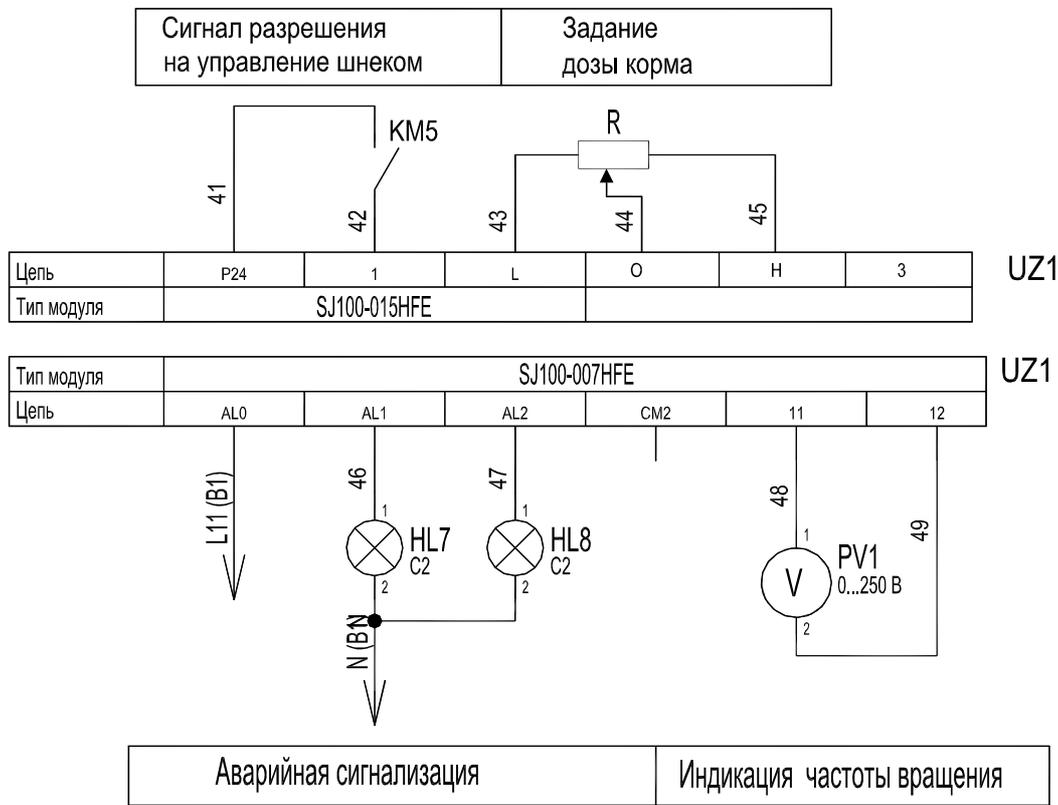


Рисунок 3.21 – Подключение управляющих входов преобразователя частоты

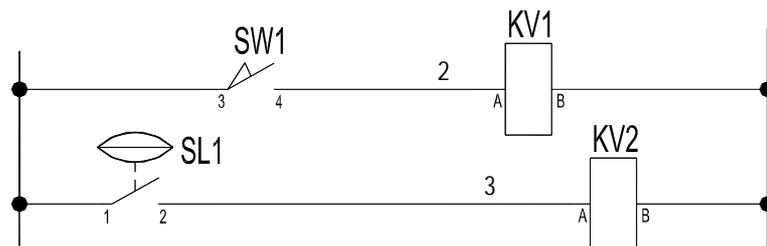


Рисунок 3.22 – Размножение контактов датчиков с помощью промежуточных реле

*Описание работы принципиальной электрической схемы.* Чтение схемы осуществляют в целом и по силовой части, и по цепям управления (совместно рисунки 3.17, 3.14, 3.18 и 3.21). Питание на схему подает автоматический выключатель QF1. Защита электроприводов обеспечивается автоматическими выключателями QF2–QF4. Цепи управления запитывает автоматический выключатель SF1. Разделение режимов работы обеспечивает переключатель SA1. Согласно диаграмме, для работы схемы управления в автоматическом режиме рукоятку переключателя следует установить в положение II, в случае ручного управления – в положение I. В случае ручного управления сигнал на включение (или отключение) соответствующего электродвигателя подается с помощью кнопок SB1–SB6. Кнопки SB1–SB4 запускают электродвигатели в толчковом режиме.

Заслонка закрыта, поэтому контакт SQ3 запитывает лампу сигнализации HL2.

В случае автоматического управления (переключатель SA1 установлен в положение II) сигнал на пуск линии кормораздачи подает контроллер A1. Работа линии кормораздачи осуществляется по алгоритму управления, реализованному в программе контроллера. На входы IN1–IN7 контроллера A1 датчики SQ1–SQ5, SL1 и B1 подают сигналы о состоянии параметров процесса. В соответствии с программой управления контроллер подает сигналы на выходы 1–6.

После наступления времени кормораздачи A1 подает сигнал на K1 (рисунок 3.14), если на входе контроллера датчик уровня SL1 фиксирует наличие корма в бункере (контакт датчика замкнут), реле K1 своим контактом через контакт SQ2 запитает катушку пускателя KM1 (рисунок 3.18) и он силовыми контактами подает питание на реверсивный электродвигатель M1 (рисунок 3.17). Когда заслонка полностью откроется, сработает контакт SQ2 (разомкнется) и контроллер A1 обесточит катушку K1 и отключит пускатель KM1 и, следовательно, будет отключен M1. При этом идет загрузка кормораздатчика кормом из бункера. По сигналу датчика веса B1 (кормораздатчик загружен) контроллер A1 через реле K2 включит катушку KM2. Закрывается заслонка бункера, сработает SQ3, контроллер A1 подаст сигнал на движение кормораздатчика к кормушкам. Когда кормораздатчик доедет к началу кормушек, сработает концевик SQ4 и контроллер A1 включит катушку KM5, а та включит контактами цепь питания привода выгрузного шнека M3 и подаст разрешающий сигнал на преобразователь частоты UZ1. Последний в соответствии

с заданной нормой (рукоятка резистора R) установит скорость вращения привода выгрузного шнека МЗ (рисунок 3.21). В конце кормушек сработает концевик SQ5, и контроллер А1 отключит катушки КМ3 и КМ5 и включит программное реле времени с задержкой на обратный ход кормораздатчика. Кормораздатчик остановится, отключится выгрузное устройство. Отсчитав выдержку времени, контроллер А1 включит катушку пускателя КМ4. Кормораздатчик будет перемещаться в исходное состояние, пока концевой выключатель SQ1 не подаст сигнал на контроллер для отключения катушки КМ4. Для реализации алгоритма управления должна быть написана программа управления по принципам, изложенным в подразделе 3.7.

В случае, когда контроллер также управляет установленной дозой выдачи, необходимо реализовать связь контроллера А1 с управляющими входами преобразователя частоты (рисунок 3.14). В соответствии со временем, фиксирующим возраст животных, программно будет формироваться сигнал с помощью модуля аналогового выхода AL2-2DA на управляющие входы преобразователя частоты UZ1, который установит скорость вращения привода выгрузного шнека МЗ. Установленную дозу корма можно отследить по информации на дисплее контроллера.

В случае аварийной ситуации (незавершение открытия или закрытия задвижки либо незавершение кормораздачи) реле К6 с выхода б контроллера А1 подаст сигнал на звонок НА1. При этом на дисплее контроллера будет высвечиваться сообщение о причине аварии.

Сведения об элементах принципиальной схемы размещают в перечне элементов. Форма перечня представлена на рисунке 3.23. Пример выполнения перечня для принципиальной схемы на базе  $\alpha$ -контроллера (рисунки 3.14, 3.17, 3.18) приведен на рисунках 3.24 и 3.25.



Рисунок 3.23 – Форма перечня элементов принципиальной электрической схемы

РЕ	Позиц. обозначения	Наименование	Кол.	Примечание	
	A1	Контроллер AL2-14MR-D с модулем AL2-2DA	1		
	B1	Весовой индикатор CI-2001A REP. OF KOREA, CAS CORPORATION, Catalogue WE WEIGH THE WORD™2000	1		
	GV1	Источник стабилизированного питания CP-SNT 160W, 5MBC.6,5A Germany, Paderborn, Weldmuller	1		
	HL1	Светодиодная индикаторная лампа СКЛ 11. В-Ж-2-220, желтый ЕНСК.433137.011 ТУ	1		
	HL2,HL4, HL5,HL6	Светодиодная индикаторная лампа СКЛ 11. В-Л-2-220, зеленый ЕНСК.433137.011 ТУ	4		
	HL3	Светодиодная индикаторная лампа СКЛ 14. В-К-2-220, красный ЕНСК.433137.014 ТУ	1		
	K1...K6	Реле малогабаритное R4-2014-23-1024, 24 VDC, 4П	6		
	KK1	Реле тепловое РТТ-111УХЛ4, 1.6 А ТУ16-647.024-85	1		
	KK2	Реле тепловое РТТ-111УХЛ4, 2.5 А ТУ16-647.024-85	1		
	KM1...KM5	Пускатель магнитный ПМЛ-110004А, 50 Гц, 220 В ТУ16-664.001-83	5		
	M1	Двигатель АИР71В4У3, 0,75 кВт, 380 В, 50 Гц, IM3081, 1500 Об/мин ТУ 16-97. БВИЕ 525222.001 ТУ	1		
	M2	Двигатель АИР71В2У3, 1,1 кВт, 380 В, 50 Гц, IM3081, 3000 Об/мин ТУ 16-97. БВИЕ 525222.001 ТУ	1		
	M3	Двигатель АИР80А2У3, 1,5 кВт, 380 В, 50 Гц, IM3081, 2850 Об/мин ТУ РБ-05755950-420-93	1		
<b>01.49.001.22-АТХ</b>					
<b>Автоматизация процесса раздачи корма</b>					
<i>Изм.</i>	<i>Колич.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Док</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>
<i>Разраб.</i>					
<i>Руковод.</i>					
<i>Консульт.</i>					
<i>Н.контр.</i>					
<i>Зав.каф.</i>					
<b>Свинарник</b>			Стадия	Лист	Листов
<b>Перечень элементов</b>			У	1	2
<b>БГАТУ</b>					
<b>N</b>					

Формат А4

Рисунок 3.24 – Первый лист перечня элементов принципиальной электрической схемы



## 3.7 Принципы разработки программы управления для логического промышленного контроллера (ПЛК)

### 3.7.1 Краткая характеристика языков программирования ПЛК

Для программирования контроллеров в соответствии со стандартами МЭК предусмотрены несколько языков программирования, которые можно разделить на две группы: графические и текстовые [29]. К графическим языкам относят: язык последовательных функциональных схем – Sequential Function Chart – SFC; язык функциональных блоковых диаграмм – Function Block Diagram – FBD; язык релейно-контактной логики – Ladder Diagram – LD. К текстовым языкам относятся список инструкций – Instruction List – IL; структурированный текст – Structured Text – ST.

SFC – графический язык, который позволяет описать хронологическую последовательность различных действий в программе. Для этого действия связываются с шагами (этапами), а последовательность работы определяется условиями переходов между шагами.

FBD – графический язык, который работает с последовательностью цепей, каждая из которых содержит логическое или арифметическое выражение, вызов функционального блока, переход или инструкцию возврата.

LD – графический язык, реализующий структуры электрических цепей.

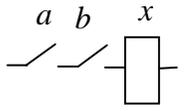
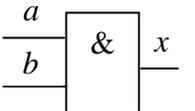
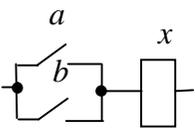
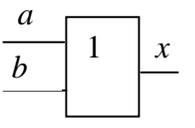
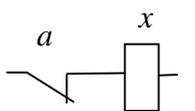
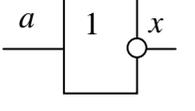
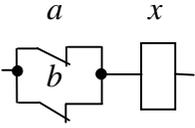
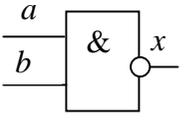
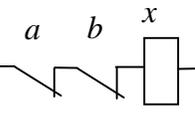
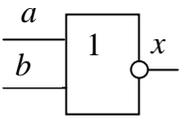
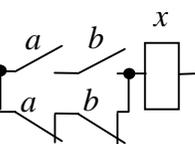
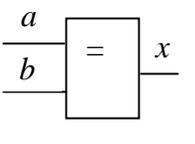
IL представляет собой список инструкций.

ST представляет собой набор инструкций высокого уровня, которые могут использоваться в операторах (If...Then...Else) и в циклах (While...Do).

### 3.7.2 Принципы программирования ПЛК на языке FBD

На языке функциональных блоковых диаграмм (FBD) программируют, например, *α-контроллеры* фирмы MITSUBISHI (подраздел 2.4). Для этого предназначен пакет Alpha Programming. Программирование сводится к выбору необходимых функциональных блоков, соединению их между собой и заданию параметров настройки блоков (задержек включения/выключения, значений счетчиков и т. д.). В распоряжении пользователя имеются логические функции типа И, ИЛИ, НЕ и т. п. (таблица 3.21), большое число типов реле, в том числе реле с задержкой включения и выключения, импульсное реле, реле с самоблокировкой, а также такие функции, как выключатель с часовым механизмом, тактовый генератор, календарь, часы реального времени с возможностью автоматического перехода на летнее/зимнее время и др.

Таблица 3.21 – Основные логические функции двух переменных

Функция	Таблица истинности					Символическое обозначение	Содержание логической функции	Структурная формула	Контактная схема	Условное обозначение
	<i>a</i>	1	1	0	0					
	<i>b</i>	1	0	1	0					
Конъюнкция (функция И)	$f_1$	1	0	0	0	$a \cdot b$	Функция имеет значение 1 тогда и только тогда, когда и переменная $a$ и переменная $b$ имеют значение 1	$f_1(x) = a \cdot b$		
Дизъюнкция (функция ИЛИ)	$f_2$	1	1	1	0	$a + b$	Функция имеет значение 0 тогда и только тогда, когда обе переменные имеют значение 1	$f_2(x) = a + b$		
Инверсия $a$ (функция НЕ $a$ )	$f_3$	0	0	1	1	$\bar{a}$	Функция имеет значение, обратное значению переменной $a$ , и не зависит от значения переменной $b$	$f_3(x) = \bar{a}$		
Штрих Шеффера (функция И-НЕ)	$f_4$	0	1	1	1	$a/b$	Функция имеет значение 0 тогда и только тогда, когда обе переменные имеют значение 1	$f_4(x) = \bar{a} + \bar{b}$ $f_4(x) = \overline{a \cdot b}$		
Стрелка Пирса (функция ИЛИ-НЕ)	$f_5$	0	0	0	1	$a \downarrow b$	Функция имеет значение 1 тогда и только тогда, когда обе переменные имеют значение 0	$f_5(x) = \bar{a} \cdot \bar{b}$ $f_5(x) = \overline{a + b}$		
Эквивалентность, равнозначность (функция Если и только если)	$f_6$	1	0	0	1	$a \equiv b$ $a : b$	Функция имеет значение 1 тогда и только тогда, когда оба входа одновременно имеют одинаковое значение	$f_6(x) = a \cdot b + \bar{a} \cdot \bar{b}$		

Основанием для разработки программы является структурная схема управления (например, рисунок 3.13 в случае управления кормораздатчиком). Однако удобнее использовать структурные формулы управления. Для примера управления кормораздатчиком, рассмотренного выше, на основании структуры управления (рисунок 3.12) повторим все структурные формулы:

$$f(x_1) = (z'_c \cdot b_1 \cdot b_2 + x_1) \cdot \bar{b}_3;$$

$$f(x_2) = b_4 \cdot \bar{b}_5;$$

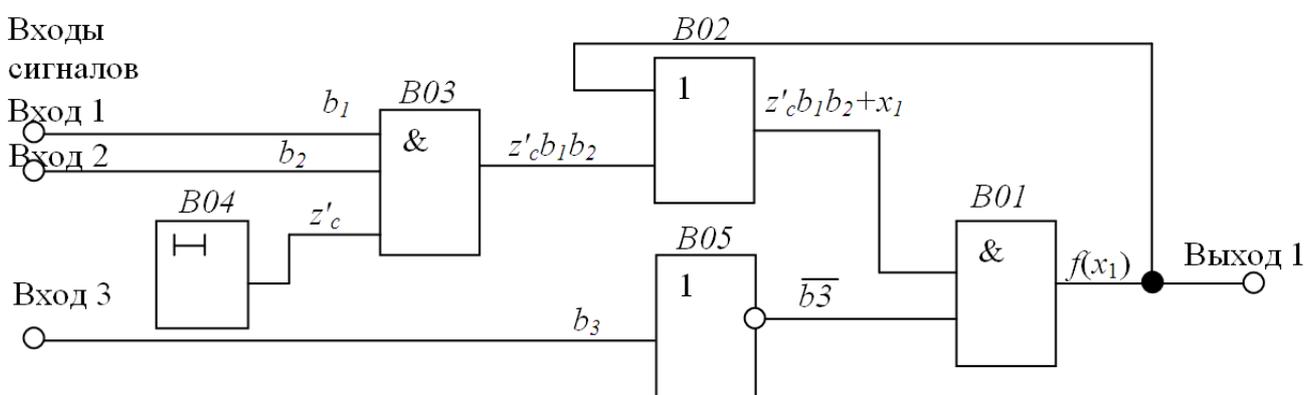
$$f(x_3) = (b_4 \cdot b_5 + x_3) \cdot \bar{b}_7;$$

$$f(x_4) = (z_1 + x_4) \cdot \bar{b}_1;$$

$$f(x_5) = (x_3 \cdot b_6 + x_5) \cdot \bar{b}_7;$$

$$f(z_1) = b_7.$$

Рассмотрим подробно, как будет реализована в программе на языке FBD формула управления для исполнительного механизма  $x_1$ . Для реализации операций в скобках потребуются: блок И для умножения сигналов  $z'_c$ ,  $b_1$  и  $b_2$ ; блок ИЛИ – для организации сложения сигналов (рисунок 3.26). Блок НЕ необходим для инвертирования сигнала  $b_3$ . Чтобы получить сигнал  $z'_c$  необходимо использовать специальный блок программного суточного реле времени. Сигнал  $x_1$  на вход элемента ИЛИ нужно взять с выхода последнего элемента И, так как именно этот сигнал является сигналом  $f(X_1)$ .



В01 и В03 – элементы И; В02 – элементы ИЛИ; В04 – блок программного реле времени;  
В05 – элементы НЕ

Рисунок 3.26 – Функционально-блочная схема управления ИЭ  $X_1$

Для реализации программы необходимо определиться, какие сигналы придут на входы контроллера и какие выходы будут задействованы в соответствии с принципиальной схемой управления (рисунок 3.14). Сведем эту информацию в таблицу 3.22.

Таблица 3.22 – Сигналы, подаваемые на вход и снимаемые с выхода контроллера

Вход	Сигнал	Выход	Сигнал
I 01	SQ1 – положение кормораздатчика под бункером ( $b_1$ )	O 01	K1 – управление приводом заслонки на открытие ( $X_1$ )
I 02	SL1 – наличие корма в бункере ( $b_2$ )	O 02	K2 – управление приводом заслонки на закрытие ( $X_2$ )
I 03	SQ2 – задвижка открыта ( $b_3$ )	O 03	K3 – управление приводом движения кормораздатчика вперед ( $X_3$ )
I 04	B1 – заполнение бункера кормораздатчика кормом ( $b_4$ )	O 04	K4 – управление приводом движения кормораздатчика назад ( $X_4$ )
I 05	SQ3 – задвижка закрыта ( $b_5$ )	O 05	K5 – управление приводом выгрузного шнека ( $X_5$ )
I 06	SQ4 – начало кормушек ( $b_6$ )	O 06	K6 – управление аварийной сигнализацией ( $X_c$ )
I 07	SQ5 – конец кормушек ( $b_7$ )		

Интерфейс приложения для программирования  $\alpha$ -контроллеров Alpha Programming приведен на рисунке 3.27.

Программа формируется блоками в пределах наборного поля. Используя переключатели групп элементов (на экране слева), выбирают необходимую группу блоков: входы (Inputs), функциональные блоки (Function), логические блоки (Logic), выходы (Outputs), пользовательские (Users). Блоки входов и выходов необходимо помещать в соответствующие прямоугольники по контуру наборного поля (слева или справа соответственно). Для блока может быть прописан комментарий в окне, которое вызывается двойным щелчком левой кнопки (ЛК) мыши по изображению блока.

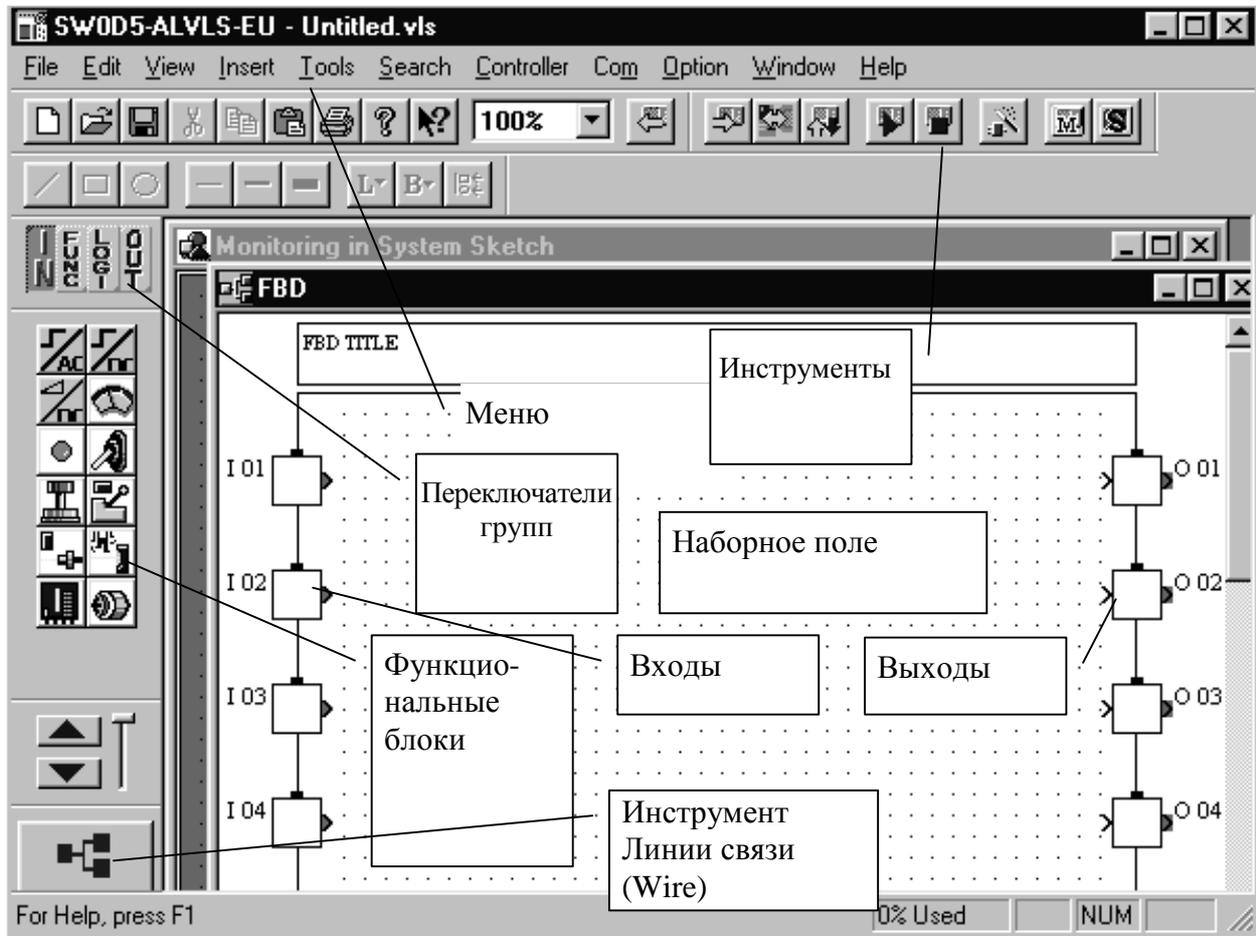


Рисунок 3.27 – Интерфейс Alpha Programming

Для создания нового файла программы необходимо выбрать пункт Новый (New) из меню Файл (File). В стартовом окне (рисунок 3.28) выбираем конфигурацию контроллера без платы расширения.

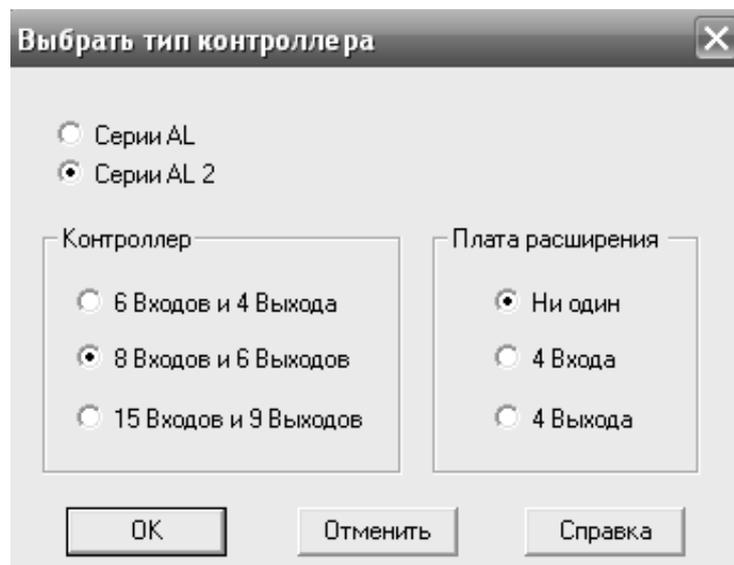
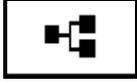


Рисунок 3.28 – Задание конфигурации контроллера при создании файла программы

Сформировать изображения входов можно используя группу символов закладки Input Signals (Входные сигналы). Установим на входы I01 и I03 (рисунок 3.29) сигналы  (Ограничительный датчик), на вход I02 –  (Датчик «горячей» линии). Это производится щелчком ЛК мыши на требуемом инструменте-символе и последующим щелчком ЛК мыши по изображению квадрата входа. Используя группу символов Выходные сигналы (Output Signals) (для переключения группы необходимо щелкнуть ЛК мыши по соответствующему переключателю слева), на выходы 1–3 можно установить выходные сигналы  (Обмотка реле). Используя группу Логические функции (Logic Functions), необходимо установить требуемые блоки И, ИЛИ, НЕ (B01-B03, B05) в рабочую зону «Наборное поле». Используя группу Функции (Functions), установим блок Реле времени (B04) в рабочую зону. Используя кнопку Провод  (Wire), необходимо сформировать требуемые связи, щелкая ЛК мыши на выходе блока и не отпуская, подвести к входу блока, с которым требуется соединить. При необходимости линии связи можно двигать по полю для обеспечения удобочитаемости, но для этого необходимо отжать кнопку Провод (Wire), выделить требуемую линию щелчком по ней ЛК мыши и тянуть за высветившиеся «ручки».

Фрагмент программы, соответствующей функционально-блочной схеме (рисунок 3.26), приведен на рисунке 3.29.

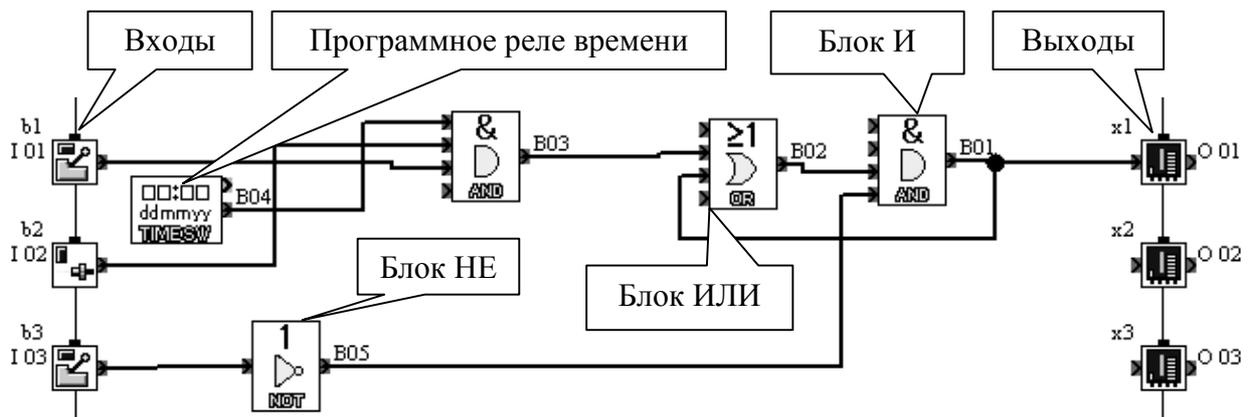


Рисунок 3.29 – Фрагмент программы (управление ИЭ X<sub>1</sub>)

Необходимо заметить, что для реализации формулы управления можно использовать элемент «Логическое выражение/Булево» (группа функциональные блоки (Function), элемент BOOLEAN), который позволяет набором формулы связать входные сигналы с выходным. В этом случае вместо элементов B01, B02 и B05 можно использовать один элемент «Логическое выражение/Булево» B15

(рисунок 3.30). Формула задается в диалоге Логический/Булев, вызываемом двойным щелчком ЛК мыши по блоку B15. Знак ! используется для инверсии сигнала, «+» соответствует операции ИЛИ, «\*» – операции И.

Время срабатывания и отключения программного реле времени настраивается через окно параметров, вызываемое двойным щелчком ЛК мыши по блоку B04 (рисунок 3.31).

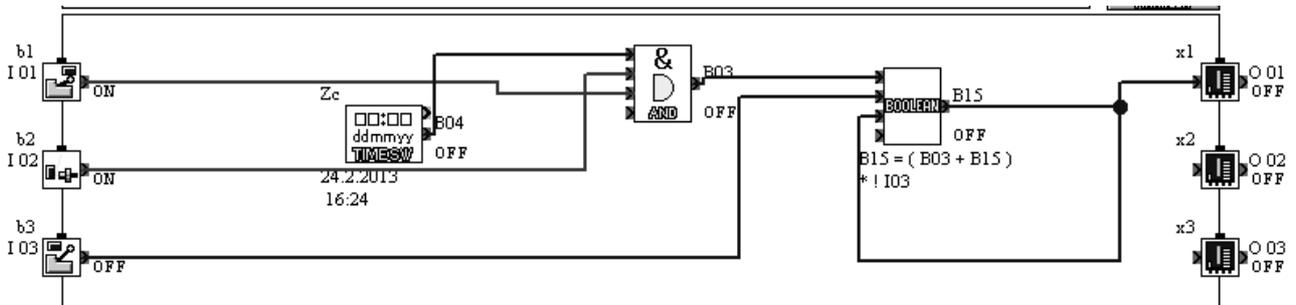


Рисунок 3.30 – Фрагмент программы (управление ИЭ X<sub>1</sub>) с элементом логического выражения BOOLEAN

The dialog box 'Реле времени' contains the following table of settings:

№	Статус	Время	Частота	Тип
1	ON	6:00	ЕЖЕДНЕВНО	ЕЖЕНЕДЕЛЬ
2	OFF	6:15	ЕЖЕДНЕВНО	ЕЖЕНЕДЕЛЬ
3	ON	12:00	ЕЖЕДНЕВНО	ЕЖЕНЕДЕЛЬ
4	OFF	12:15	ЕЖЕДНЕВНО	ЕЖЕНЕДЕЛЬ
5	ON	18:00	ЕЖЕДНЕВНО	ЕЖЕНЕДЕЛЬ
6	OFF	18:15	ЕЖЕДНЕВНО	ЕЖЕНЕДЕЛЬ
7	ON	22:00	ЕЖЕДНЕВНО	ЕЖЕНЕДЕЛЬ
8	ON	22:15	ЕЖЕДНЕВНО	ЕЖЕНЕДЕЛЬ

Additional controls include: 'Обслуживание' (unchecked), 'Отобразить комментарий' (checked), 'Отобразить номер сигнала' (checked), 'Отобразить информацию мониторинга' (checked). Buttons: 'Открыть/Новый', 'Удалить', 'Текущее время', 'Летнее время', 'Экспорт', 'Импорт', 'OK', 'Отменить', 'Справка'.

Рисунок 3.31 – Задание уставок реле времени

Набранный контур управления можно проверить, включив режим моделирования через меню Контроллер → Моделирование → Запуск. При этом, активируя

входы (щелчком ЛК мыши по ним), можно просмотреть работу программы и откорректировать параметры блоков. Результат включения элемента  $X_1$  показан на рисунке 3.32.

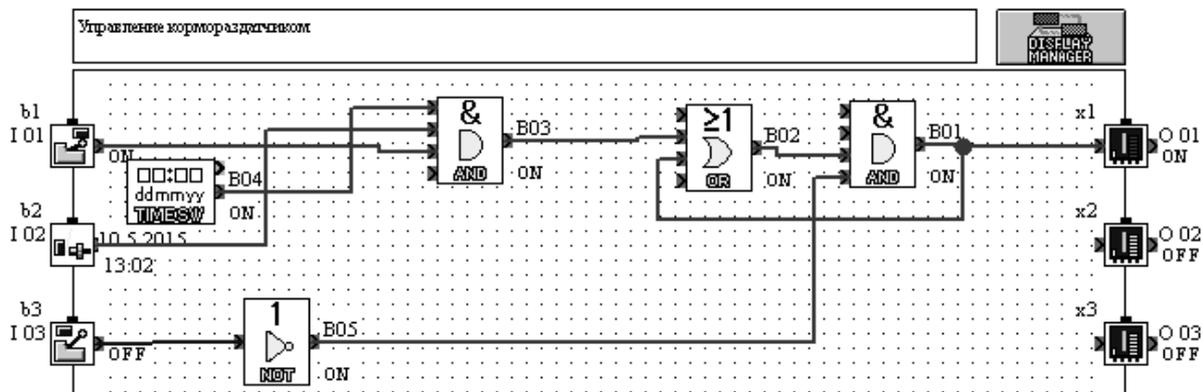


Рисунок 3.32 – Моделирование программы управления ИЭ  $X_1$

Аналогично набирают контуры управления остальными исполнительными механизмами (рисунок 3.33).

Для задания формулы управления исполнительных элементов  $X_3$ – $X_5$  использован элемент булевой логики (B09, B11, B12), который обеспечивает запись самой формулы (отображается под элементом в режиме моделирования) в окне параметров блока, которое можно вызвать двойным щелчком ЛК мыши по блоку. B10 представляет блок временной задержки, соответствующей в структуре элементу  $z_1$ .

*Задача сигнализации.* В структуре управления формула управления элементом сигнализации  $X_c$  отсутствует. Поэтому придется получить ее путем логических рассуждений. Звуковая сигнализация должна быть задействована в трех случаях:

- 1) при подаче сигнала на открытие задвижки (ИМ  $X_1$ ), если за заданное время (обозначим выдержку  $Z_2$ ) не произойдет срабатывание концевика  $b_3$ ;
- 2) при подаче сигнала на закрытие задвижки (ИМ  $X_2$ ), если за заданное время (обозначим выдержку  $Z_3$ ) не произойдет срабатывание концевика  $b_5$ ;
- 3) если кормораздатчик не доедет (ИМ  $X_3$ ) до конечного положения  $b_7$ .

Во всех этих случаях должен сработать ИМ  $X_c$ . Другими словами  $X_c$  должен включиться или в первом случае, или во втором, или в третьем. Поэтому эти три случая объединяет функциональный блок B18, реализующий функцию ИЛИ(OR). Формула управления  $X_c$ :

$$f(X_c) = z'_2 \cdot x_1 \cdot \bar{b}_3 + z'_3 \cdot x_2 \cdot \bar{b}_5 + z'_4 \cdot x_3 \cdot \bar{b}_7.$$

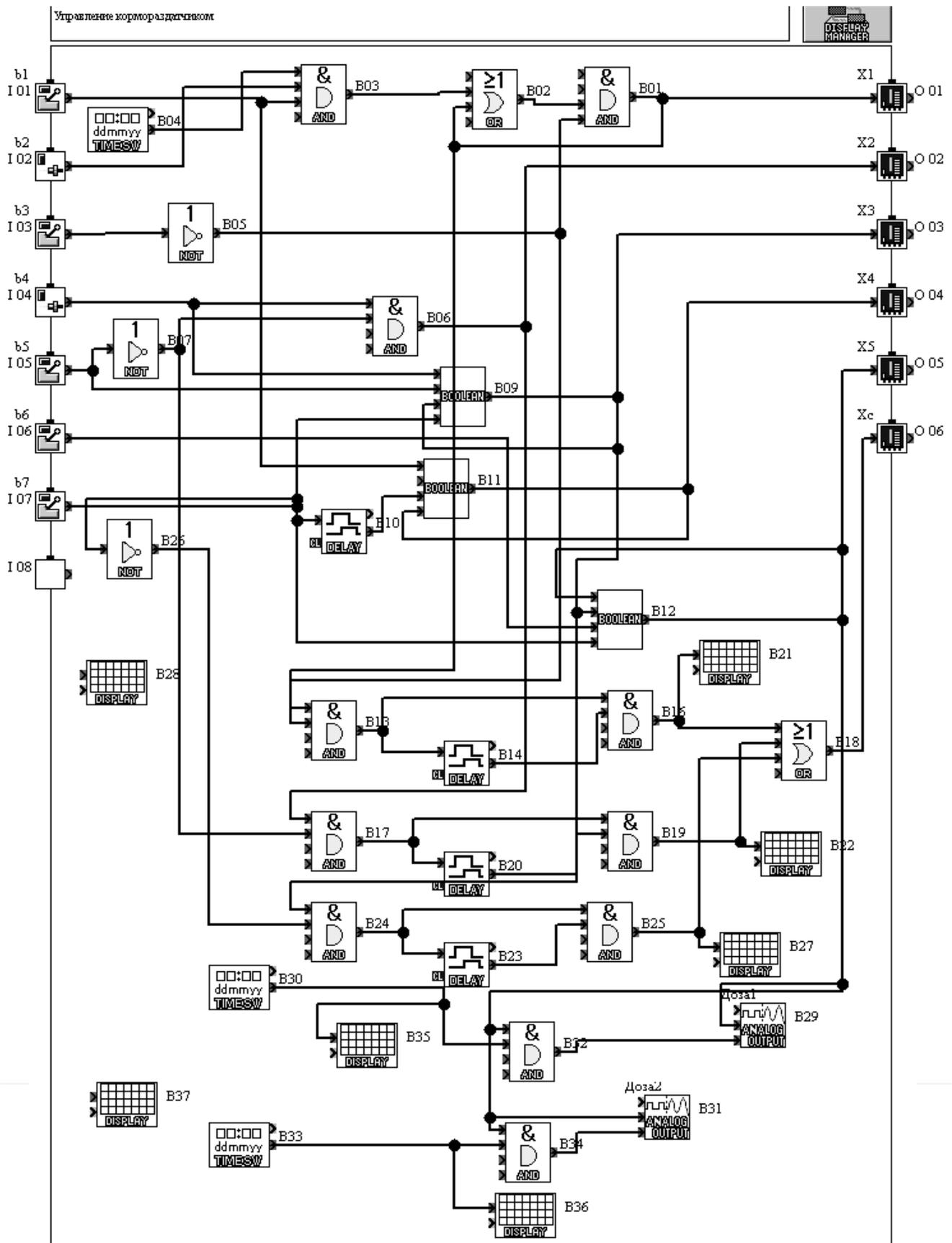


Рисунок 3.33 – Программа управления кормораздатчиком для  $\alpha$ -контроллера

Для первого случая функционально-блочная структурная схема показана на рисунке 3.34. Остальные две строятся аналогично. Но в третьем случае задается большая выдержка времени.

Задание выдержки времени на включение для блоков B14, B20, B23 осуществляется в диалоговом окне Задержка (рисунок 3.35), вызываемым двойным щелчком ЛК мыши по изображению блока. Например, для третьего случая переключаем ключ Единицы времени на секунды и устанавливаем требуемое значение в области Задержка операции Вкл.

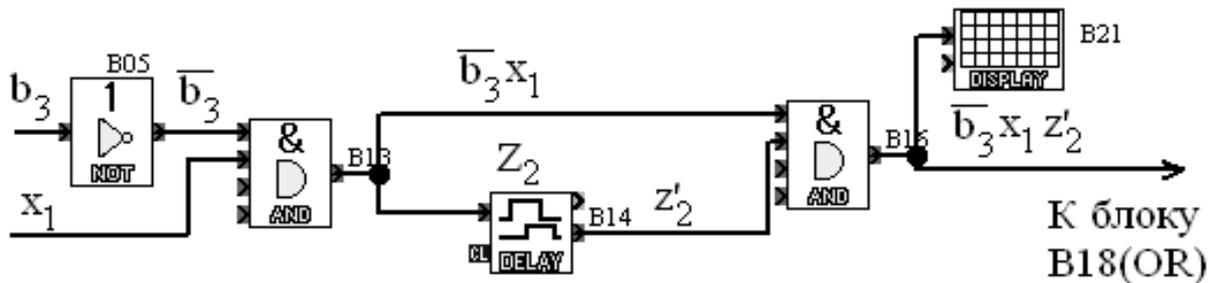


Рисунок 3.34 – Структурная схема управления ИМ Хс для первого случая



Рисунок 3.35 – Диалог задания времени задержки на включение сигнализации

Поскольку звуковая сигнализация должна сработать в трех случаях, то о конкретной аварийной ситуации должна появиться информация на дисплей контролера. Для этого используем блоки B21, B22, B27, B28 DISPLAY (группа Function блок Отобразить). Блок B28 используется для задания на экране текста AVARIA, остальные для указания ошибки, текст которой задается через диалог Отобразить

(рисунок 3.36). В области Опция пользователя задается текст ошибки (в данном случае строка). В области Исходное положение Текста задается расположение строки сообщения и ее длина. В области Характеристика может быть изменен характер отображения на дисплее сообщения.

Остается задать величину аналогового сигнала, подаваемого на преобразователь частоты пропорционально еженедельной дозе корма. Для этого используются блоки Аналоговый выход В29, В31 (группа Function). На этот блок сигнал подается в случае включения выхода 5 и установленного времени действия дозы корма с помощью блоков реле времени В30, В33.

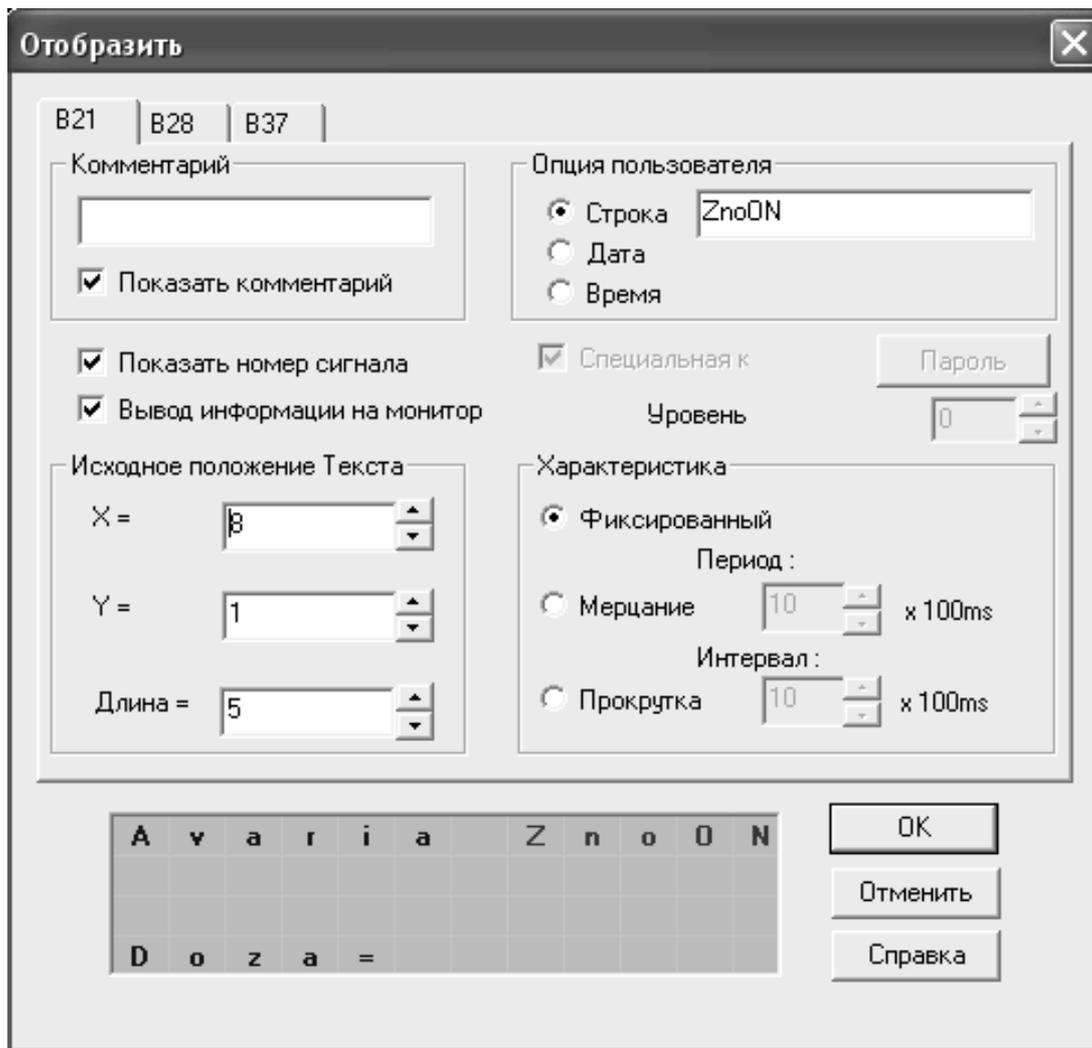


Рисунок 3.36 – Диалог задания текста ошибки на дисплее контроллера

В завершение работы с программой необходимо снова включить режим моделирования и отладить действие программы в целом (рисунок 3.37). При этом также можно наблюдать и сообщения на моделируемом дисплее в той или иной моделируемой ситуации.

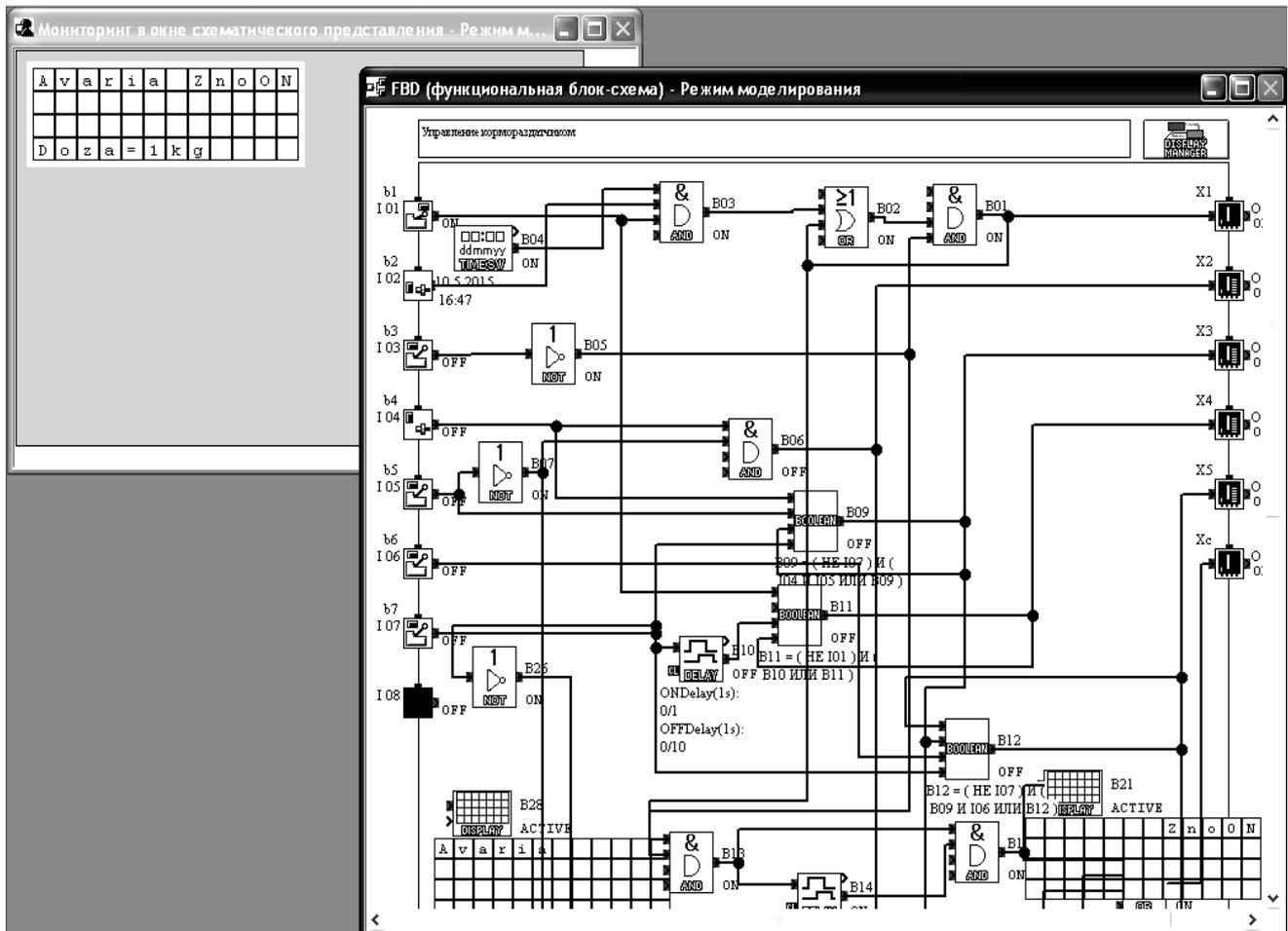


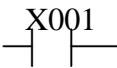
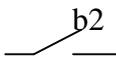
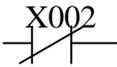
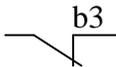
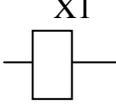
Рисунок 3.37 – Отладка программы управления в режиме моделирования

Готовую отлаженную программу можно записать в контроллер, присоединенный к порту компьютера соответствующим кабелем через меню Контроллер → Запись в контроллер.

### 3.7.3 Принципы программирования ПЛК на языке LD

*Моноблочные контроллеры* (например, серия FX) программируют на языке релейно-контактной логики. При этом могут использоваться разные программные оболочки: GX Developer, Melsec Medoc plus и др. [8, с. 11]. Программа на данном языке подобна разработанной нами структуре (см. рисунок 3.12). Введем соответствие обозначений элементов структуры элементам релейно-контактной логики (таблица 3.23). На рисунке 3.38 представлена полная программа управления кормораздачей, рассмотренная в примере.

Таблица 3.23 – Символы языка релейно-контактной логики

Программа			Структура	Примечание
Инструкция	Изображение элемента	Назначение	Изображение элемента	
LD		Соответствует нормально разомкнутому контакту		Обозначение элемента соответствует обозначению входа
LDI		Соответствует нормально замкнутому контакту		
OUT		Катушка – соответствует выходу, или таймеру, или метке		Обозначение элемента соответствует обозначению выхода
TCMP	-[TCMP K8 K0 K0 D8015 M0]-	Инструкция. В данном случае инструкция реального времени		
END	-[END]-	Конец программы	–	

В программе использованы адреса входов X000–X006, выходов Y000–Y004, константы обозначены символом К, катушка таймера – Т0 (константа К200 задает уставку таймера 20 с). В строке 0 программы находится инструкция реального времени, которая через константы сравнивает значение заданного времени с реальным временем, записываемым в специальную ячейку D8015. М0 – метка, которая установлена в единицу, если реальное время меньше заданного. Метка со следующим номером (М1) будет установлена в единицу, если реальное время равно заданному. Поэтому вместо контакта суточного реле времени в цепи управления механизма Y000 помещена метка М1. Остальные строки программы соответствуют цепям управления структуры рисунка 3.12.

Для возможности визуализации процесса и вывода аварийных сообщений в случае использования FX-контроллера можно предусмотреть панель оператора (в подразделе 3.5.5 выбрана панель GT1550-LBD). В этом случае с помощью программы GT Designer V2 [30] создаются экраны, выводимые на панель, с внедренными объектами (лампы, переключатели, числовая индикация и т. д.). Объектам присваивают функции, которые через побитовую память могут взаимодействовать с программой контроллера. Пример экрана, выполненного в GT Designer V2, для случая кормораздачи приведен на рисунке 3.39.

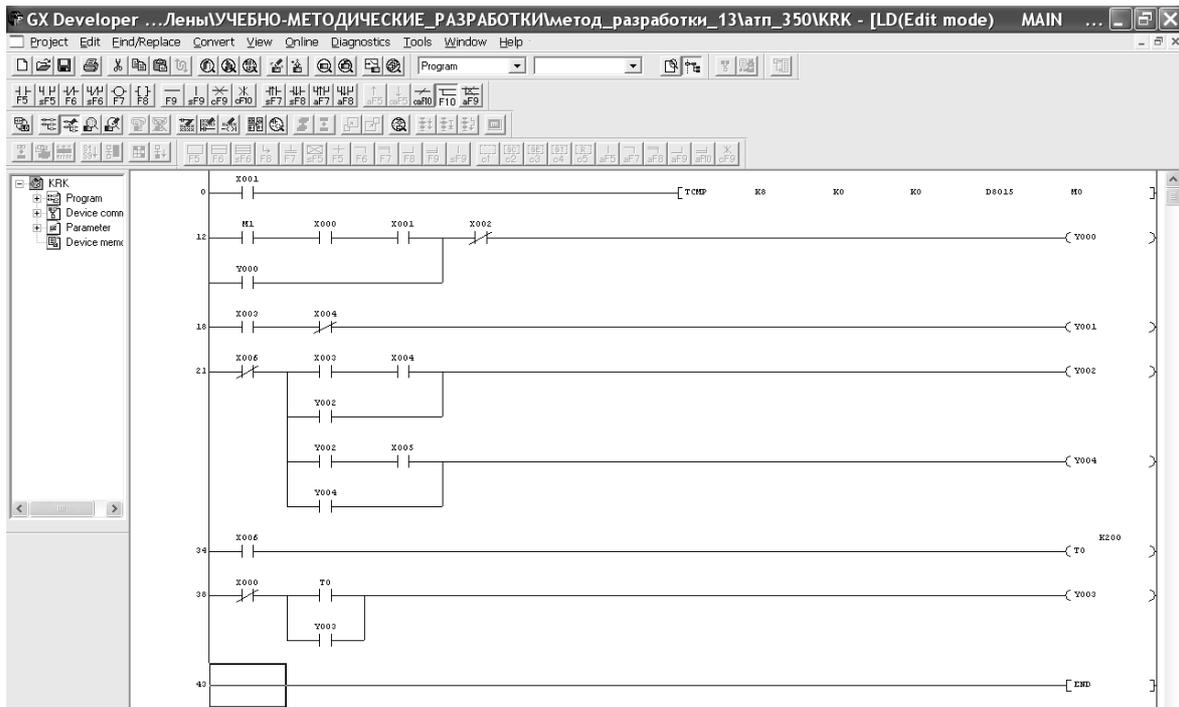


Рисунок 3.38 – Программа управления кормораздатчиком на языке LD

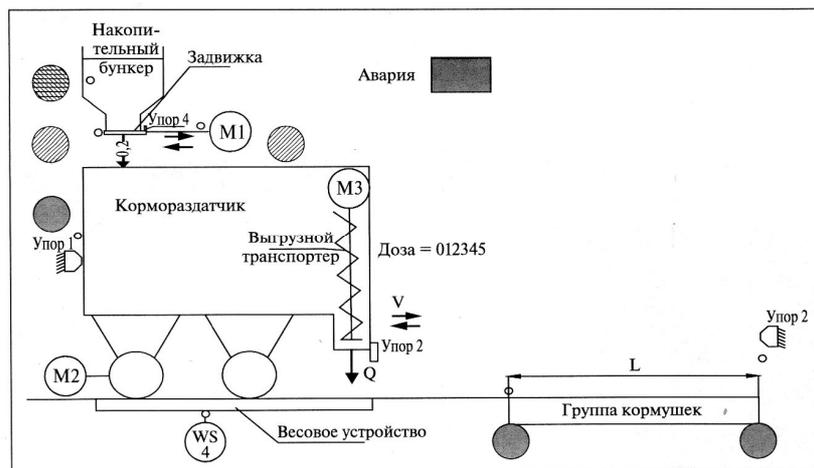


Рисунок 3.39 – Базовый экран панели оператора

На панель оператора выведен аварийный сигнал (авария), технологическая сигнализация о включении приводов и достижении оборудованием крайних положений, а также имеется возможность отследить выдаваемую дозу корма.

### 3.7.4 Пример разработки программы для контроллера фирмы Siemens

Альтернативой контроллерам FX являются недорогие и компактные контроллеры S7-1200 фирмы Siemens [9]. К ним также может подключаться панель оператора. Рассмотрим пример программирования данного класса контроллеров.

Программирование контроллеров S7-1200 обеспечивается системой STEP 7 в виде TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal), где поддерживается несколько языков программирования: релейно-контактной логики – Ladder Diagram, функциональных блоковых диаграмм – Function Block Diagram, структурный управляющий язык – Structured Control Language (разработан специально для программирования контроллеров данного класса). Рассмотрим примеры программ на первом и третьем языках (второй рассмотрен подробно в подразделе 3.7.2).

TIA Portal – это интегрированная среда разработки программного обеспечения систем автоматизации технологических процессов на основе оборудования производства фирмы Siemens. Портальное представление TIA Portal реализует функциональный подход к проектированию и организует функции инструментальных средств в соответствии с задачами, которые должны быть выполнены, например конфигурирование аппаратуры и сетей. Портальное представление дает доступ ко всем компонентам внутри проекта.

Последовательность создания проекта в TIA Portal примерно следующая. Запускаем TIA Portal, выбираем из стартового портала Start (левая область) и портал Create new project (рисунок 3.40). При этом задается область сохранения и имя проекта.



Рисунок 3.40 – Начало работы в среде TIA Portal

Далее необходимо задать конфигурацию системы. Для этого в дереве First steps выбираем шаг Configure a device. При этом в стартовом портале переходим на первую задачу Devices & Networks (Устройства и сети). Выбираем ключ Add new device (Добавить устройство) по рисунку 3.41.



Рисунок 3.41 – Выход в портал конфигурации устройств

В высветившемся списке устройств выбираем необходимый тип контроллера (рисунок 3.42).

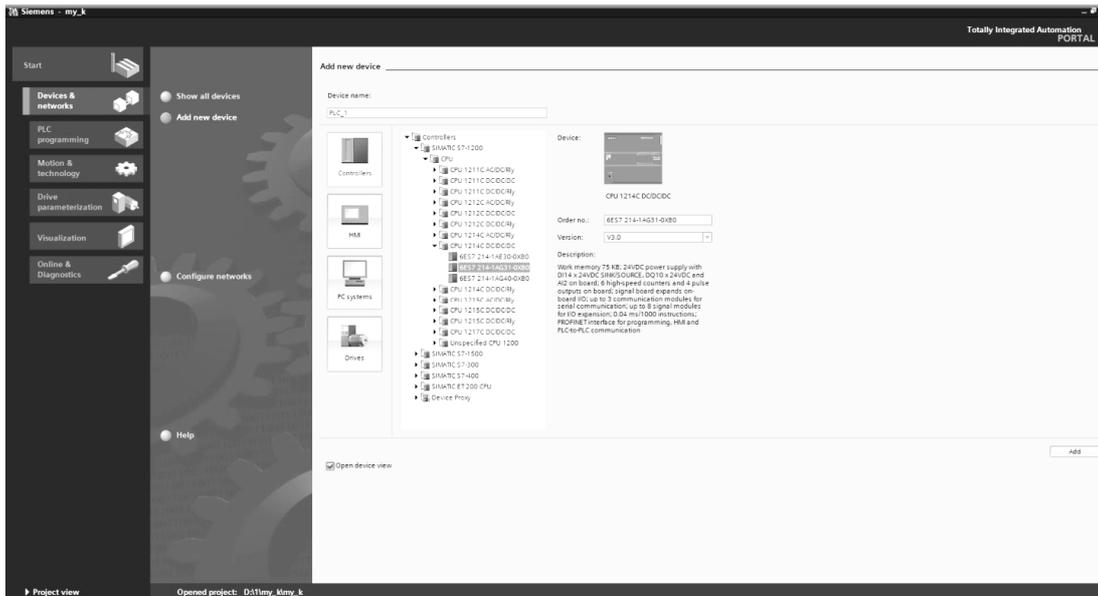


Рисунок 3.42 – Выбор типа контроллера

Далее добавляем специальный модуль с помощью библиотеки (расположена справа) и ставим его после CPU контроллера в слот 2 (рисунок 3.43).

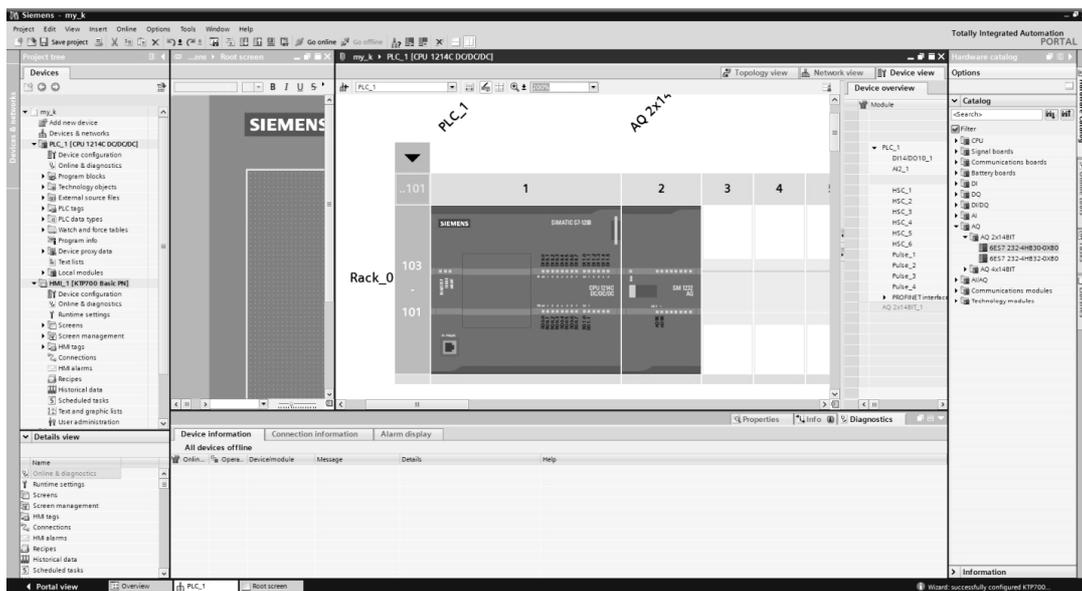


Рисунок 3.43 – Результат конфигурации системы управления

Далее задаем имена переменным – входам и выходам контроллера, переменным внутренней памяти, которые относятся к глобальной памяти. Глобальная память CPU представляет собой ряд специализированных областей памяти, включая входы (I), выходы (Q) и битовую память (меркеры) (M); эта память доступна для всех кодовых блоков без ограничения. Для этого можно вызвать таблицу имен (тэгов) щелчком по входам (выходам) контроллера в окне конфигурации или воспользоваться списком свойств проекта (область слева) и непосредственно ее заполнить (рисунок 3.44). Адреса входов и выходов в таблице заданы по умолчанию (колонка 4). Имя задается в первой колонке. При этом можно изменить тип данных (колонка 3), выбрав его из списка возможных. В колонке Comment можно давать пояснения к принятым именам. В таблице также заданы переменные в меркерной области (строки 14–21), позволяющие считывать и задавать временные переменные.

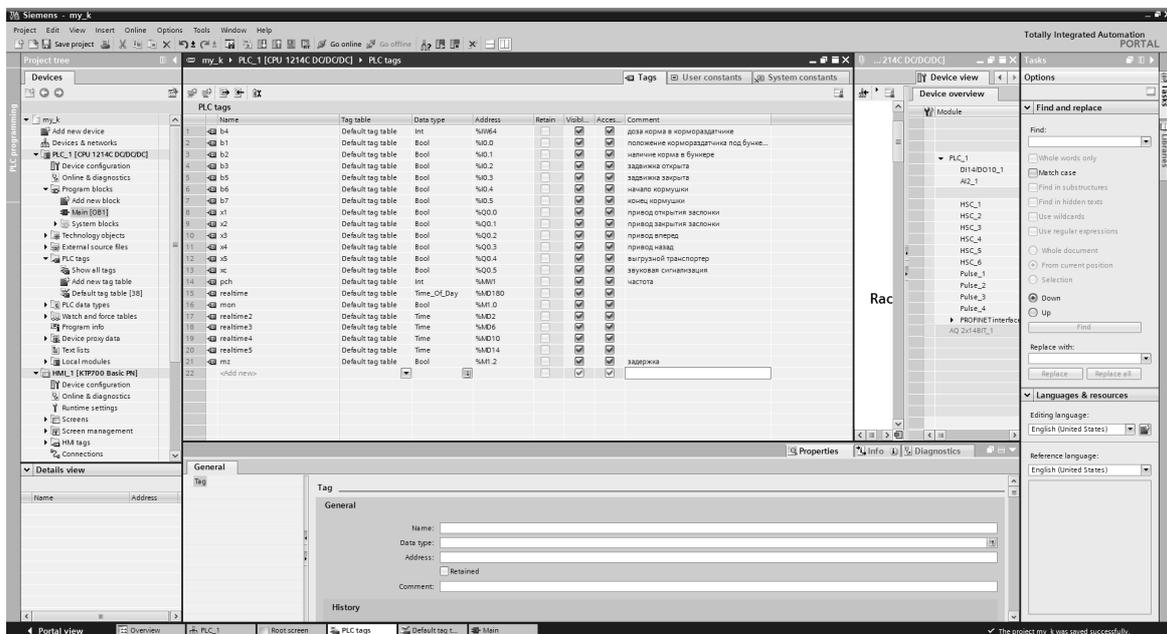


Рисунок 3.44 – Задание имен переменных в глобальной памяти контроллера

Приступим к созданию самой программы. При создании пользовательской программы для решения задачи автоматизации, команды для программы вставляются в кодовые блоки: организационный блок (OB) реагирует на определенное событие в CPU и может прервать исполнение программы пользователя (является единственным кодовым блоком, необходимым для пользовательской программы); функциональный блок (FB) – это подпрограмма, которая исполняется при вызове из другого кодового блока (OB, FB или FC), при этом вызывающий блок передает параметры в FB, а также определяет некоторый блок данных (DB), который сохраняет данные для этого вызова или экземпляра этого FB; функция (FC) – это

также подпрограмма, которая выполняется при вызове из другого кодового блока (OB, FB или FC), но в отличие от FB не требует экземплярного кодового блока данных DB, при этом выходные значения FC должны быть записаны в адреса памяти или в глобальный блок данных.

Для создания организационного блока воспользуемся деревом проекта (область слева – рисунок 3.44), для PLC откроем вкладку Program blocks и пункт Add new blocks. При этом в открывшемся диалоговое окно (рисунок 3.45) выбираем блок OB, тип исполнения программы (Program cycle) и язык программирования (LAD).

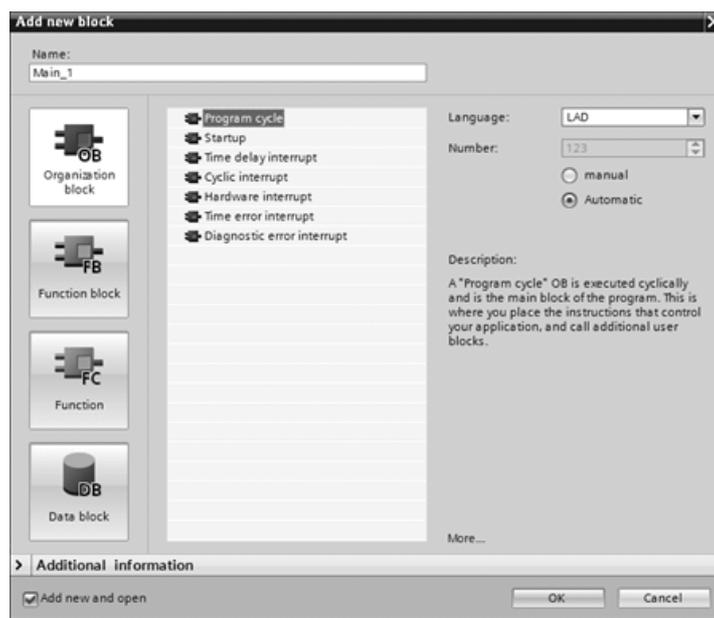


Рисунок 3.45 – Диалоговое окно задания организационного блока пользовательской программы

Сигнал на включение линии в работу в соответствии с вариантом кормораздачи в свинарнике должно подавать программное устройство по времени, поэтому в организационном блоке необходимо организовать считывание реального времени и сравнение с заданным временем кормораздачи (рисунок 3.46). Для этого используется команда RD\_SYS\_T (считывание системного времени) из библиотеки расширенных команд. На выходе блока RD\_SYS\_T две величины: RET\_VAL – код условия выполнения (тип данных Int) и OUT – текущее системное время ПЛК (тип данных DTL). Нам в программе нужна последняя. Сохранение значения выхода OUT необходимо выполнить в переменной временной памяти temp. CPU выделяет временную память по мере необходимости.

К временной памяти можно обращаться только с использованием символической адресации. Поэтому раскроем область задания временных переменных (стрелки над цепями программы) и зададим переменные ret и temp соответствующих типов. Переменная temp будет содержать перезаписываемую информацию о текущем времени в формате, например, DTL#2008-12-16-20:30:20.250, но нам

необходимо только время в формате: часы, минуты и секунды. Поэтому необходимо воспользоваться командой T\_CONV (преобразование времени) – цепь управления (Network 1).

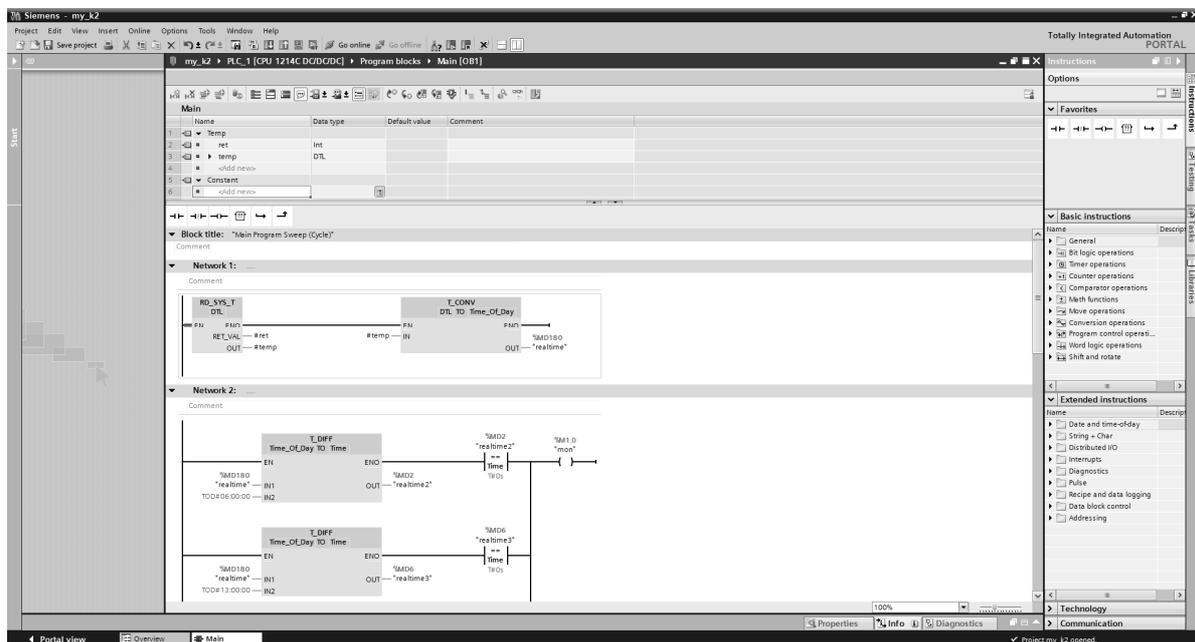


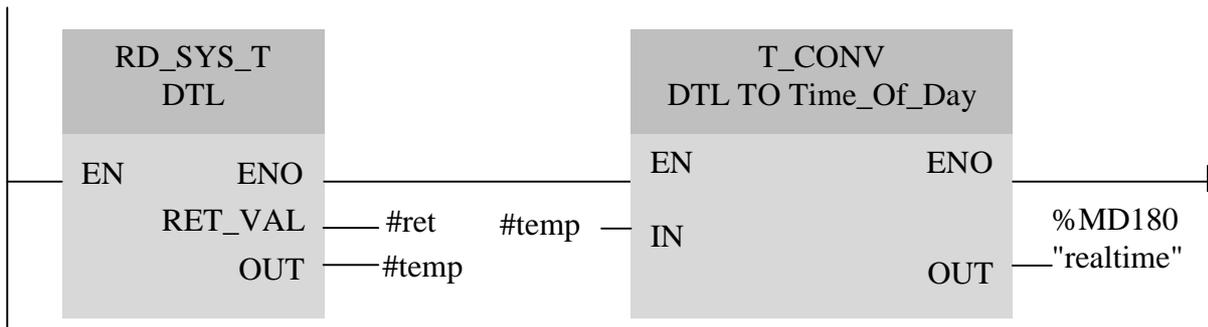
Рисунок 3.46 – Создание пользовательской программы

В цепи Network 2 обеспечиваем сравнение с заданным временем кормораздатчи с помощью команд T\_DIFF (разность времен) и сравнения (используются для сравнения двух величин, относящихся к одному и тому же типу данных), организованных в параллельные цепи и воздействующих на метку mon, обеспечивающую включение последующих логических цепей. Фактически метка mon является контактом суточного реле времени  $z_c$  в структуре управления (рисунок 3.12).

Полная программа управления приведена на рисунках 3.47–3.49. Фактически все цепи повторяют структуру управления рисунка 3.12, но в обозначениях языка LAD с физической адресацией входов и выходов контроллера, кроме рассмотренных в цепях 1 и 2 особенностей организации включения линии в работу. В цепи Network 3 запуск линии осуществляется по сигналу метки mon. Сигнал  $b_4$  является аналоговым (загрузка бункера кормораздатчика кормом), поэтому его сравнивают с заданным значением (Network 4 – блок сравнения  $\geq$  по рисунку 3.48). В цепи Network 7 организована задержка (блок TON) в 60 секунд на реверс кормораздатчика. Также организована задержка на включение аварийной сигнализации (Network 9).

Сигнал на преобразователь частоты pch будет формироваться пропорционально заданному сигналу (функция умножения) в соответствии с заданным рецептом дозы в базе данных (блок данных DB) и согласно отсчитанному времени с начала периода содержания животных.

▶ Network 1: Считывание текущего времени



▶ Network 2: Организация суточного реле времени

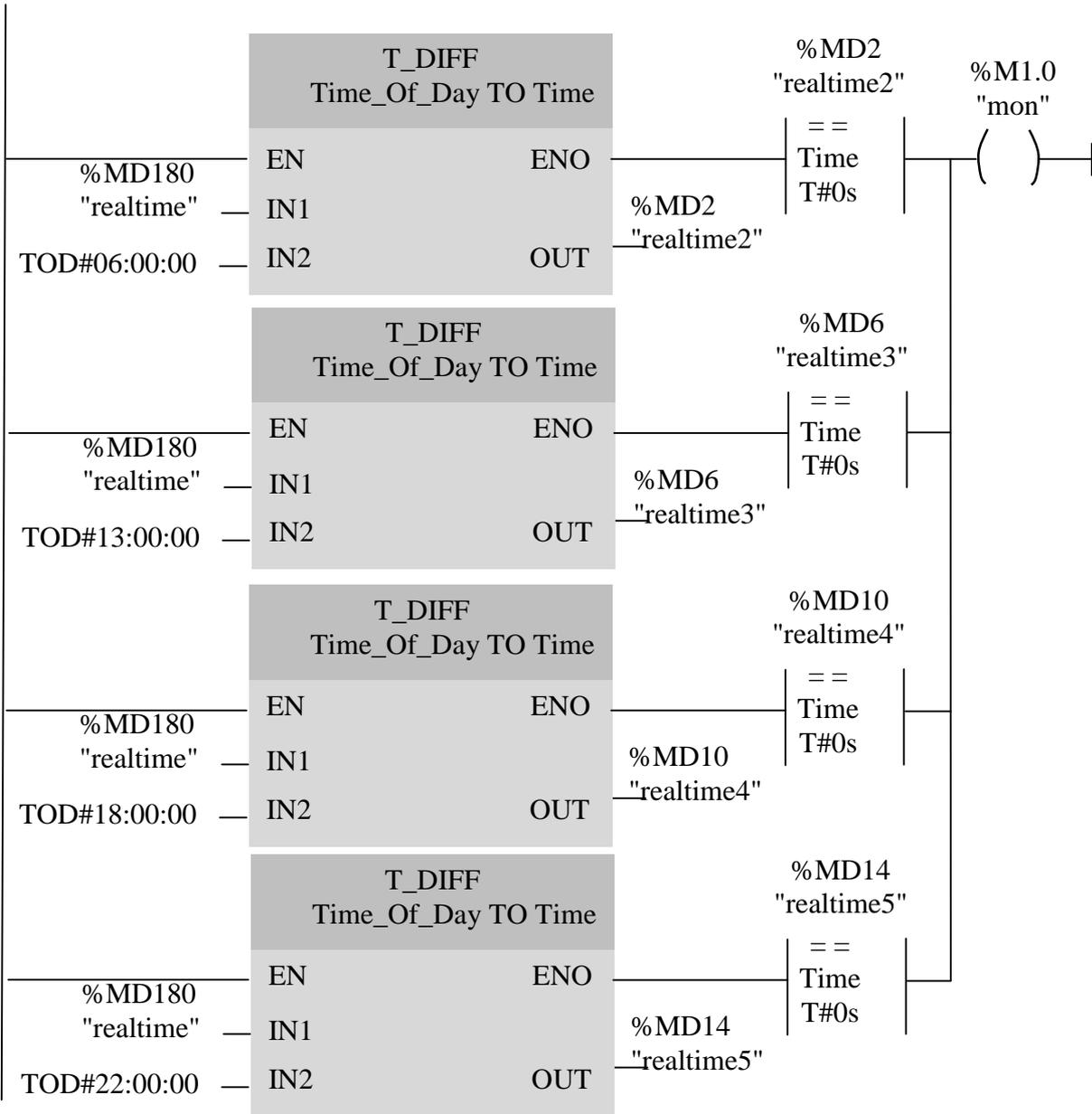
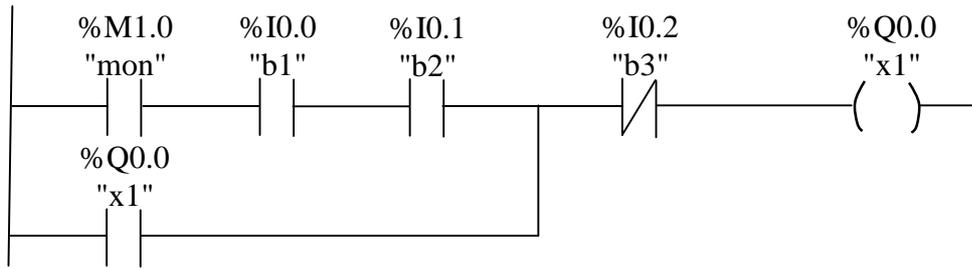


Рисунок 3.47 – Реализация суточного реле времени в программе управления

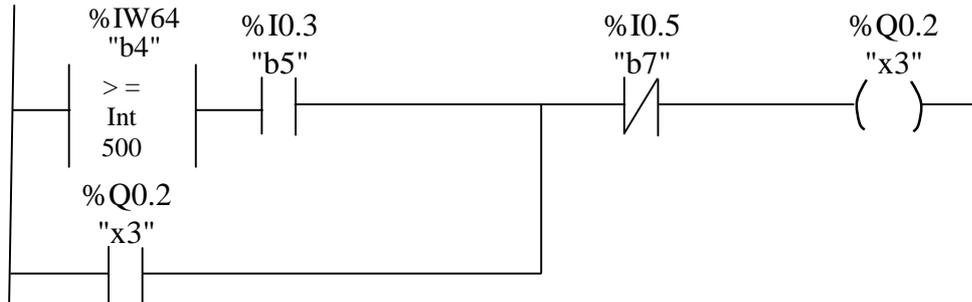
▶ Network 3: Привод открытия заслонки



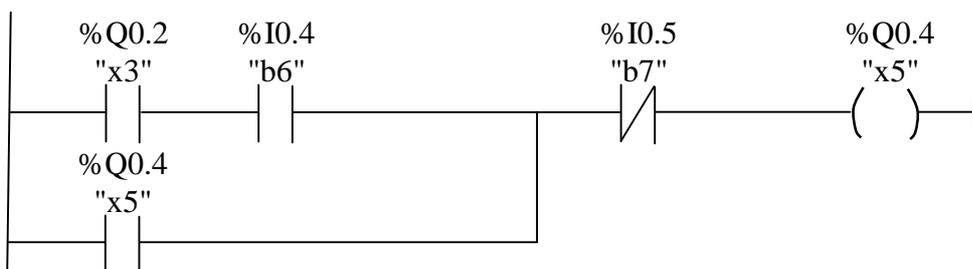
▶ Network 4: Привод закрытия заслонки



▶ Network5: Привод движения вперед



▶ Network 6: Выгрузной транспортер



▶ Network 7: Задержка

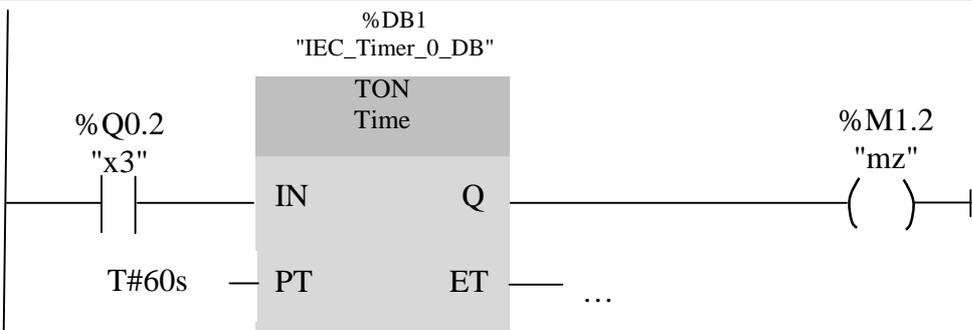


Рисунок 3.48 – Основная программа управления для контроллера (цепи 3–7)

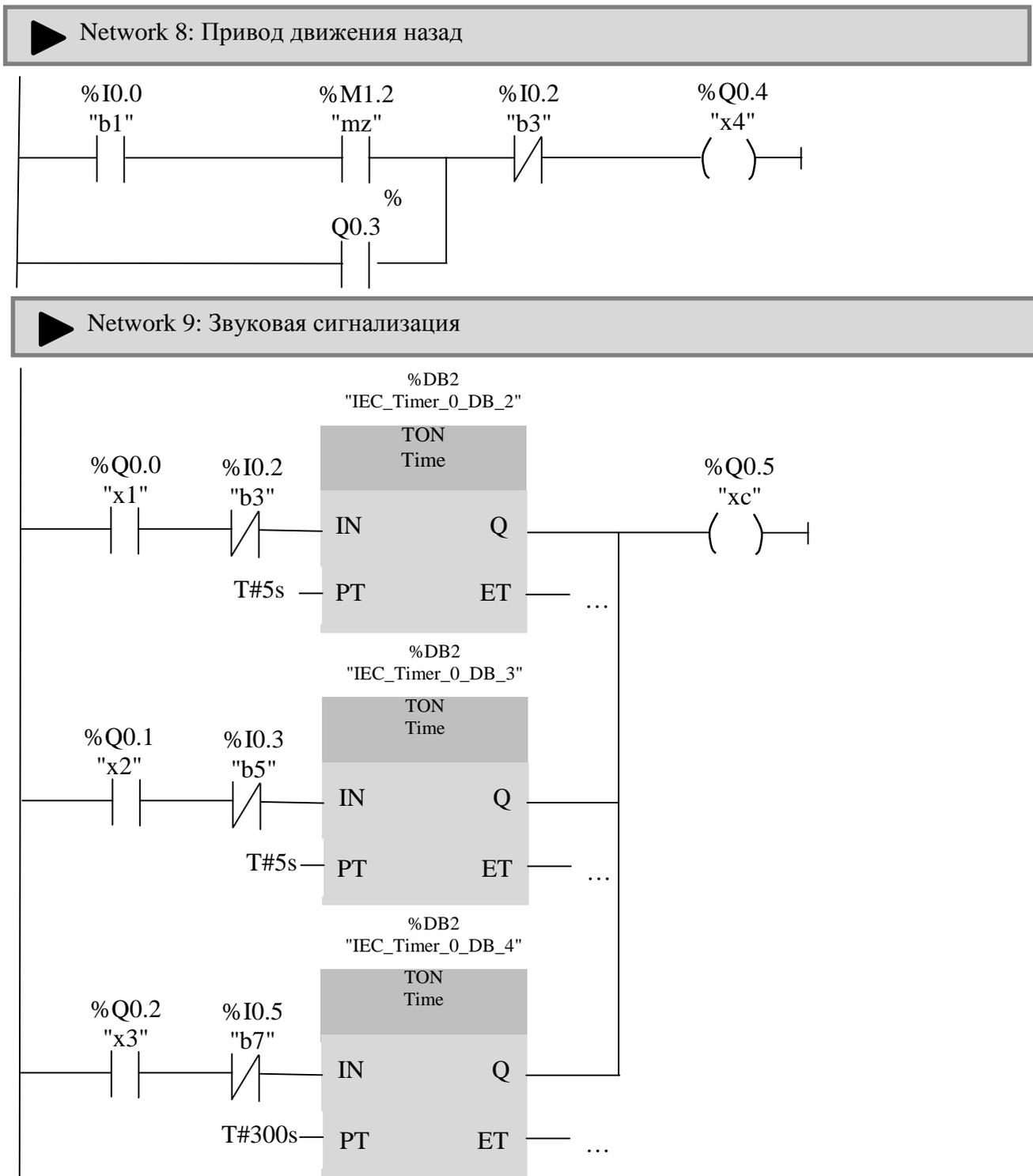


Рисунок 3.49 – Основная программа управления для контроллера (цепи 8–9)

Также задание дозы можно организовать с экрана панели оператора и согласно заданному значению формировать сигнал на преобразователь частоты.

Визуализация процесса управления с помощью панели оператора аналогична рассмотренному в подразделе 3.7.3. Организуется базовый экран панели оператора и выполняется привязка переменных. В среде TIA Portal программирование панели оператора проще, поскольку реализуется средствами одного пакета.

Подробное описание принципов программирования панели оператора отражено в [31, с. 41].

Перед загрузкой программы в контроллер требуется ее проверить и отладить. Для этого используется режим мониторинга – функция Monitoring On/Off. Для включения данной функции необходимо в окне главной программы Main OB1 нажать кнопку Monitoring On/Off . При этом в окне программы можно наблюдать изменение цвета активной и неактивной цепи.

Загрузка программы в контроллер осуществляется через меню Online пункт Download to device (рисунок 3.50).

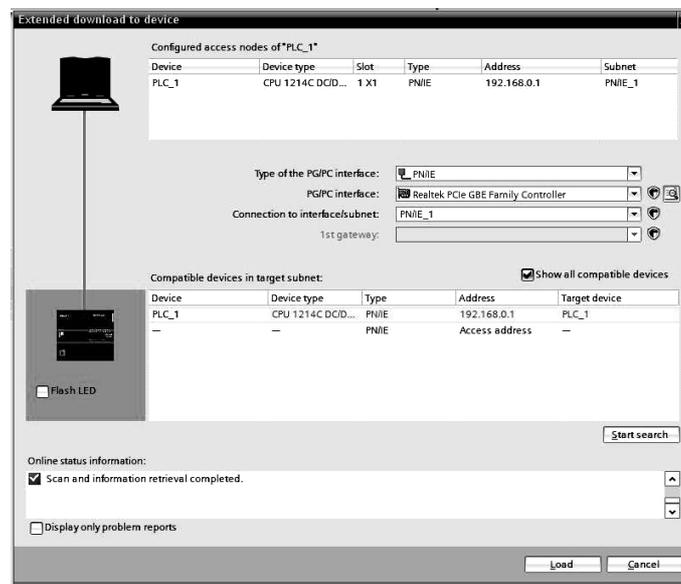


Рисунок 3.50 – Загрузка программы в контроллер

При этом необходимо указать интерфейс связи между CPU и компьютером (Type of the PG/PC interface) – PN/IE, а также название сетевого интерфейса устройства программирования (PG/PC interface) – название сетевой карты компьютера Realtek PCIe GBE Family Controller. После нажатия кнопки Start search (начать поиск) компьютер выполняет поиск и установление связи с подключенным к нему оборудованием, соответствующим заданному в проекте (в нашем случае – только с одним CPU PLC\_1). После установления такой связи и нажатия кнопки Load (загрузить) выполняется загрузка программы пользователя в память CPU и его запуск.

### ***Программирование на языке SCL***

Программа на языке SCL представляет собой список операторов. Каждый оператор заканчивается точкой с запятой «;». К основным операторам языка SCL относятся [32, с. 82]: арифметические операторы, логические, операторы

сравнения, присвоения, операторы условного перехода (конструкция IF – THEN – ELSE, конструкция CASE), операторы организации циклов (FOR, WHILE, REPEAT UNTIL).

Для организации программы на языке SCL для рассматриваемого примера кормораздачи необходимо использовать операторы присвоения, логические, операторы сравнения.

Для обозначения присвоения используется парный знак «:=». В правой и левой части выражения должны быть операнды одного типа (автоматического приведения типов не предусмотрено). В левой части выражения (принимающая сторона) может быть использована только переменная. Правая часть может содержать выражение или константу.

К логическим операторам относятся:

OR – логическое сложение;

AND – логическое умножение;

XOR – логическое «исключающее ИЛИ»;

NOT – логическое отрицание.

Для создания программы используется тот же описанный выше порядок действий, но в окне рисунка 3.45 необходимо выбрать язык SCL. После этого прописываем необходимые операторы.

Так для реализации управления ИМ  $X_1$  по формуле управления

$$f(x_1) = (z'_c \cdot b_1 \cdot b_2 + x_1) \cdot \overline{b_3}$$

необходимо использовать оператор NOT для инвертирования сигнала  $b_3$ , оператор AND – для логического умножения, OR – для логического сложения. При этом сигнал  $z'_c$  суточного реле времени соответствует значению переменной mon. Тогда программа управления ИМ  $X_1$  будет выглядеть следующим образом:

```
"X1":= ("mon" AND "b1" AND "b2" OR "X1") AND NOT "b3";
```

Временную задержку на реверс кормораздатчика необходимо задать с помощью таймера TON. Инструкцию TON целесообразно перетянуть из списка инструкции в рабочую область и далее заполнять значениями необходимые поля (в поле IN задается условие включения таймера, в поле PT – уставка задержки).

```
"mz":= "IEC_Timer_0.DB", TON (IN:= "X3"),  
PT:= T#60s);
```

Суточное реле времени целесообразно организовать в отдельном организационном блоке, прописав временные переменные в области задания временных переменных (аналогично рассмотренному выше).

```
#temp := RD_SYS_T (#ret);
"realtime" := T_CONV DTL TO Time_Of_Day (#temp);
"mon" := ("realtime" = = TOD#06:00:00) OR ("realtime" = = TOD#13:00:00) OR
("realtime" = = TOD#18:00:00) OR ("realtime" = = TOD#22:00:00);
```

Основная программа управления выглядит следующим образом:

```
"X1":= ("mon " AND "b1" AND "b2" OR "X1") AND NOT "b3";
"X2":= NOT "b5" AND ("b4">=500);
"X3":= (("b4">=500) AND "b5" OR "X3") AND NOT "b7";
"X4":= ("mz" OR "X4") AND NOT "b1";
"X5":= ("X3" AND "b6" OR "X5") AND NOT "b7";
"mz":= "IEC_Timer_0.DB", TON (IN:= "X3"),
      PT:= T#60s);
"z2":= "IEC_Timer_1.DB", TON (IN:= "X1" AND NOT "b3" ),
      PT:= T#5s);
"z3":= "IEC_Timer_2.DB", TON (IN:= "X2" AND NOT "b5" ),
      PT:= T#5s);
"z4":= "IEC_Timer_3.DB", TON (IN:= "X3" AND NOT "b7" ),
      PT:= T#300s);
"Xc":= "z2" OR "z3" OR "z4";
```

Необходимо заметить, что программа на языке LAD является более наглядной, на языке SCL – компактной. Язык SCL обладает более широкими возможностями для программирования сложных алгоритмов или задач, относящихся к области управления данными.

## **3.8 Принципы проектирования щитов автоматики**

### **3.8.1 Назначение и конструкция щитов автоматики**

Щиты и пульты систем автоматизации предназначены для размещения в них средств контроля и управления технологическим процессом, контрольно-

измерительных приборов, сигнальных устройств, аппаратуры управления, автоматического регулирования, защиты, блокировки, линии связи между ними (трубная и электрическая коммутация) и т. п.

Все щитовые изделия по конструкции и назначению подразделяются на 5 групп:

- щиты и стивы высотой 2200 и 1800 мм;
- стивы плоские высотой 2200 и 1800 мм;
- щиты шкафные малогабаритные;
- пульты;
- вспомогательные элементы щитов и пультов.

Предусматривается условная запись всех модификаций щитовой продукции по определенной схеме при ее заказе и в проектной документации:

Щит ЩШ-3Д-1-22-3-(444×444) УХЛ4 IP30 ОСТ36.13–90,

где «Щит» – наименование изделия;

ЩШ-3Д – первые буквы наименования (3Д – проставляют только для одиночных щитов);

1 – количество секций (для одиночного щита не проставляют);

22 – степень открытия боковых сторон щита (О2 – открытый с двух сторон, ОП и ОЛ – соответственно открытый справа и слева);

3 – номер исполнения (I, II);

(444×444) – типоразмер (высота на глубину);

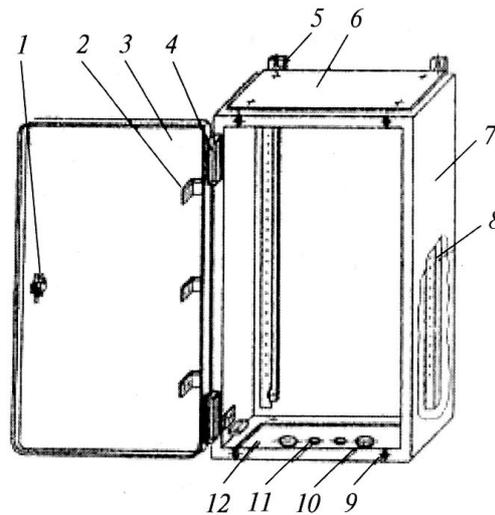
УХЛ4 – климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150–89;

IP30 – степень защиты по ГОСТ 74254–80;

ОСТ36.13–90 – обозначение основного документа.

Основой полногабаритных щитов и стивов является объемный каркас. Стойки, образующие каркас, имеют ряд установочных отверстий диаметром 6,6 мм, расположенных с шагом 25 мм. Установка на каркас двух или трех фасадных панелей образует панель с каркасом, соответственно, первого или второго исполнений. Установка на панели с каркасом боковых стенок, дверей и крышки образует шкафы.

Шкафы малогабаритные конструктивно представляют собой цельносварной корпус (рисунок 3.51). С помощью петель на каркас с передней стороны установлена дверь с замком. Крышки 6 и 12 съемные, закрепленные при помощи болтовых соединений. Нижняя крышка имеет 12 отверстий для ввода внешних проводок.



1 – замок; 2 – угольник; 3 – дверь; 4 – петля; 5 – кронштейн; 6 – крышка верхняя;  
7 – каркас; 8 – швеллер; 9 – накладка; 10, 11 – заглушки; 12 – крышка нижняя

Рисунок 3.51 – Конструкция щита ЩШМ

Монтажное поле в щитах образовано специально предусмотренными для этой цели швеллерами 8, которые, аналогично стойкам каркаса полногабаритных щитов и стивов, имеют ряды отверстий диаметром 6,6 мм, расположенные с шагом 25 мм, для закрепления деталей для монтажа аппаратуры и проводок. Швеллеры крепятся на задней стенке при помощи болтовых соединений.

Шкафы малогабаритные исполнения I предназначены для напольной установки, II – для навесной установки.

При необходимости отдельные аппараты управления и сигнализации могут быть установлены также и на двери.

### 3.8.2 Принципы компоновки аппаратуры в щитах автоматики

Исходными материалами для размещения аппаратуры, монтажных изделий, реле приборного типа и т. п. являются следующие чертежи и инструкции:

- а) габариты и конструкции выбранных стандартных пультов и щитов;
- б) принципиальные схемы автоматизации;
- в) принципиальные схемы питания;
- г) монтажно-эксплуатационные инструкции на приборы и средства автоматизации;
- д) чертежи установки приборов и средств автоматизации внутри шкафных щитов и пультов и на панельных щитах;
- е) чертежи металлоконструкций нестандартных щитов и пультов.

***При выборе щитов и размещении в них приборов и аппаратов придерживаются следующего порядка:***

*1) предварительно определив тип щитовой продукции, определяют в соответствии с исходными материалами б и в перечень приборов и аппаратуры, располагаемых на фасадных панелях щитов, пультов и внутри щитов и стативов.*

На фасадной панели щитов размещают регистрирующие приборы, органы управления, показывающие приборы, сигнальную арматуру, мнемосхемы, панели оператора.

Внутри шкафных щитов или на монтажной стороне панельных щитов размещают неоперативную аппаратуру схем автоматизации: выключатели, предохранители, трансформаторы, выпрямители, источники питания, резисторы, реле, фильтры, редукторы и т. п., а также в некоторых случаях реле приборного типа, регулирующие и функциональные блоки, контроллеры и т. п.

При размещении приборов и аппаратуры на щитах и пультах следует руководствоваться правилами:

а) не допускается установка приборов и аппаратуры утопленного монтажа (вторичных приборов, кнопок, ключей, сигнальной арматуры, табло и т. д.) на боковых стенках шкафных щитов, а также на боковых стенках щитов панельных с каркасом, закрытых слева или справа;

б) не допускается установка приборов и внутрищитовой аппаратуры на дверях шкафных щитов;

в) не допускается установка внутрищитовой аппаратуры на дверях малогабаритных щитов;

г) на щитах, устанавливаемых в щитовых помещениях, не допускается установка приборов, к которым непосредственно подводятся горючие и взрывоопасные вещества;

д) в шкафных щитах, устанавливаемых в производственных помещениях, не рекомендуется располагать датчики, к которым подводятся токсичные вещества, а также устанавливать приборы с ртутным заполнением. При необходимости такой установки щиты должны иметь надежную вентиляцию, отвечающую нормам и правилам работ с токсичными веществами;

е) на щитах, на которых смонтированы приборы автоматического регулирования и управления, слаботочные реле и другие чувствительные аппараты и приборы, не допускается установка пускателей третьей и большей величины.

При решении вопроса об установке пускателей второй величины на щитах или на отдельных сборках необходимо учитывать количество пускателей и частоту их включения. Допускается установка ограниченного количества пускателей второй величины при относительно малой частоте включения;

ж) установка аппаратуры (реле, трансформаторов, предохранителей и пр.) в пультях, как правило, не допускается;

з) не допускается размещение приборов и аппаратуры на вспомогательных элементах щитов (панелях вспомогательных с дверью и без дверей, панели торцевой декоративной, вставках угловых).

2) руководствуясь ГОСТами, руководящими материалами, производят предварительную компоновку приборов, аппаратов, вспомогательных изделий на фасадных панелях или дверях щитов и внутри щитов.

Компоновка приборов и аппаратуры на фасадных панелях щитов должна выполняться с учетом допустимых полей монтажа (рисунки 3.52 – полногабаритные щиты, 3.53 – малогабаритные щиты).

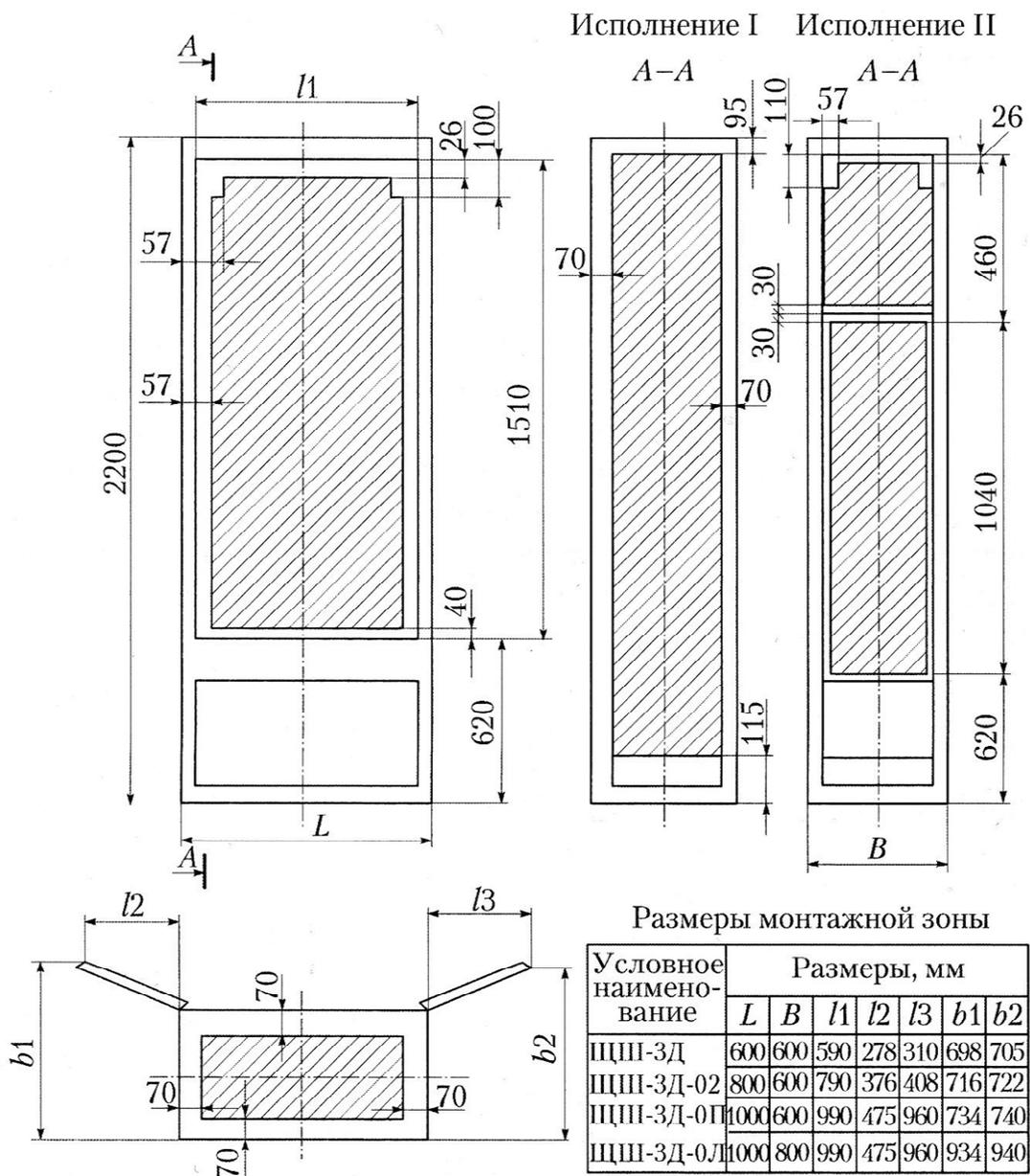


Рисунок 3.52 – Монтажные зоны шкафных щитов ЩШ-3Д

Размеры приборов и аппаратуры, устанавливаемых на фасадных панелях, а также расстояния между ними принимаются согласно материалов приложения И.

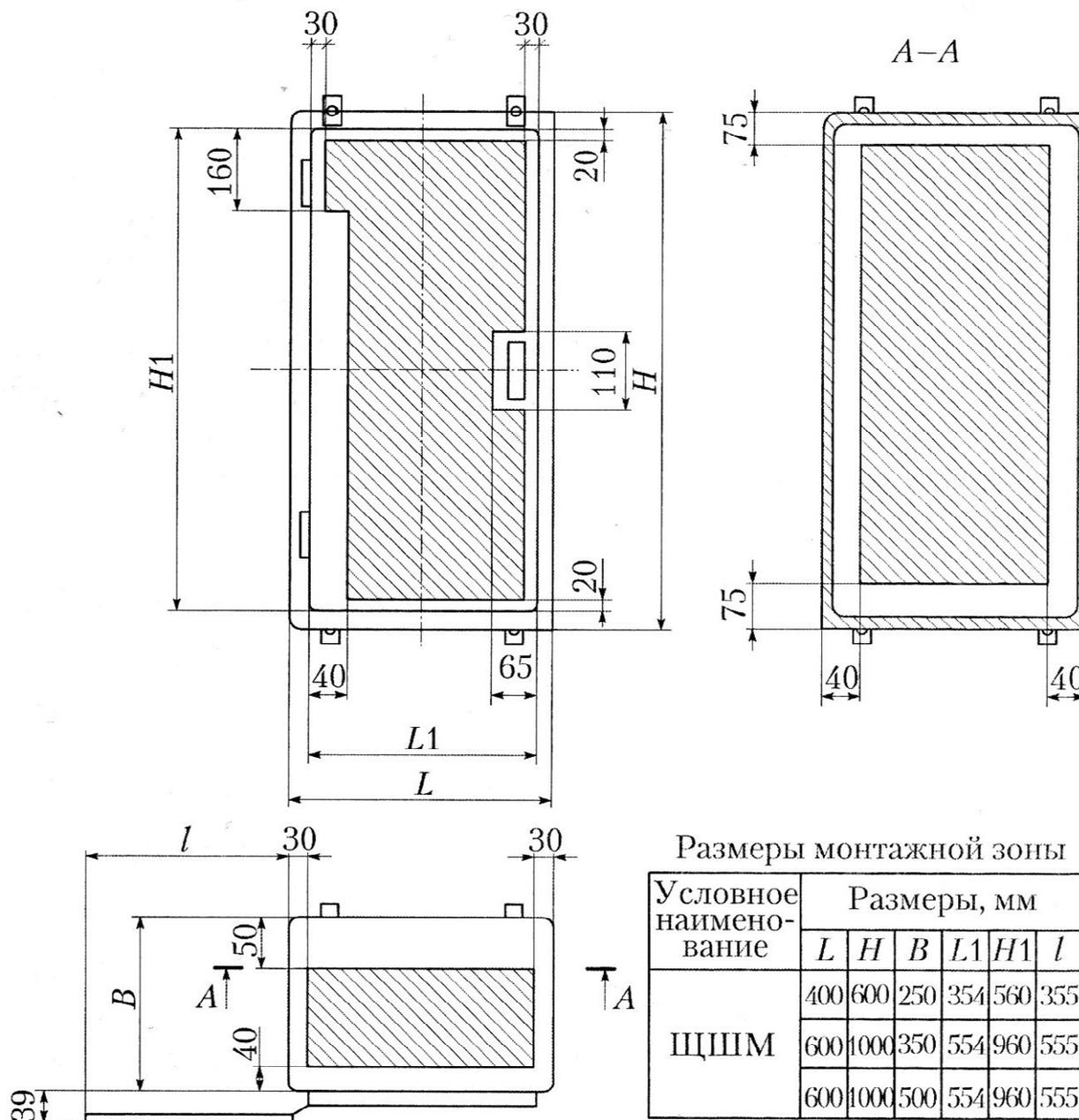


Рисунок 3.53 – Допустимые поля монтажа малогабаритных щитов

Приборы и средства автоматизации рекомендуется размещать на следующих расстояниях по высоте (от основания щита до горизонтальных осей приборов и аппаратов):

- показывающие приборы и сигнальная арматура – 1000–1650 мм, допустимо 800–2100 мм;
- регистрирующие приборы на оперативных щитах без приставных пультов 900–1900 мм;

- регистрирующие приборы на оперативных щитах с приставными пультами – 1100–1700 мм;
- регистрирующие приборы на неоперативных щитах – 700–2000 мм;
- оперативная (командная) аппаратура управления (переключатели, ключи и кнопки управления) – 700–1500 мм;
- мнемосхемы на щитах, панели оператора – 1000–2100 мм.

Расстояние от основания щита до нижней кромки прибора должно быть не менее 500 мм.

При размещении приборов и средств автоматизации на фасадах щитов малогабаритного исполнения следует учесть, что щиты крепятся к стене или устанавливаются на стойках таким образом, что расстояние между бетонным основанием и днищем щита равно 800 мм. Также необходимо учитывать при использовании щитов шкафных, что поле нижней панели является декоративным и не предназначено для установки аппаратуры. Для исполнения II на поле средней панели располагают крупногабаритные и самопишущие приборы, органы управления; на поле верхней панели – сигнальную арматуру, малогабаритные показывающие приборы, компактные мнемосхемы.

Аппаратуру внутри шкафных щитов и на панельных щитах рекомендуется устанавливать на следующих расстояниях по высоте от основания щита до основания приборов:

- трансформаторы и источники питания (как редко обслуживаемые) – 1700–2000 мм;
- выключатели, предохранители, ключи – 700–1700 мм;
- реле – 600–1900 мм;
- воздушные фильтры и редукторы – 500–1500 мм;
- воздушный коллектор – 250–500 мм;
- сборки зажимов (при горизонтальном расположении) с учетом разделки кабеля – 350–800 мм;
- в случае установки двух и более горизонтальных сборок расстояние между ними должно быть – 200 мм;
- сборки зажимов (при вертикальном расположении) с учетом разделки кабеля снизу и сверху: нижний край сборки – 350 мм, верхний край сборки – 1900 мм;
- стойки для крепления кабелей – 150 мм.

При размещении аппаратов на боковых стенках малогабаритных щитов глубиной 500 мм дополнительно устанавливается угольник У32 по ТКЗ-262-90, имеющий ряд перфорированных отверстий диаметром 6,6 мм с шагом 25 мм (конструкции установочных изделий раскрыты в приложении Ж). Сборки

контактных зажимов в этих щитах располагаются горизонтально на задней стенке, допускается горизонтальная или вертикальная установка на боковой стенке малогабаритных щитов. При размещении аппаратуры на монтажной стороне панели рекомендуется группировать ее по принадлежностям к системам измерения, регулирования, управления и сигнализации, а внутри этих групп компоновать по роду тока и величине напряжения, типам аппаратов и т. д.

Вводы электрических проводов в щиты и пульты должны выполняться:

- в щиты шкафные, шкафные малогабаритные – снизу;
- в пульты – снизу;
- в щиты панельные с каркасом – снизу и сверху.

Устройства, в которых во включенном состоянии выделяется тепло (лампы, резисторы, трансформаторы и т. п.), следует размещать в верхней части щитов. Аппараты и приборы, характеристики которых существенно зависят от температуры окружающей среды, следует размещать в зонах, удаленных от устройств, выделяющих тепло.

Компоновку аппаратов в щитах рекомендуется выполнять в следующем порядке:

1. Определить монтажную зону соответствующей плоскости щита по рисунку 3.52 или 3.53.

2. Определить поле монтажа свободное от «теней» приборов и аппаратов, устанавливаемых на смежной плоскости щита. При определении размеров тени необходимо учитывать также площадь, перекрываемую крышкой аппарата при ее снятии.

3. Наметить вариант взаимного расположения (композицию) устанавливаемых аппаратов и места прокладки жгутов проводов (труб).

4. Подобрать способы установки аппаратов и установочные конструкции соответственно намеченной композиции. Если аппараты можно установить на одной и той же установочной конструкции несколькими способами, предпочтение следует отдать наиболее простому (по металлоемкости, количеству узлов крепления, компактности).

5. Найти монтажные зоны аппаратов по таблицам соответствующих типовых чертежей на основе принятых способов установки (приложение Ж). Монтажную зону аппарата, отсутствующую в сборнике, находят, как сумму: габарит устанавливаемого аппарата плюс разность размеров монтажной зоны и габарита аппарата – аналога.

6. Проверить правильность намеченной компоновки по большему габариту фасадной панели или внутренней плоскости щита. Выбирают ближайший

больший стандартный размер щита и затем производят окончательную компоновку приборов и аппаратуры в габаритах выбранного щита.

Требования к документации на щиты автоматики раскрыты в приложении Ж.

### 3.8.3 Разработка щита автоматики для примера варианта кормораздачи

Исходными материалами для проектирования щита автоматики в первую очередь являются принципиальные схемы. Остановимся на варианте, реализованном на схеме по рисункам 3.12, 3.17, 3.18, с перечнем элементов, представленным рисунками 3.24–3.25. В соответствии с перечнем элементов к принципиальной схеме разделим аппаратуру, устанавливаемую в щите и по месту, а также на фасаде (двери) щита и внутри щита. Определим исходные данные для компоновки, используя данные приложения Ж, и оформим их в таблицы 3.24 и 3.25.

Затем подсчитаем монтажную зону, занимаемую аппаратами отдельно на фасаде и внутри щита.

Для заполнения первой таблицы следует воспользоваться сведениями из РТМ 25-91-90 (приложение И). При этом графы 1 и 2 заполняются в соответствии с перечнем элементов к принципиальной электрической схеме. Графы 3–10 и 13 в соответствии с графами 3–11 таблицы И.1 (приложение И) по типу прибора. Графы 11 и 12 в соответствии с данными таблицы И.2 по группе, к которой относится аппарат. Расстояние по горизонтали определяется как сумма удвоенного размера В (графа 5 таблицы И.1) и удвоенного размера таблицы И.2 между приборами по горизонтали. Аналогично определение расстояния по вертикали с учетом размера Н. После заполнения таблицы следует подсчитать площадь, занимаемую монтажными зонами аппаратов:

$$S_f = \sum N \cdot (B1 + B2) (H1 + H2) \quad (3.16)$$

где  $N$  – количество однотипных аппаратов;

$B1, B2$  – размер монтажной зоны по горизонтали (таблица И.1);

$H1, H2$  – размер монтажной зоны по вертикали (таблица И.1).

Для заполнения второй таблицы используют данные ОСТ 36.13–90 и каталогов аппаратуры (приложение И). Графы 3 и 4 заполняются в соответствии с перечнем элементов к принципиальной электрической схеме.

Таблица 3.24 – Исходные данные для компоновки аппаратов на фасаде щита

Наименование и тип прибора	Количество (N)	Группа	Размеры от края щита до оси прибора, мм	Размер прибора по фланцу, мм		Размеры монтажной зоны, мм				Размер до оси аналогичного прибора (слева\справа, сверху\снизу)		Обозначение монтажного чертежа
				B	H	B1	B2	H1	H2	горизонтальной	вертикальной	
HL1–HL6 – светодиодная индикаторная лампа СКЛ	6	3	70	19	19	25	25	25	25	99	99	TM4-1117–90
SB1–SB6 – выключатель KE181Y3	6	4	80	20	21	35	35	25	25	120	122	TM4-1148–73
SA1 – переключатель NEF30	1	15	120	35	36	75	75	75	75	190	192	TM4-1206–73
Итого требуемая площадь $S_f = 585 \text{ см}^2$												
Монтажная площадь фасада щита ЩШМ 1000×600 $S_{щ} = 5318,4 \text{ см}^2$ , что позволяет обеспечить установку в данный щит этой аппаратуры												
<p>Примечание – Графы 1, 2, 5–18 в соответствии с данными таблицы И.3 (приложение И). При расчете необходимой площади аппаратов в качестве размеров <math>h</math> и <math>h_1</math> по усмотрению проектировщика выбирается минимальный или максимальный размер. В соответствии с большим размером <math>S_f</math> или <math>S_v</math> следует подобрать типоразмер щита так, чтобы выполнялось условие: <math>S_{щ} \geq S_f</math> или <math>S_{щ} \geq S_v</math>. Для данного случая большая площадь <math>S_v</math>. Поэтому сравниваем площадь, занимаемую аппаратами, с монтажной площадью щита. Получаем, что подходит щит малогабаритный с размерами 1000×600×500, так как <math>S_{щ} \geq S_v</math>, то есть <math>4420 &gt; 3129,4</math>. Поэтому производим компоновку аппаратуры в габаритах данного щита. Далее остается оформить документацию на щит автоматики (рисунки 3.54–3.56). Следует заметить, что для компоновки аппаратуры и оформления документации можно использовать графический редактор AutoCAD с программами, написанными на AutoLisp, порядок действия с которыми изложен в [33, с. 163].</p>												

Таблица 3.25 – Исходные данные для компоновки аппаратуры внутри щитов

Условное наименование	Рисунок	Аппарат	Количество (N)	Монтажная зона аппарата, мм						Габаритные и установочные размеры аппарата, мм					Максимальное количество в щите ЩШМ 1000×600	Установочная конструкция	Необходимая для аппаратов площадь, см <sup>2</sup> $S_i = N \cdot L \cdot (h + h_1)$	
				L	B	h		h <sub>1</sub>		L <sub>1</sub>	H	B <sub>1</sub>	A	A <sub>1</sub>				
						min	max	min	max					min				max
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
270	2, 4	QF1-QF4 – выключатель АЕ2033ММ-20Н-20У3-А 380В, 50Гц	7	55	119	100	160	100	100	35	143,5	119	110	124	164	7	ТК3-286-90	4·5,5·20 = = 440
275	6	SF1 – выключатель ЭльФ-102-1/05	1	18	75	65	65	65	65	17,5	74,4	75	-	-	-	25	DIN-рейка	1·1,8·13 = = 23,4
-	6	GV1 – источник стабилизированного питания CP-SNT	1	100	50	30	30	30	30	90	50	40	-	-	-	-	DIN-рейка	1·10·6 = = 60

Окончание таблицы 3.25

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
–	6	A1 – контроллер AL2-14MR-D Mitsubishi Electric	2	150	70	100	100	100	100	124,6	52	90	–	–	–	–	DIN- рейка	1·15·20 = = 300
–	6	B1 – весовой инди- катор CI-2001A	1	100	50	30	30	30	30	90	50	40	–	–	–	–	DIN- рейка	1·10·6 = = 60
188	6	K1–K6 – реле мало- габаритное R2-1012- 23-1024, 24 VDC	6	40	73	60	60	50	50	31	72	73	–	–	–	–	TK3- 277–90	6·4·11 = = 264
3	1	KK1, KK2 – реле электротепловое токовое РТТ	2	85	76	60	60	60	60	67	56	76	–	–	–	5	TK3- 286–90	2·8,5·12 = = 204
253	2, 4	KM1–KM5 – пуска- тель магнитный ПМЛ-110004А, 50 Гц, 220 В	5	65	74	70	130	70	70	44	67	74	50	64	104	7	TK3- 285–90	5·6,5·20 = = 650
–	2, 4	UZ1 – transforma- тор частоты HITACHI SJ100- 015HFE	1	150	200	100	200	100	200	130	114	163	100	–	–	5	TK3- 286–90	1·20·20 = = 400
3	2	ХТ1–ХТ4 – блок зажимов Б324 – П16 – В/ВУ3-10 (установка по ТК3-165–90)	4	Монтажная зона по рисунку И.4 приложения И						118	33	34	–	–	–	4	TK3- 266–90	4·13·14 = = 728
Итого требуемая площадь, $S_v$ (сумма чисел графы 19 $\sum S_i$ )																		3129,4
Внутренняя монтажная зона щита ЩШМ 1000×600, $S_{щ}$																		4420

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
		<u>Документация</u>			
	02.49.001.22 - АТХ	Таблицы соединений	1		
	02.49.001.22 - АТХ	Таблицы подключений	1		
		<u>Стандартные изделия</u>			
1		Щит ЩШМ-ЗД-1-1000х600х500 УХЛЗ.1 ОСТ 36.13-90	1		
2		Рейка ТКЗ-266-90	8		
3		Угольник У600 ТКЗ-286-90	5		
4		DIN рейка ТКЗ-277-90	0,6	м	
		<u>Прочие изделия</u>			
5	A1	Контроллер AL2-14MR-D	1		
6	A1	Модуль расширения AL2-2DA	1		
7	B1	Весовой индикатор CI-2001A REP. OF KOREA	1		
8	GV1	Источник стабилизированного питания CP-SNT 160W, 5MBC.6.5A Germany, Paderborn, Weldmuller	1		
9	HL1	Светодиодная индикаторная лампа СКЛ 11, В-Ж-2-220, желтый ЕНСК.433137.011 ТУ	1		
<b>01.49.001.22-АТХ</b>					
<b>Автоматизация процесса раздачи корма</b>					
<i>Изм.</i>	<i>Кол.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Док</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>
<i>Разраб.</i>					
<i>Руковод.</i>					
<i>Консульт.</i>					
<i>Зав.каф.</i>					
		Свинарник	Стадия У	Лист 1	Листов 5
		Щит управления. Общий вид	БГАТУ N		
<b>01.49.001.22-АТХ</b>					<i>Лист</i> 2
<i>Формат А4</i>					

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
10	HL2,HL4,HL5,HL6	Светодиодная индикаторная лампа СКЛ 11, В-Л-2-220, зеленый ЕНСК.433137.011 ТУ	4		
11	HL3	Светодиодная индикаторная лампа СКЛ 14, В-К-2-220, красный ЕНСК.433137.014 ТУ	1		
12	КК1	Реле тепловое РТТ-111УХЛ4, 1,6 А ТУ16-647.024-85	1		
13	КК2	Реле тепловое РТТ-111УХЛ4, 2,5 А ТУ16-647.024-85	1		
14	КМ1...КМ5	Пускатель магнитный ПМЛ-11000А, 50 Гц, 220 В ТУ16-664.001-83	5		
15	K1...K6	Реле малогабаритное R4-2014-23-1024, 24 VDC, 4П	6		
16	QF1	Выключатель АЕ2033ММ-20Н-20У3-А, 380В, 50Гц 16А, 12In ТУ16-522.148-80	1		
17	QF2	Выключатель АЕ2033ММ-20Н-20У3-А, 380В, 50Гц 1,6А, 12In ТУ16-522.148-80	1		
18	QF3	Выключатель АЕ2033ММ-20Н-20У3-А, 380В, 50Гц 2,5А, 12In ТУ16-522.148-80	1		
19	QF4	Выключатель АЕ2033ММ-20Н-20У3-А, 380В, 50Гц 3,15А, 12In ТУ16-522.148-80	1		
20	SA1	Кнопка поворотная NEF30-Pdn, ЮЧ	1		
21	SB1...SB6	Выключатель KE181УЗ, исп. 1, синий ТУ16-642.015-84	5		
22	SB5	Выключатель KE181УХЛЗ, исп. 5, красный	1		
23	SF1	Выключатель ЭЛЬФ-102-102, 220/380 В, 50 Гц, 2 А, С ГОСТ 50345-92	1		
24	UZ1	Преобразователь частоты ИТАСНІ S1100-01/5HFE	1		
25	XT1...XT4	Блок зажимов Б324-4П16-В/ВУ3-10	4		
26		Рамка РПМ 66х26 ТУ36. 1130-79	14		
		<u>Материалы</u>			
27		Провод ПВ1 1 380 ГОСТ 6323-79	46	м	
28		Провод ПВ1 3 380 ГОСТ 6323-79	36	м	
<b>01.49.001.22-АТХ</b>					
<i>Изм.</i>	<i>Кол.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Док</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>
<i>Формат А4</i>					

Рисунок 3.54 – Перечень элементов щита автоматики для варианта раздачи корма мобильным кормораздатчиком

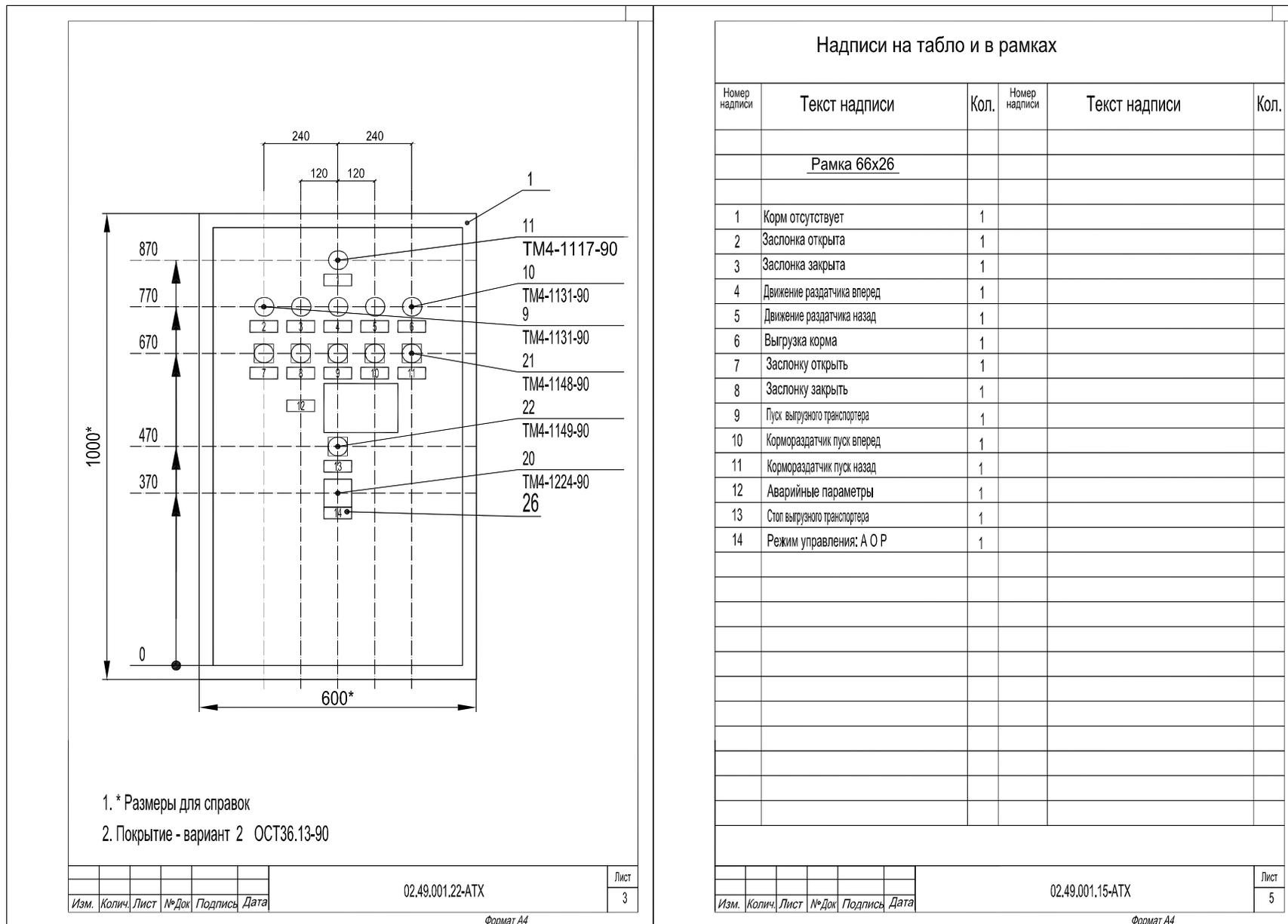


Рисунок 3.55 – Вид спереди и таблица надписей на табло и в рамках

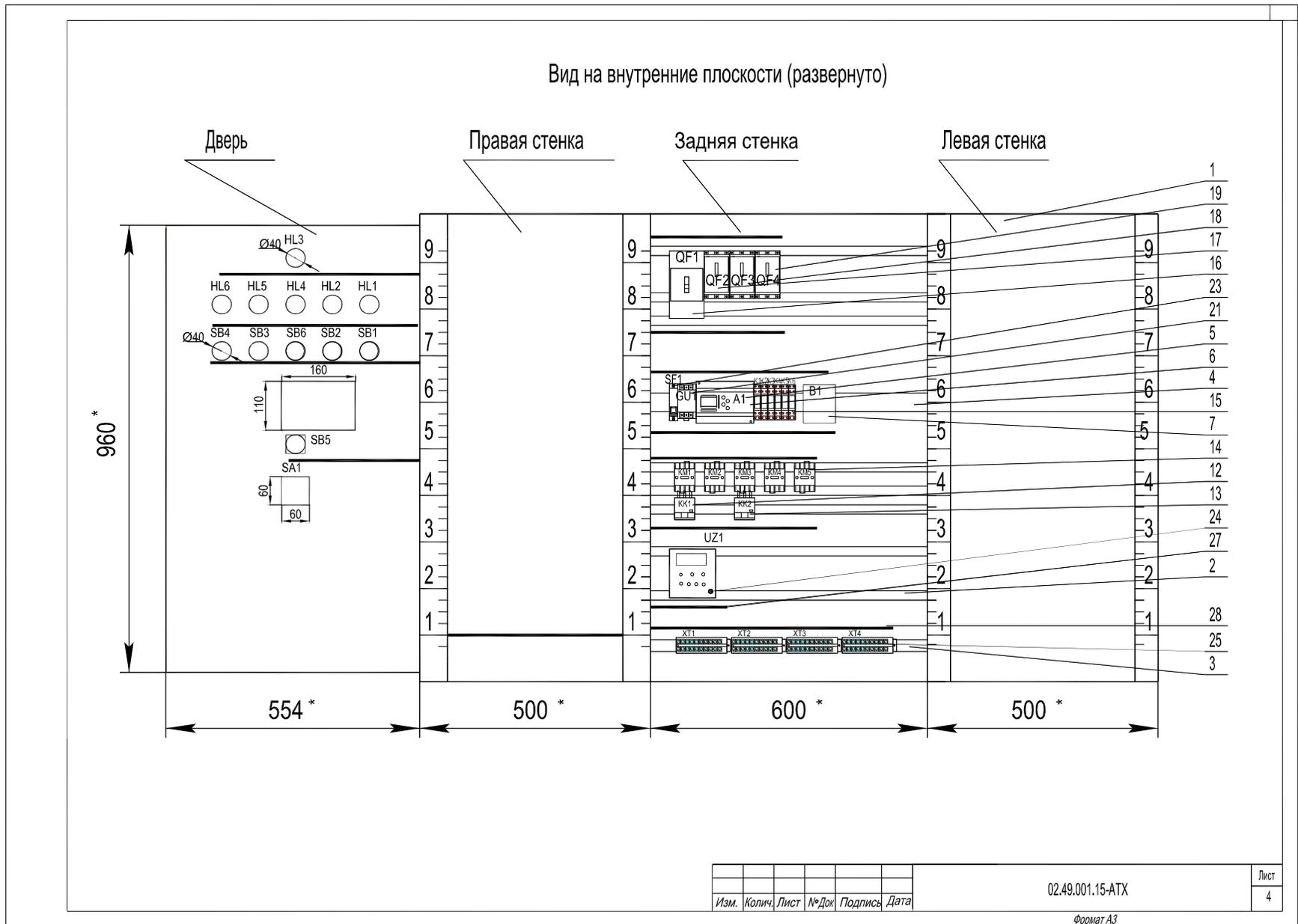


Рисунок 3.56 – Оформление вида на внутренние плоскости щита автоматики

### 3.9 Заключительные шаги при работе над курсовым проектом

В заключение при работе над проектом кратко резюмируют сущность разработки, показывают преимущества предлагаемого варианта автоматизации. Для рассматриваемого примера кормораздачи содержание заключения может быть примерно следующим.

При анализе исходных данных выявлены требования к системе автоматизации: автоматическое включение линии 5 раз в сутки; своевременная и быстрая раздача кормовых смесей; в соответствии с зоотребованиями в каждую кормушку должно быть загружено  $q$  кг корма; должна предусматриваться возможность еженедельного изменения дозы корма в расчете на голову (групповое нормирование); должно быть предусмотрено несколько режимов работы оборудования, технологическая и аварийная сигнализация. Реализовать данные требования позволяет система автоматического управления на базе ПЛК AL2-14MR-D с комплектом датчиков. Для возможности дозированной кормораздачи предусмотрена установка преобразователя частоты SJ100-015HFE для управления электродвигателем выгрузного устройства кормораздатчика. Отображение технологических и аварийных параметров дополнительно к сигнальной аппаратуре, установленной на щите автоматике, целесообразно обеспечить также и на дисплее контроллера.

Предложенная САУ ТП обеспечит точность раздачи корма, облегчение труда оператора и, следовательно, некоторое сокращение текущих издержек на процесс кормораздачи при увеличении капитальных затрат, связанных с приобретением технических средств автоматизации.

## Заключение

В учебно-методическом пособии в качестве варианта разработки системы автоматического управления технологическим процессом рассмотрен сквозной пример разработки системы управления кормораздачей мобильным кормораздатчиком. При этом основное техническое решение раскрыто в документации проекта автоматизации. При выполнении проекта автоматизации следует досконально изучить технологический процесс, определить возможные пути автоматизации управления, проработать возможные варианты использования новейших разработок в области автоматизации на предмет их реализации в конкретном технологическом процессе, решить вопросы разработки алгоритма управления и его реализации в структуре и программе управления, реализовать решение на принципиальной схеме, дополнив цепями сигнализации и контроля, оформить монтажную документацию и документацию на щиты. От полноты и доскональности проработки этих вопросов зависит качество проекта автоматизации в целом.

## Список использованной литературы

1. Фурсенко, С. Н. Автоматизация технологических процессов : учебное пособие / С. Н. Фурсенко, Е. С. Якубовская, Е. С. Волкова. – Минск : БГАТУ, 2007. – 592 с.
2. Фурсенко, С. Н. Автоматизация технологических процессов сельскохозяйственного производства : учебное пособие / С. Н. Фурсенко, Е. С. Якубовская, Е. С. Волкова. – Минск : ИВЦ Минфина, 2011. – 280 с.
3. Гурин, В. В. Общие требования к организации проектирования и правила оформления дипломных и курсовых проектов (работ) : учебно-методическое пособие / В. В. Гурин, Е. С. Якубовская, И. П. Матвеевко [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2014. – 144 с.
4. ГОСТ 34.003-90. Информационная технология. Комплекс стандартов по автоматизированным системам. Автоматизированные системы. Термины и определения. – Взамен ГОСТ 24.003-84 ; введ. 01.01.1992. – Минск : Госстандарт, 1992. – 20 с.
5. Справочник по наладке автоматических устройств контроля и регулирования : в 2 ч. / В. А. Дубровский [и др.]. – Киев : Наукова думка, 1981. – 2 ч.
6. Реле времени программируемое циклическое PCZ-521, PCZ-522 : паспорт. – Минск : СООО «Евроавтоматика ФиФ», 2013. – 8 с.
7. Альфа универсальный контроллер : руководство пользователя. – М. : MITSUBISHI, 2008. – 33 с.
8. Программируемый контроллер MELSEC FX : руководство пользователя. – М. : MITSUBISHI, 2008. – 101 с.
9. SIEMENS. Программируемые контроллеры S7-1200. – М. : SIEMENS, 2013. – 876 с.
10. Фурсенко, С. Н. Автоматизация технологических процессов : учебное пособие / С. Н. Фурсенко, Е. С. Якубовская, Е. С. Волкова. – Минск : Новое знание; М. : ИНФРА-М, 2015. – 376 с.
11. Элементы и устройства сельскохозяйственной автоматики : справочное пособие / Н. И. Бохан [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Ураджай, 1989. – 238 с.
12. Нестеров, А. Л. Проектирование АСУТП : методическое пособие : в 2 кн. Книга 2. – СПб. : Издательство ДЕАН, 2009. – 944 с.
13. Преобразователи частоты Hitachi : инструкция по эксплуатации. – Владимир : ВЭМЗ–Спектр, 2009. – 81 с.

14. САУ-МП. Логический контроллер. Паспорт и руководство по эксплуатации. – М. : ОВЕН, 2009. – 100 с.
15. Кузьмина, Т. Н. Технологии и оборудование для свиноводства : справочник / Т. Н. Кузьмина, Н. П. Мишуров. – М. : Росинформагротех, 2013. – 172 с.
16. Шейко, И. П. Свиноводство : учебник / И. П. Шейко, В. С. Смирнов, Р. И. Шнейко. – Минск : ИВЦ Минфина, 2013. – 376 с.
17. Гильман, З. Д. Свиноводство и технология производства свинины : учебное пособие. – Минск : Ураджай, 1995. – 368 с.
18. Технологическое и техническое переоснащение свиноводческих ферм на современном этапе. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 168 с.
19. Техническое обеспечение процессов в животноводстве : учебник / В. К. Гриб, Л. С. Герасимович, С. С. Жук. – Минск : Бел. наука, 2004. – 831 с.
20. Гируцкий, И. И. Компьютеризированные системы управления в сельском хозяйстве / И. И. Гируцкий, А. Г. Сеньков. – Минск : БГАТУ, 2014. – 212 с.
21. Механизация и технология животноводства : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Механизация сельского хозяйства» (направление 110800 «Агроинженерия») / В. В. Кирсанов [и др.]. – М. : ИНФРА-М, 2016. – 585 с.
22. ГОСТ 21.408–2013. СПДС. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов. – Взамен ГОСТ 21.408–93 ; введ. 01.03.2016. – Минск : Госстандарт, 2016. – 44 с.
23. ГОСТ 21.208–2013. СПДС. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – Взамен ГОСТ 21.404–85 ; введ. 01.03.2016. – Минск : Госстандарт, 2016. – 36 с.
24. Якубовская, Е. С. Проектирование систем автоматизации : учебное пособие / Е. С. Якубовская. – Минск : БГАТУ, 2018. – 360 с.
25. Сигнализатор СУМ-1С [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://sum.1s.ru>. – Дата доступа: 13.12.2023.
26. Платформенные и складские весы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cascis.ru/>. – Дата доступа: 13.12.2023.
27. Выключатели путевые типа ВП-1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://electro.mashinform.ru/vyglyuchateli-i-pereklyuchateli-putevye-konechnye/vyglyuchateli-putevye-tipa-vp-1-obj488.html>. – Дата доступа: 13.12.2023.
28. Электропривод : учебно-методическое пособие по курсовому и дипломному проектированию. Часть 1: Проектирование нерегулируемого электропривода рабочей машины / В. В. Гурин. – Минск : БГАТУ, 2006. – 314 с.

29. IEC 61131-3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://ru.m.wikipedia.org/wiki/IEC\\_61131-3](https://ru.m.wikipedia.org/wiki/IEC_61131-3). – Дата доступа: 13.12.2023.

30. GT Designer2. Графическое программное обеспечение для серии GOT1000. Пособие для начинающего. – М. : MITSUBISHI, 2008. – 146 с.

31. Микропроцессорная техника систем автоматизации. Курсовое проектирование : учебно-методическое пособие / сост. А. Г. Сеньков. – Минск : БГАТУ, 2019. – 96 с.

32. Гируцкий, И. И. Микропроцессорная техника систем автоматизации : учебно-методическое пособие / И. И. Гируцкий, А. Г. Сеньков. – Минск : БГАТУ, 2022. – 224 с.

33. Якубовская, Е. С. Системы автоматизированного проектирования электротехнических установок: учебное пособие / Е. С. Якубовская. – Минск : Вышэйшая школа, 2020. – 220 с.

34. ГОСТ 2.105–95. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. – Взамен ГОСТ 2.105–79, ГОСТ 2.906–71; введ. 08.08.1995. – Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1995. – 27 с.

35. СТБ 2255-2023. СПДС. Основные требования к проектной документации. – Взамен СТБ 2255-2012; введ. 01.10.2023. – Минск : Госстандарт, 2023. – 48 с.

36. ГОСТ 2.780–96. ЕСКД. Обозначения условные графические. Кондиционеры рабочей среды, емкости гидравлические и пневматические. – Введ. 01.01.1998 – М. : Изд-во стандартов, 1995. – 8 с.

37. ГОСТ 2.782–96. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Машины гидравлические и пневматические. – Введ. 01.01.1998 – М. : Изд-во стандартов, 1995. – 12 с.

38. ГОСТ 2.788–74. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Аппараты выпарные. – Введ. 01.01.1975. – М. : Изд-во стандартов, 1974. – 6 с.

39. ГОСТ 2.789–74. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Аппараты теплообменные. – Введ. 01.01.1975. – М. : Изд-во стандартов, 1974. – 6 с.

40. ГОСТ 2.790–74. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Аппараты колонные. – Введ. 01.01.1975. – М. : Изд-во стандартов, 1974. – 6 с.

41. ГОСТ 2.791–74. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Отстойники и фильтры. – Введ. 01.01.1975. – М. : Изд-во стандартов, 1974. – 6 с.

42. ГОСТ 2.792–74. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Аппараты сушильные. – Введ. 01.01.1975. – М. : Изд-во стандартов, 1974. – 6 с.

43. ГОСТ 2.793–79. ЕСКД. Обозначения условные графические. Элементы и устройства машин и аппаратов химических производств. Общие обозначения. – Введ. 01.01.1981. – М. : Изд-во стандартов, 1978. – 7 с.

44. ГОСТ 2.794–79. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства питающие и дозирующие. – Введ. 01.01.1981. – М. : Изд-во стандартов, 1978. – 4 с.

45. ГОСТ 2.795–80. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Центрифуги. – Введ. 01.01.1982. – М. : Изд-во стандартов, 1979. – 4 с.

46. ГОСТ 2.303–68. ЕСКД. Линии. – Введ. 01.01.1971. – М. : Изд-во стандартов, 1967. – 6 с.

47. ГОСТ 2.305–2008. ЕСКД. Изображения – виды, разрезы, сечения. – Взамен ГОСТ 2.305–68; введ. 01.01.2010. – М. : Стандартинформ, 2009. – 23 с.

48. ГОСТ 2.306–68. ЕСКД. Обозначения графических материалов и правила нанесения их на чертежах. – Введ. 01.01.1971. – М. : Изд-во стандартов, 1967. – 6 с.

49. ГОСТ 2.784–96. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы трубопроводов. – Введ. 01.01.1998. – М. : Изд-во стандартов, 1998. – 11 с.

50. ГОСТ 14202–69. Трубопроводы промышленных предприятий. Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки. – Введ. 01.01.1971. – М. : Изд-во стандартов, 1968. – 15 с.

51. ГОСТ 2.785–70. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Арматура трубопроводная. – Введ. 01.01.1971. – М. : Изд-во стандартов, 1969. – 5 с.

52. ГОСТ 2.722–68. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические. – Введ. 01.01.1971. – М. : Изд-во стандартов, 1967. – 14 с.

53. ГОСТ 2.732–68. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Источники света. – Введ. 01.01.1971. – М. : Изд-во стандартов, 1967. – 7 с.

54. ГОСТ 2.741–68. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы акустические. – Введ. 01.01.1971. – М. : Изд-во стандартов, 1967. – 9 с.

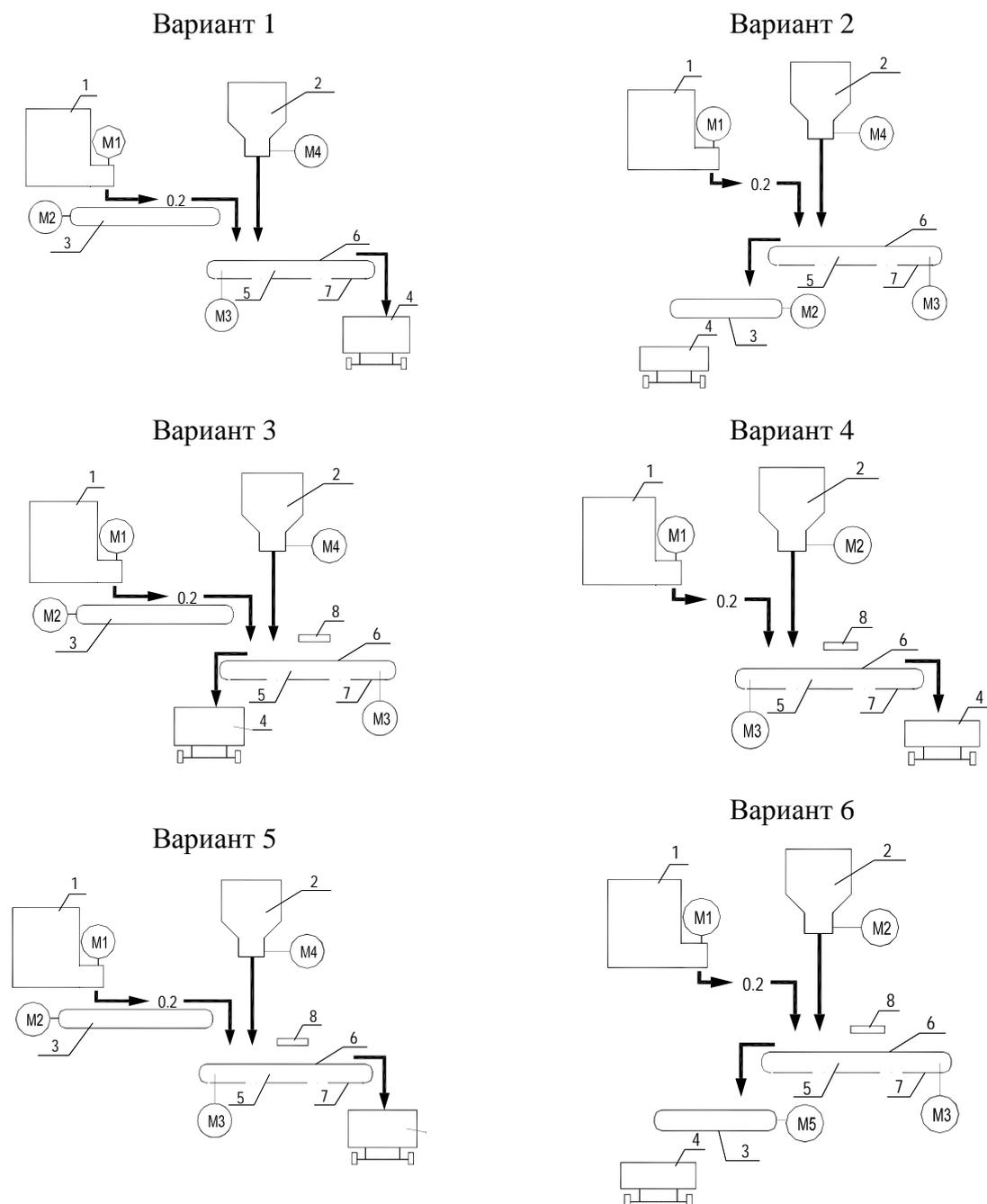
55. ГОСТ 2.710–81. ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах. – Взамен ГОСТ 2.701–84 ; введ. 01.01.2011. – Минск : Госстандарт, 2010. – 18 с.

56. Положение о допуске единиц величин к применению в Республике Беларусь, утв. 24.11.2020 Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 673 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22000673&p1=1&p5=0>. – Дата доступа: 07.06.2022.

## Приложение А (рекомендуемое)

### Примерные варианты заданий к курсовому проектированию

#### 1, 2, 3, 4, 5, 6 Автоматизация линии раздачи кормов в коровнике



1 – питатель грубых кормов; 2 – питатель комбикорма; 3 – транспортер;  
4 – тележка для кормовых отходов; 5 – цепочно-ленточный кормораздатчик  
(6 – лента, 7 – цепь); 8 – переходной мостик

Рисунок А.1 – Поясняющие технологические схемы к вариантам 1–6

Технологическая линия (рисунок А.1) обеспечивает раздачу двух компонентов рациона при послойной их загрузке на ленту 6 кормораздатчика 5. Перед раздачей корма кормораздатчик должен быть установлен в исходное положение (лента внизу, цепь вверху). В процессе установки кормораздатчика в исходное положение кормовые остатки сгружаются с ленты 6 и с помощью транспортера 3 сбрасываются в тележку 4.

После установки кормораздатчика в исходное положение начинается раздача корма, при этом корм равномерно распределяется вдоль кормораздатчика по всей длине. После завершения процесса раздачи корма технологическая линия отключается, а на транспортере 3 должны отсутствовать кормовые отходы.

В вариантах 3, 4, 5, 6 под переходным мостиком корм должен отсутствовать.

Схема управления должна обеспечить работу системы в автоматическом, наладочном режимах и защиту от работы в неполном технологическом режиме (отсутствие корма в питателе 2), при этом следует предусмотреть технологическую, аварийную сигнализацию и ручную блокировку для завершения процесса раздачи корма в неполном технологическом режиме. Пуск системы производится оператором вручную.

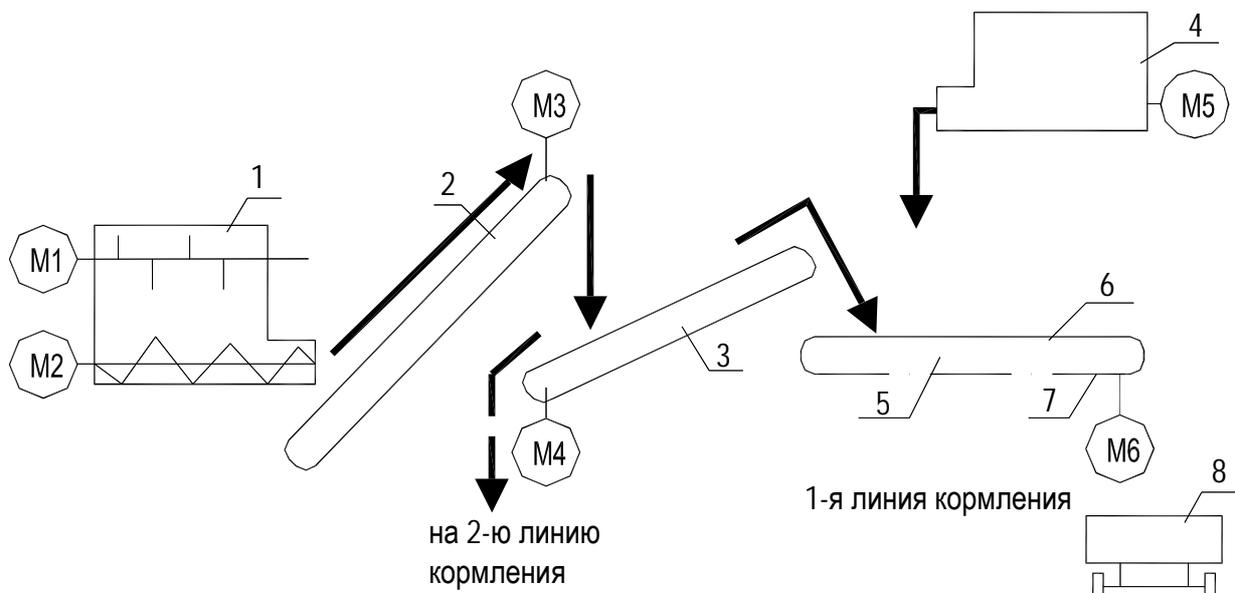
При выборе пускозащитной аппаратуры и разработке щита управления принять следующие мощности электроприводов:  $P_{н1}$ ,  $P_{н3}$ ,  $P_{н5}$  – 2,8 кВт;  $P_{н2}$  – 1,1 кВт;  $P_{н4}$  – 0,7 кВт.

## **7 Автоматизация линии раздачи кормосмеси в коровнике**

Перед раздачей комовые компоненты рациона (сенаж, измельченные корнеплоды и солома) загружаются в смеситель (рисунок А.2). После завершения смешивания кормосмесь с помощью транспортеров 2 и 3 подается на кормораздатчик 6. Одновременно с подачей на кормораздатчик кормосмеси на ленту транспортера дозатором 4 подается комбикорм.

Подача корма на раздатчик возможна лишь при установке ленты в исходное положение (лента внизу, цепь вверху). При установке ленты транспортера в исходное положение одновременно происходит автоматическая загрузка тележки 8 отходами корма.

Схема управления должна обеспечить: работу системы в автоматическом и наладочном режимах; равномерное заполнение кормораздатчика кормов по всей длине, при этом на транспортерах 2 и 3 после раздачи не должно оставаться остатков корма. Пуск системы осуществляется оператором вручную.



- 1 – питатель-смеситель; 2 – наклонный транспортер; 3 – распределительный транспортер;  
 4 – дозатор комбикорма; 5 – цепочно-ленточный кормораздатчик (6 – лента, 7 – цепь);  
 8 – тележка для отходов корма

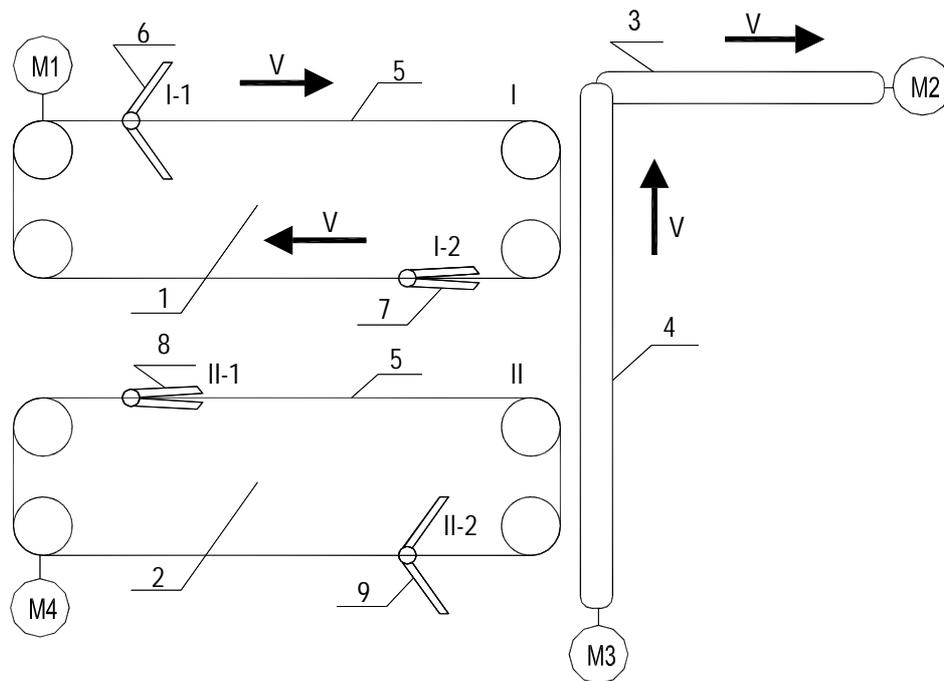
Рисунок А.2 – Технологическая схема раздачи кормосмеси в коровнике

При отсутствии корма в дозаторе 3, подача корма на кормораздатчик прекращается и подается звуковая сигнализация. Предусмотреть ручную блокировку от аварийного режима для завершения процесса раздачи без добавки комбикорма.

Схему управления разработать для одной линии. При выборе пускозащитной аппаратуры и разработке щита управления принять следующие мощности электроприводов:  $P_{н1} - 2,8$  кВт,  $P_{н2} - 1,7$  кВт;  $P_{н3}, P_{н4} - 1,1$  кВт;  $P_{н5} - 0,6$  кВт;  $P_{н6} - 1,7$  кВт.

## 8, 9 Автоматизация линии уборки помета из птичников

Пуск установки для уборки помета из птичника производится кратковременным срабатыванием контактов суточного реле времени. На рисунке первая скреперная установка показана в рабочем состоянии, а вторая – в состоянии покоя. В рабочем состоянии скрепер 6 движется вправо, и скребки его раскрываются, а скребки скрепера 7 складываются. Скрепер 6 убирает помет из помещения и подает его на сборный транспортер 4. Скрепер 7 складывается и перемещается влево в исходное положение. Скрепер 6 останавливается и с выдержкой времени начинает перемещаться влево. Скреперы 6 и 7 меняются местами, первый совершает холостой ход, а второй рабочий. На рисунке скреперная установка II показана в исходном нерабочем состоянии.



I – первая скреперная установка; II – вторая скреперная установка;  
 3 – наклонный транспортер; 4 – сборный транспортер; 5 – тяговая цепь; 6 – скрепер (I-1);  
 7 – скрепер (I-2); 8 – скрепер (II-1); 9 – скрепер (II-2)

Рисунок А.3 – Технологическая схема уборки помета из птичника скреперными установками

**Вариант 8** предусматривает последовательное включение скреперных установок.

**Вариант 9** предусматривает одновременное включение скреперных установок.

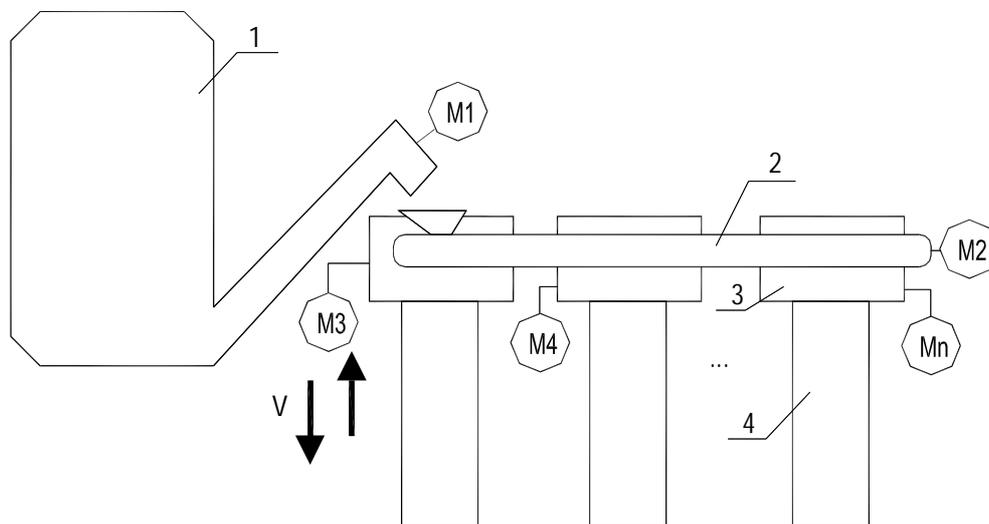
Схема управления должна обеспечить: работу скреперных установок в автоматическом, наладочном режимах, технологическую сигнализацию о ходе процесса. Реверс электродвигателей производится с выдержкой времени. После отработки скреперных установок весь помет должен быть удален из птичника.

При выборе пускозащитной аппаратуры и разработке щита управления принять следующие мощности электроприводов:  $P_{н1}, P_{н4} - 4,8$  кВт;  $P_{н2} - 1,1$  кВт;  $P_{н3} - 1,7$  кВт.

## 10 Автоматизация линии раздачи корма в птичнике

Процесс раздачи корма начинается с поочередного заполнения бункеров комбикормом с помощью распределительного транспортера 2. После заполнения последнего кормораздатчика кормом линия подачи корма отключается. Включается привод первого кормораздатчика и он, перемещаясь над клеточными батареями, распределяет корм в лотках. В конце клеточной батареи кормораздатчик останавливается, и с выдержкой времени реверсируется привод кормораздатчика.

Кормораздатчик возвращается в исходное положение, после чего процесс раздачи корма аналогично повторяется на второй батарее, пока последовательно не отработают все кормораздатчики. Цикл раздачи закончен.



1 – питатель комбикорма; 2 – распределительный транспортер; 3 – кормораздатчик;  
4 – клеточная батарея

Рисунок А.4 – Технологическая схема раздачи корма в птичнике при клеточном содержании птицы

Схема управления должна обеспечить: работу системы в автоматическом, ручном и наладочном режимах; технологическую сигнализацию о ходе процесса; защиту от повторного включения при кратковременном прекращении подачи электроэнергии.

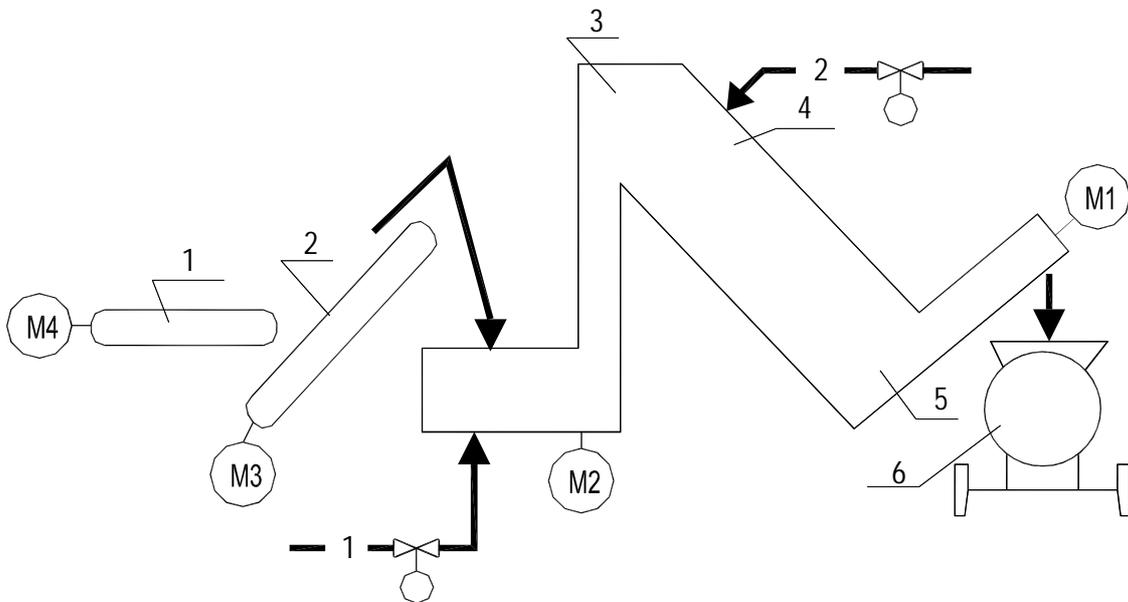
Пуск системы производится кратковременным замыканием контактов суточного реле времени при наличии корма на одну дачу в питатель 1, в противном случае подается аварийная сигнализация.

При выборе пускозащитной аппаратуры и разработке щитов управления принять следующие мощности электроприводов:  $P_{н1} - 0,7$  кВт;  $P_{н2} - 1,0$  кВт;  $P_{н3}$ ,  $P_{н4} - 1,7$  кВт.

## 11 Автоматизация линии запаривания картофеля

Линия (рисунок А.5) запускается в работу вручную оператором с места ручной загрузки сборного транспортера 1 при наличии в водопроводе воды и пара в теплосети.

Производится загрузка транспортера 1. Корнеплоды моются и загружаются в запарник. После загрузки запарника линия подачи корнеплодов отключается. Корнеплоды нагреваются до  $102^{\circ}\text{C}$ , после чего запариваются в течение 18–20 мин.



1 – сборный транспортер; 2 – наклонный транспортер; 3 – мойка корнеклубнеплодов;  
4 – запарник; 5 – выгрузной транспортер; 6 – кормораздатчик

Рисунок А.5 – Линия запаривания картофеля

После запаривания корнеплодов подача пара в запарник 4 прекращается.

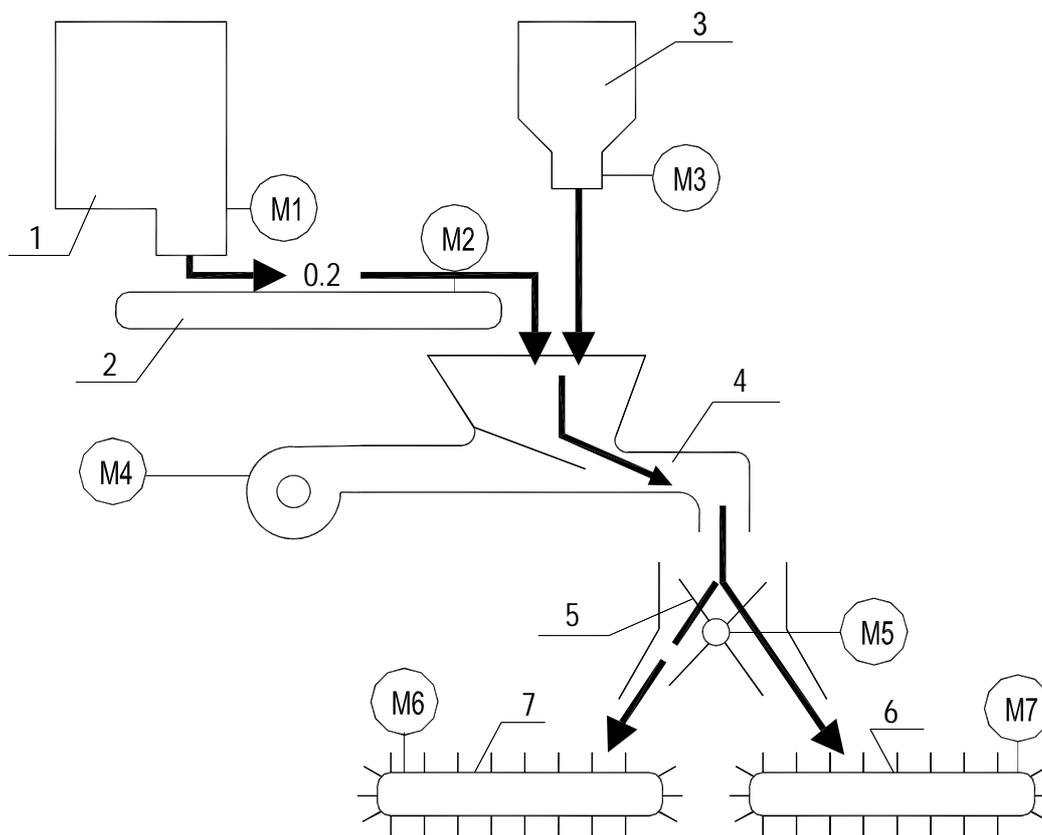
Выгрузка с одновременным мятием корнеплодов происходит, если под транспортером находится кормораздатчик-смеситель 6. После загрузки кормораздатчика до нормы транспортер 5 отключается.

Схема управления должна обеспечить: работу системы в автоматическом, наладочном режимах и обеспечить технологическую сигнализацию о ходе процесса.

При выборе пускозащитной аппаратуры и разработке щита управления принять следующие мощности электроприборов:  $P_{н1}$ ,  $P_{н3}$ ,  $P_{н4}$  – 1,1 кВт;  $P_{н2}$  – 3,0 кВт.

## 12 Автоматизация линии раздачи смеси корма пневмотранспортером

Линия раздачи кормосмеси пневмотранспортером используется при значительных расстояниях между кормоцехом и помещением для содержания животных. Смешивание сенажа и комбикорма обеспечивается в процессе транспортирования. Подача компонентов в транспортер производится после набора оборотов вентилятором. Сначала производится нормированная загрузка корма на группу животных в одну из кормушек – 6 или 7, а затем после освобождения воздуховода от корма производится переброс заслонки и нормированная загрузка второй групповой кормушки. После освобождения воздуховода от корма система отключается. Равномерное распределение корма в кормушках обеспечивается смонтированными внутри них транспортерами.



1 – питатель сенажа; 2 – транспортер; 3 – объемный дозатор комбикорма;  
4 – пневмотранспортер; 5 – перекидная заслонка; 6, 7 – групповые кормушки; 8 – вентилятор

Рисунок А.6 – Технологическая схема раздачи кормосмеси пневмотранспортером

Схема управления должна обеспечить: работу системы в автоматическом и наладочном режимах; технологическую сигнализацию и защиту от повторного включения приводов после пропадания напряжения в сети.

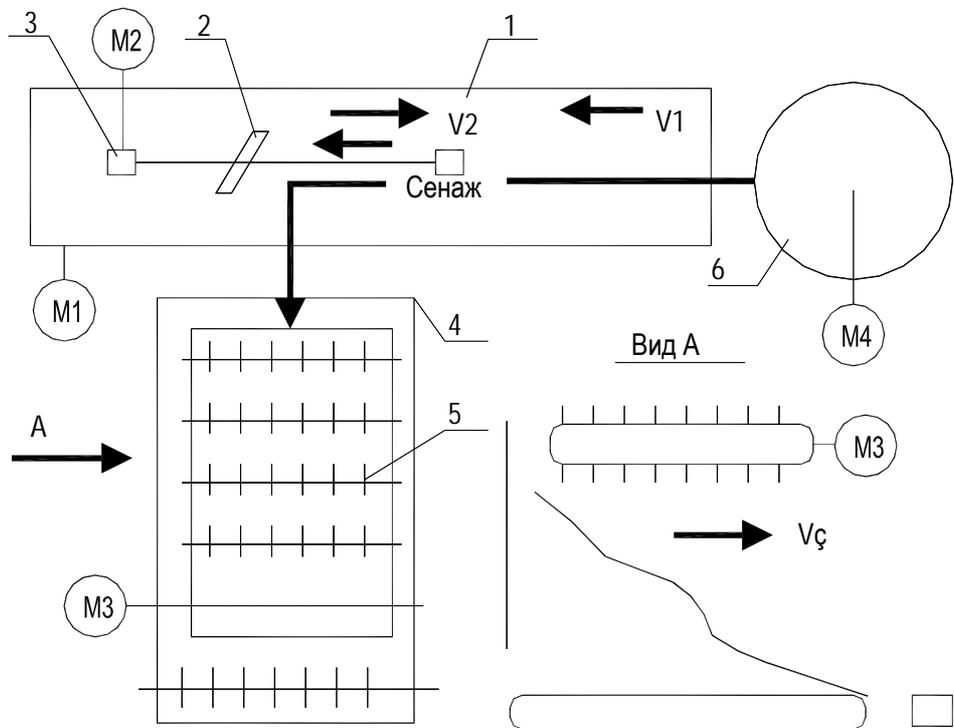
Включается система кратковременным срабатыванием контактов суточного реле времени при наличии корма в питателе 1 и дозаторе 3. При отсутствии корма в одном или обоих питателях подается аварийная световая и звуковая сигнализация диспетчеру.

При выборе пускозащитной аппаратуры и разработке щитов управления принять следующие мощности электроприводов:  $P_{н1}$ ,  $P_{н6}$  и  $P_{н7}$  – 2,8 кВт;  $P_{н5}$  – 0,6 кВт;  $P_{н2}$  – 1,1 кВт;  $P_{н4}$  – 10 кВт.

### 13 Автоматизация линии накопления сенажа

Назначение линии (рисунок А.7) – подача сенажа от питателя 6 и равномерное распределение его в бункере накопителе сенажа 4. Распределение сенажа по фронту накопителя 4 осуществляется с помощью возвратно поступательного движения скребка ( $V_2$ ) по ленте транспортера 1, подающего сенаж от питателя

( $V_1$ ). По мере заполнения бункера накопителя сенажом в задней его части распределитель 5 перемещает сенаж в переднюю часть бункера ( $V_3$ ) до полного его заполнения. После освобождения ленточного транспортера 1 от сенажа вся система останавливается.



1 – ленточный транспортер; 2 – скребок; 3 – привод скребка; 4 – накопитель сенажа;  
5 – распределитель сенажа; 6 – питатель сенажа

Рисунок А.7 – Технологическая схема накопления сенажа

Схема управления должна обеспечить: работу системы в автоматическом и наладочном режимах и технологическую сигнализацию о работе оборудования; защиту от повторного включения приводов после пропадания напряжения в сети.

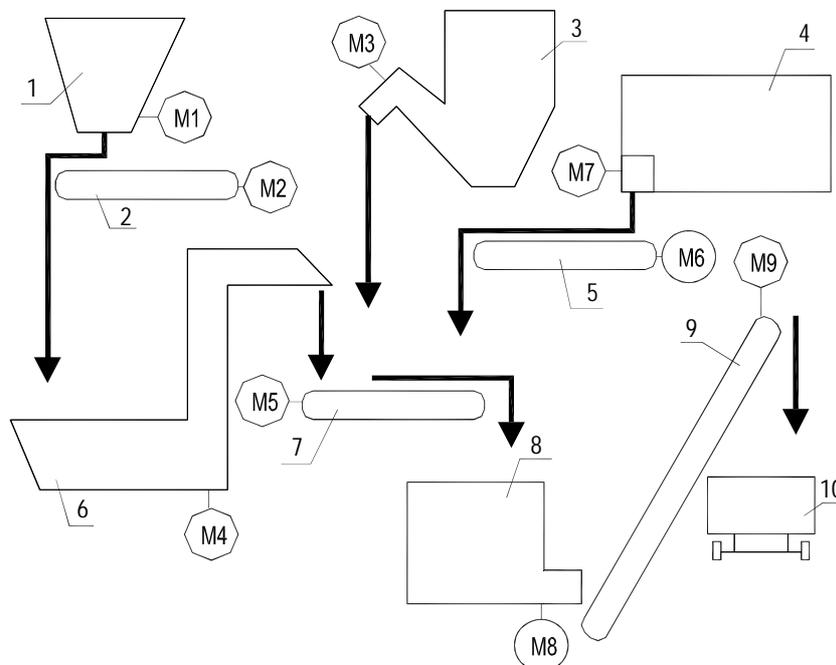
Включается система кратковременным срабатыванием контактов суточного реле времени.

При выборе пускозащитной аппаратуры и разработке щитов управления принять следующие мощности электроприводов:  $P_{н1} = 1,7$  кВт;  $P_{н2}, P_{н3} = 0,6$  кВт;  $P_{н4} = 2,8$  кВт.

#### 14 Автоматизация цеха приготовления кормосмеси для ферм КРС

Цех предназначен для приготовления кормовых смесей для крупных ферм КРС. Когда кормораздатчик находится под выгрузным транспортером 9 и в накопителях имеется корм, а в водопроводе – вода, оператор вручную запускает

технологическую линию приготовления кормов, при этом сначала подается предупредительная сигнализация, а затем в последовательности, обратной движению материала, запускаются агрегаты технологической линии. После заполнения кормораздатчика кормом до необходимой нормы все промежуточные транспортеры и измельчитель-смеситель освобождаются от корма и линия останавливается.



- 1 – накопитель корнеклубнеплодов; 2, 5 – перегрузочные транспортеры;  
 3 – питатель комбикорма; 4 – питатель грубых кормов; 6 – мойка корнеклубнеплодов;  
 7 – сборный транспортер; 8 – измельчитель-смеситель кормов; 9 – выгрузной транспортер;  
 10 – мобильный кормораздатчик

Рисунок А.8 – Технологическая линия приготовления кормосмесей для ферм КРС

Схема управления должна обеспечить: работу системы в автоматическом, наладочных режимах, технологическую сигнализацию о работе оборудования; защиту от повторного включения после кратковременного прекращения подачи энергии.

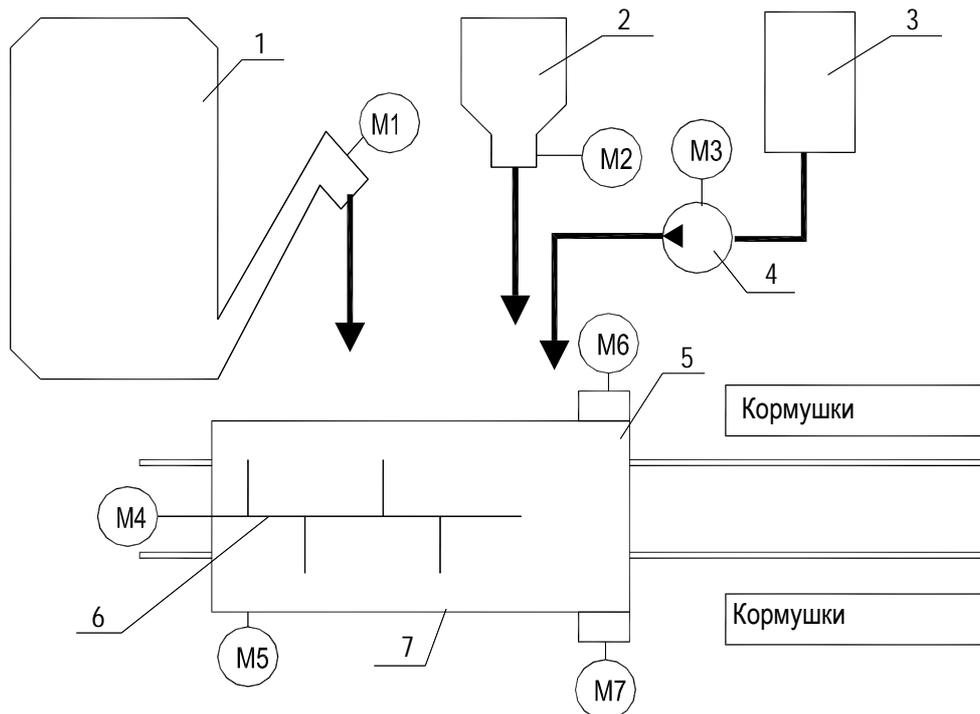
При выборе пускозащитной аппаратуры и разработке щитов управления принять следующие мощности электроприводов:  $P_{н1}$ ,  $P_{н2}$ ,  $P_{н6}$  – 1,7 кВт;  $P_{н3}$  – 0,7 кВт;  $P_{н4}$  – 3,0 кВт;  $P_{н5}$  – 2,8 кВт;  $P_{н7}$  – 4,5 кВт;  $P_{н8}$  – 60 кВт;  $P_{н9}$  – 1,1 кВт.

### 15, 16, 17, 18 Автоматизация линии раздачи кормосмеси в свиарнике

Линия раздачи кормосмеси в свиарнике (рисунок А.9) состоит из мобильного кормораздатчика и питателей-дозаторов мятого картофеля, обраты и комбикормов.

Если кормораздатчик-смеситель находится в исходном положении под питателями кормов и в дозаторах-питателях имеется корм минимум на одну дачу, кратковременным срабатыванием контактов суточного реле времени включается линия загрузки и кормораздатчик загружается кормом, после чего кормораздатчик перемещается к кормушкам и происходит раздача кормосмеси.

После завершения раздачи кормораздатчик возвращается в исходное положение.



- 1 – запарник-питатель картофеля; 2 – дозатор-питатель концентратов; 3 – емкость для обратного корма;  
 4 – раздатчик-смеситель кормов; 5 – выгрузное устройство; 6 – мешалка; 7 – насос;  
 M5 – привод кормораздатчика (кормораздатчик на рисунке показан в плане)

Рисунок А.9 – Технологическая схема раздачи корма в свиноматке

**Вариант 15.** Включается привод смесителя, и происходит одновременная загрузка кормораздатчика-смесителя кормами. После завершения загрузки кормами кормораздатчик перемещается к началу кормушек и, если процесс смешивания завершен, при движении вдоль кормушек производится раздача корма. Если процесс смешивания незавершен, кормораздатчик останавливается до его завершения, а затем происходит раздача. В конце кормушек кормораздатчик останавливается, и с выдержкой времени, необходимой для выгрузки остатков корма и снятия инерционности от прямого движения раздатчика, включается реверс привода M5, и кормораздатчик возвращается в исходное положение. При раздаче корм выгружается в оба ряда кормушек.

**Вариант 16.** То же, что и вариант 15, только происходит последовательная загрузка кормораздатчика кормом – (мятый картофель – комбикорм – обрат). Кормораздатчик без остановки на завершение процесса смешивания движется вдоль кормушек.

**Вариант 17.** То же, что и для 15, только выгрузка корма производится последовательно в оба ряда кормушек с кратковременной установкой на реверс и более длительной – для выгрузки остатков корма в конце раздачи.

**Вариант 18.** То же, что для варианта 16 и окончание процесса вариант 17.

Схема управления должна обеспечить работу системы в автоматическом и наладочном режимах и технологическую сигнализацию о ходе процесса.

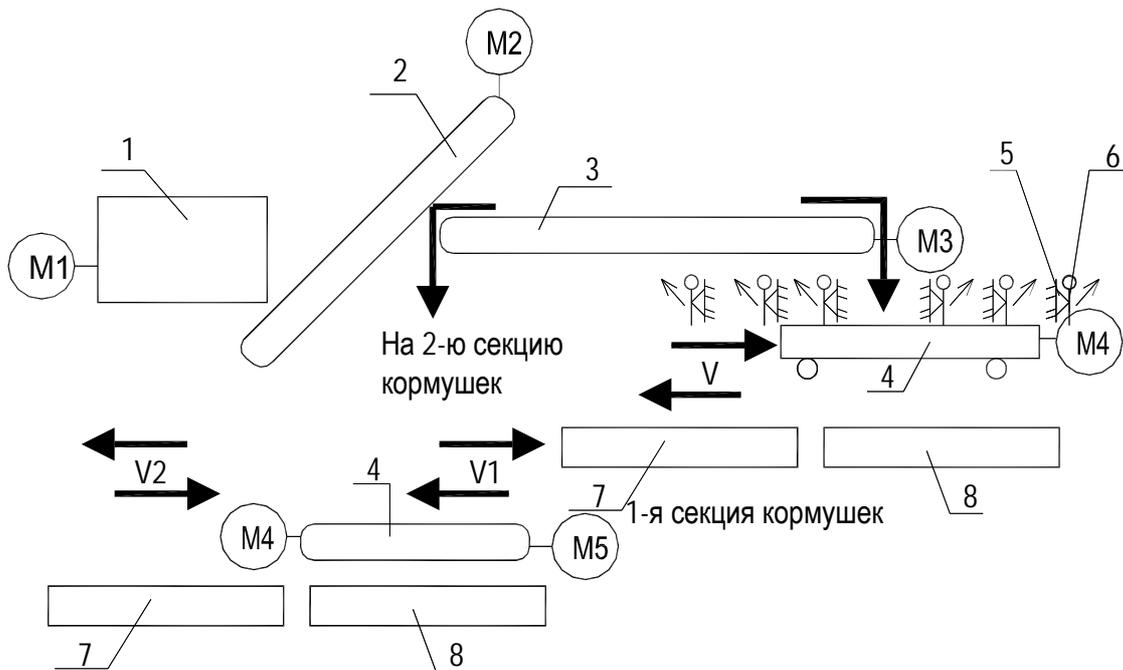
При отсутствии компонентов корма в накопителях подается аварийная световая сигнализация.

При выборе пускозащитной аппаратуры и разработке щитов управления принять следующие мощности электроприводов:  $P_{н1} - 1,7$  кВт;  $P_{н2}, P_{н3} - 0,7$  кВт;  $P_{н4} - 2,8$  кВт;  $P_{н5}, P_{н6}$  и  $P_{н7} - 1,1$  кВт.

### **19, 20 Автоматизация линии раздачи корма на свиноводческих фермах**

Пуск линии (рисунок А.10, а) осуществляется кратковременным срабатыванием контакта суточного реле времени. Когда корм доходит до платформы 4, включается привод платформы М4 и она начинает загружаться кормом. Скребки б левого полуряда отклоняются влево и пропускают корм под собой. Когда платформа достигнет крайнего левого положения, происходит реверс движения платформы и она начинает перемещаться вправо. Скребки левого полуряда устанавливаются вертикально и удерживаются в таком положении упорами б. Корм осыпается в первый полуряд кормушек. Одновременно освободившаяся часть платформы загружается кормом для второго полуряда кормушек. Аналогично происходит заполнение второго полуряда кормушек, но при этом прекращается загрузка освободившейся части платформы. После загрузки второго полуряда кормушек платформа возвращается в исходное положение.

Отличительной особенностью системы по варианту 20 (рисунок А.10, б) является то, что платформа выполнена не в виде желоба, а в виде реверсивного ленточного транспортера. При разгрузке корма в кормушки включается привод ленточного транспортера. Направление движения ленты  $V_2$  и платформы  $V_1$  противоположны по направлению, а скорости равны.



- 1 – питатель корма; 2 – наклонный транспортер; 3 – распределительный транспортер;  
 4 – передвижная платформа; 5 – упор; 6 – скребок; 7 – первый полуряд кормушек;  
 8 – второй полуряд кормушек; М4 – реверсивный привод платформы;  
 М5 – реверсивный привод ленты транспортера

Рисунок А.10 – Технологическая схема линии раздачи корма на свиноводческих фермах

Схема управления должна обеспечить работу системы в автоматическом и наладочных режимах; технологическую сигнализацию о ходе процесса; равномерное распределение корма по всей длине кормушек. После подачи корма в кормушки на подающих транспортерах не должно оставаться корма.

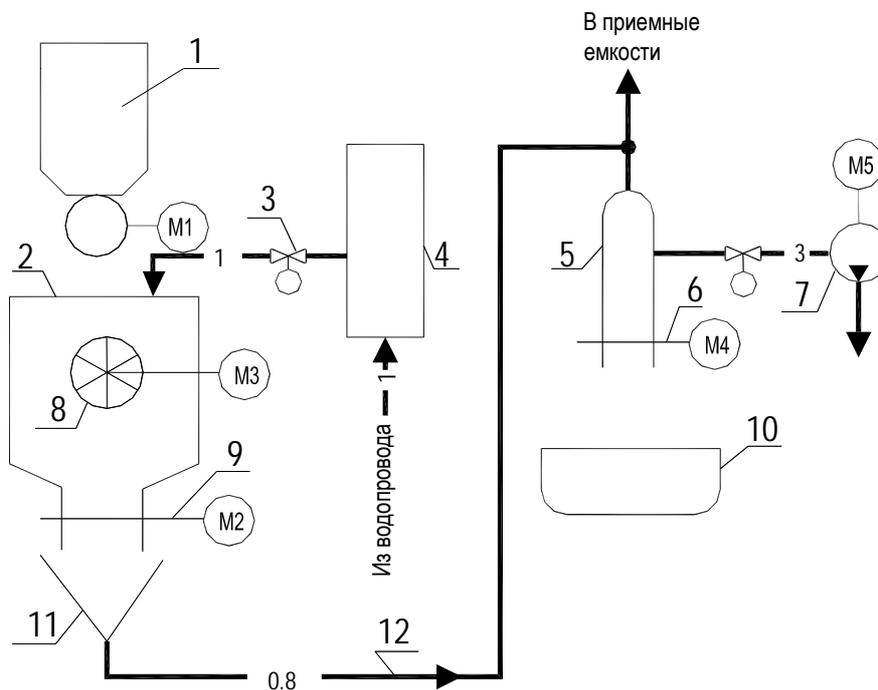
При выборе пускозащитной аппаратуры и разработке щита управления принять следующие мощности электроприводов:  $P_{н1}$  и  $P_{н4}$  – 4,5 кВт;  $P_{н2}$  и  $P_{н3}$  – 1,7 кВт;  $P_{н5}$  – 1,1 кВт.

## 21 Автоматизация линии приготовления и раздачи жидких кормов в свиноводстве с использованием вакуумных дозаторов

Запускается линия (рисунок А.11) в работу кратковременным включением контактов суточного реле времени. Если в питателе 1 имеется комбикорм, а в проточном водонагревателе нагретая до 80 °С вода, открывается клапан 10 и питатель-смеситель заполняется до нормы водой. Затем при включенной мешалке питатель дозагружается комбикормом.

После завершения процесса смешивания открывается шиберная заслонка и происходит выгрузка/перезагрузка жидких кормов в приемный бункер 5. После его заполнения подается вакуум в вакуумный приемник 7 до заполнения его

до нормы (по весу). После заполнения вакуумного приемника кормом шиберная заслонка открывается и жидкий корм выгружается в кормушку 8.



- 1 – питатель концкормов; 2 – питатель-смеситель жидких кормов; 3 – мешалка;  
 4 – шиберная заслонка; 5 – приемная емкость; 6 – кормопровод;  
 7 – вакуумный приемник жидких кормов; 8 – групповые кормушки; 9 – вакуумный насос;  
 10 – клапан

Рисунок А.11 – Линия приготовления и раздачи жидких кормов

Схема управления должна обеспечить: работу системы в автоматическом и наладочном режимах; сигнализацию о ходе технологического процесса.

При выборе пускозащитной аппаратуры и разработке щита управления принять следующие мощности электродвигателей:  $P_{н1}$ ,  $P_{н2}$ ,  $P_{н4}$  – 0,7 кВт;  $P_{н3}$  – 4,5 кВт;  $P_{н5}$  – 2,8 кВт.

## 22 Автоматизация линии загрузки бункеров кормораздатчиков в многоэтажном свиноматнике

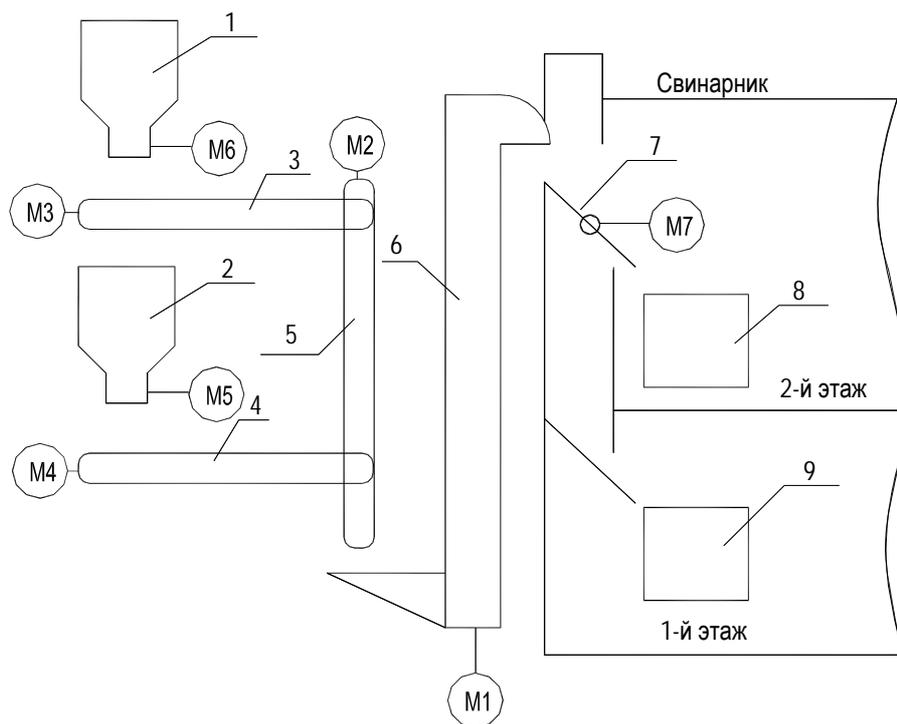
Технологией выращивания свиней в многоэтажном свиноматнике предусматривается выращивание свиней на этажах группами разного возраста, что требует каждой группе скармливать комбикорм разного рецептурного состава, который хранится в бункерах 1 и 2 (рисунок А.12).

Схемой управления необходимо предусмотреть загрузку бункера 8 комбикормом из бункера 1, сгрузить оставшийся корм на транспортеры 3, 5 и 6 в этот

же бункер и затем загрузить бункер 9 комбикормом из бункера 2. После заполнения бункера 9 на промежуточных транспортерах не должно оставаться остатков корма.

Запускается в работу линия кратковременным срабатыванием контактов суточного реле времени при наличии корма в бункерах 1 и 2.

Необходимо предусмотреть: управление работой оборудования в автоматическом, ручном и наладочных режимах; технологическую сигнализацию о работе оборудования.



- 1, 2 – накопители-питатели комбикорма; 3, 4 – поперечные транспортеры;  
 5 – сборный транспортер; 6 – нория; 7 – перекидная заслонка;  
 8, 9 – бункера кормораздатчиков

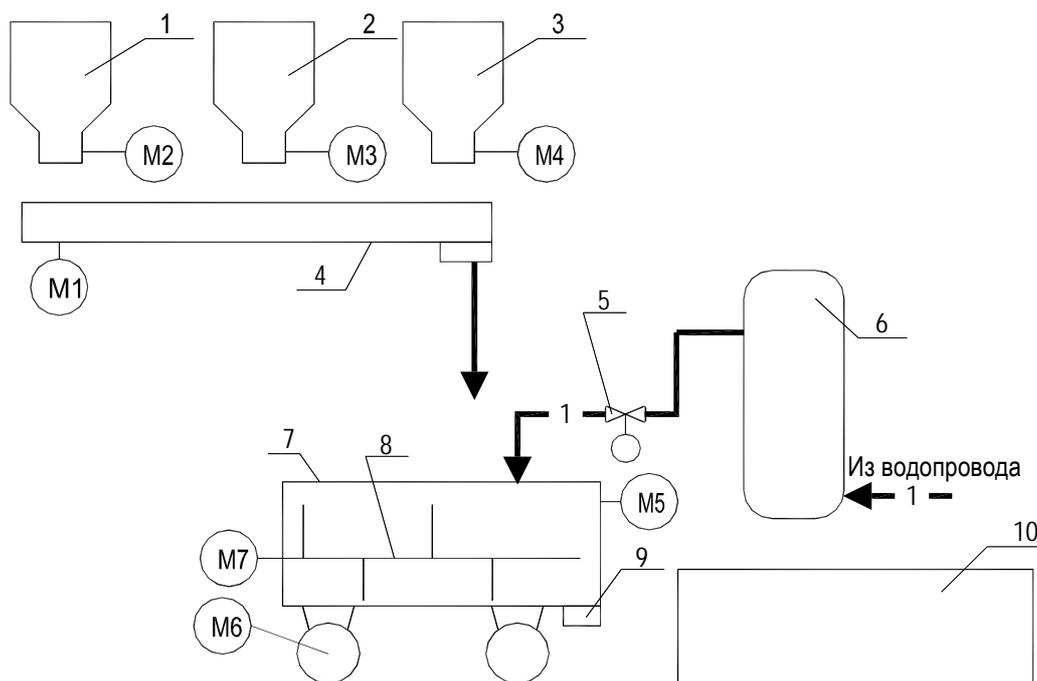
Рисунок А.12 – Технологическая схема загрузки бункеров кормораздатчиков кормом в многоэтажном свиномнике

При выборе пускозащитной аппаратуры и разработке щита управления принять следующие мощности электроприводов:  $P_{н1} = 2,8$  кВт;  $P_{н2}$ ,  $P_{н3}$  и  $P_{н4} - 1,1$  кВт;  $P_{н5}$ ,  $P_{н6}$ ,  $P_{н7} - 0,6$  кВт.

### 23 Автоматизация линии приготовления и раздачи жидких кормов мобильным кормораздатчиком

Линия приготовления и раздачи жидких кормов (рисунок А.13) включается кратковременным срабатыванием контактов суточного реле времени. При наличии

разовой загрузки компонентов в бункерах 1, 2 и 3 и горячей воды (90 °С) в водонагревателе 6, открывается клапан 9 и заполняется необходимое (по весу) количество воды в смеситель 5. После чего запускается линия смешивания и подачи концевых кормов при включенном приводе мешалки смесителя. После заполнения смесителя до необходимой нормы линия подачи корма отключается. После завершения процесса смешивания и остывания приготовленного корма до 30 °С включается привод кормораздатчика, кормораздатчик начинает перемещаться к кормушкам. После раздачи всего корма в кормушки и кратковременной остановки кормораздатчик возвращается в исходное положение.



- 1, 2, 3 – дозаторы компонентов комбикорма; 4 – шнековый транспортер-смеситель;  
 5 – мобильный смеситель – кормораздатчик; 6 – проточный водонагреватель;  
 7 – выгрузное устройство; 8 – групповые кормушки; 9 – клапан; 10 – мешалка

Рисунок А.13 – Линия приготовления и раздачи жидких кормов мобильным кормораздатчиком

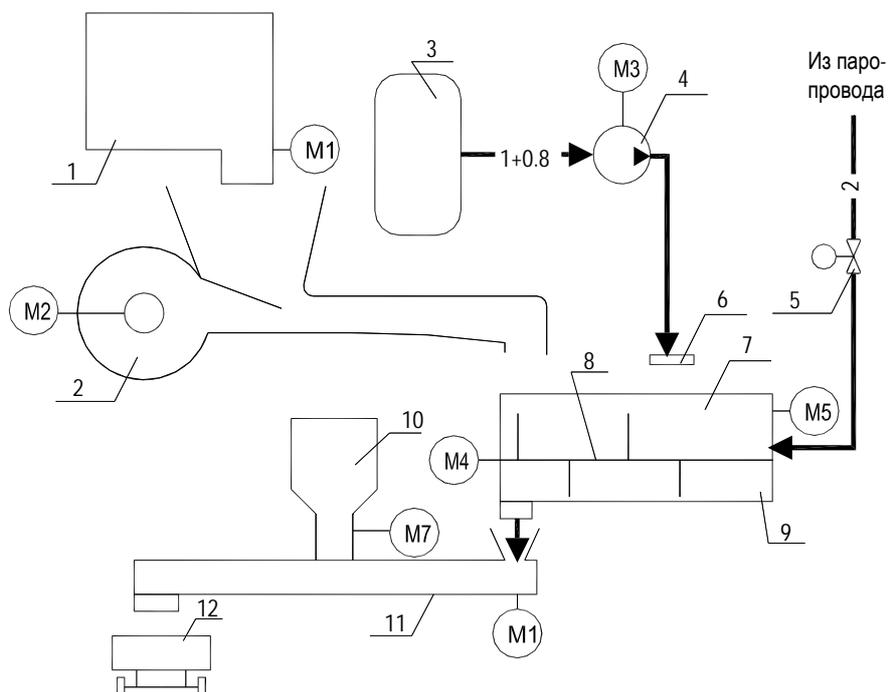
Схема управления должна обеспечить: работу системы в автоматическом и наладочном режимах; сигнализацию о ходе процесса и аварийном режиме.

При выборе пускозащитной аппаратуры и разработке щитов управления принять следующие мощности электродвигателей:  $P_{н1} - 1,7$  кВт;  $P_{н2}, P_{н3}, P_{н4} - 0,7$  кВт;  $P_{н5}, P_{н6} - 1,1$  кВт;  $P_{н7} - 4,5$  кВт.

## 24 Автоматизация линии приготовления грубых кормов на кормокухне

Приготовление грубых кормов заключается в улучшении кормовых качеств измельченной соломы путем смачивания ее щелочным раствором с дальнейшим

запариванием. При выгрузке улучшенная соломенная резка сдабривается комбикормом. Производительности питателей согласованы между собой. Пуск технологической линии (рисунок А.14) осуществляется оператором вручную при наличии компонентов в питателях и пара в паропроводе. Загрузка смесителя-запарника осуществляется по времени работы питателей. Во время загрузки запарника происходит перемешивание соломы, раствора и пара. После окончания запаривания соломы, при наличии комбикорма в питателе и нахождении мобильного кормораздатчика под выгрузным отверстием транспортера-смесителя 11, происходит выгрузка приготовленной кормосмеси в раздатчик 12 до момента заполнения его до нормы.



- 1 – питатель измельченной соломы; 2 – пневмотранспортер; 3 – емкость для соляного раствора;  
 4 – насос раствора; 5 – клапан; 6 – форсунка; 7 – смеситель-запарник; 8 – мешалка;  
 9 – выгрузное устройство смесителя; 10 – питатель комбикормов; 11 – транспортер-смеситель;  
 12 – мобильный кормораздатчик

Рисунок А.14 – Линия приготовления грубых кормов на кормокухне

Схема управления должна обеспечить: работу системы в автоматическом и ручном режимах; сигнализацию о ходе технологического процесса и аварийном режиме линии.

При выборе пускозащитной аппаратуры и разработке щита управления принять следующие мощности электродвигателей:  $P_{н1} - 2,8$  кВт;  $P_{н2} - 7,8$  кВт;  $P_{н3} - 1,1$  кВт;  $P_{н4}, P_{н5} - 4,8$  кВт;  $P_{н6} - 1,7$  кВт;  $P_{н7} - 0,7$  кВт.

## 25 Автоматизация линии перекачки воды

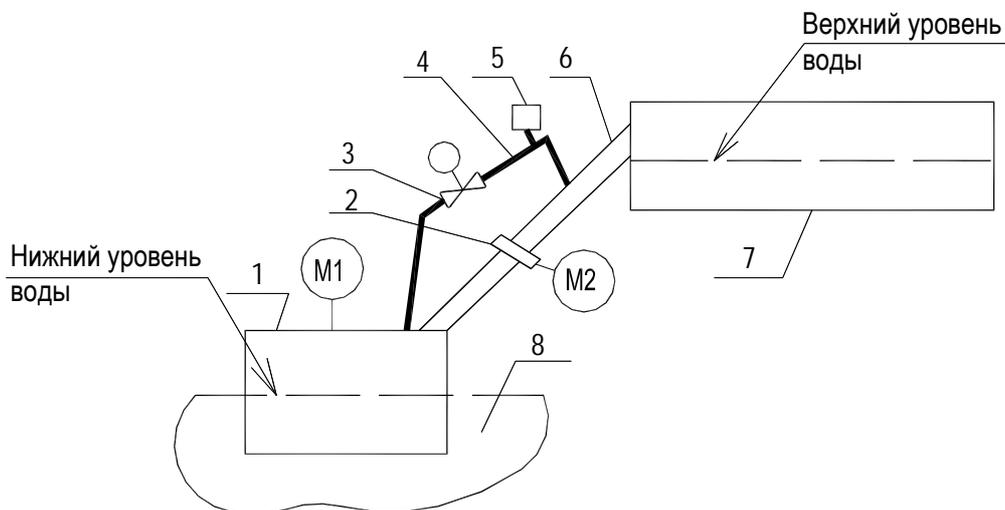
Насосные станции в мелиорации отличаются высокой подачей и большой мощностью. Насосные агрегаты устанавливаются на уровне воды (рисунок А.15).

Пуск насоса возможен при предварительной заливке его водой из бака аккумулятора.

Для облегчения пуска электродвигателя на напорных трубопроводах ставят электрофицированные задвижки 6. Насос запускается при закрытой задвижке, тогда момент сопротивления воды минимальный. Задвижка открывается автоматически после разгона агрегата и установления заданного давления и так же автоматически закрывается при отключении электронасоса.

Схема управления насосным агрегатом должна обеспечить работу системы в автоматическом и ручном режимах и технологическую сигнализацию о работе системы.

Пуск системы осуществляется автоматически при снижении верхнего уровня воды в водоприемном сооружении ниже допустимого. Если после запуска системы и открытия задвижки вода не поступает в водоприемное сооружение, задвижка автоматически закрывается и подается аварийная сигнализация. Остановка насосного агрегата производится автоматически после заполнения водоприемного сооружения водой.



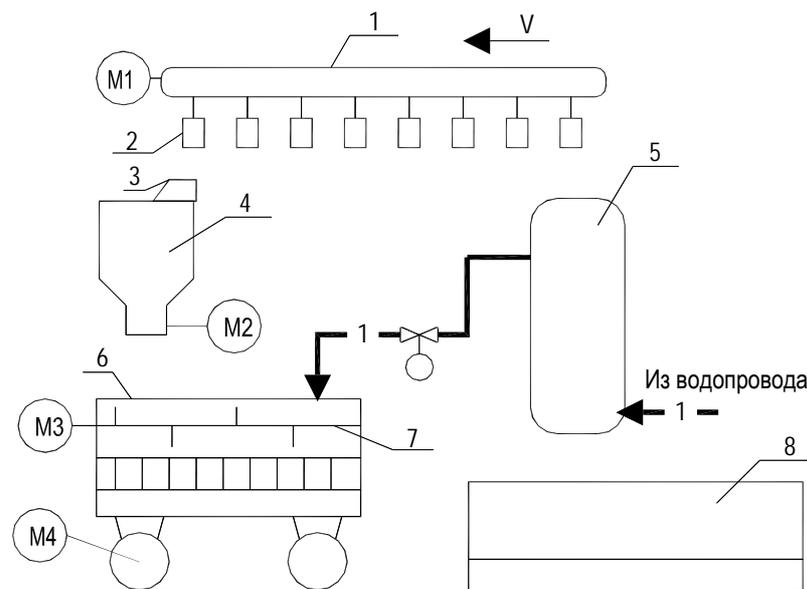
- 1 – насосный агрегат; 2 – напорный трубопровод; 3 – перепускной трубопровод;  
4 – водоприемное сооружение; 5 – водохранилище; 6 – задвижка; 7 – бак-аккумулятор;  
8 – перепускной клапан

Рисунок А.15 – Технологическая схема перекачки воды

При выборе пускозащитной аппаратуры и разработке щита управления принять следующие мощности электродвигателей:  $P_{H1}$  – 30 кВт;  $P_{H2}$  – 1,1 кВт.

## 26 Автоматизация линии приготовления заменителя молока

С целью экономии цельного молока телятам скармливают его заменитель. Заменитель приготавливают из порошка заменителя молока, смешивая его с теплой водой (рисунок А.16). Приготавливают заменитель молока в кормоприготовительном помещении, в котором находятся накопитель-питатель заменителя молока и проточный водонагреватель. Загрузка накопителя заменителем молока осуществляется с помощью конвейера 1. Мешки с заменителем молока 2 закрепляются на конвейере в складском помещении.



- 1 – конвейер; 2 – мешки с заменителем молока; 3 – резак;  
 4 – накопитель-питатель заменителя молока; 5 – проточный водонагреватель;  
 6 – выпоечная машина; 7 – мешалка; 8 – место выпойки заменителя молока

Рисунок А.16 – Линия приготовления и раздачи заменителя молока телятам

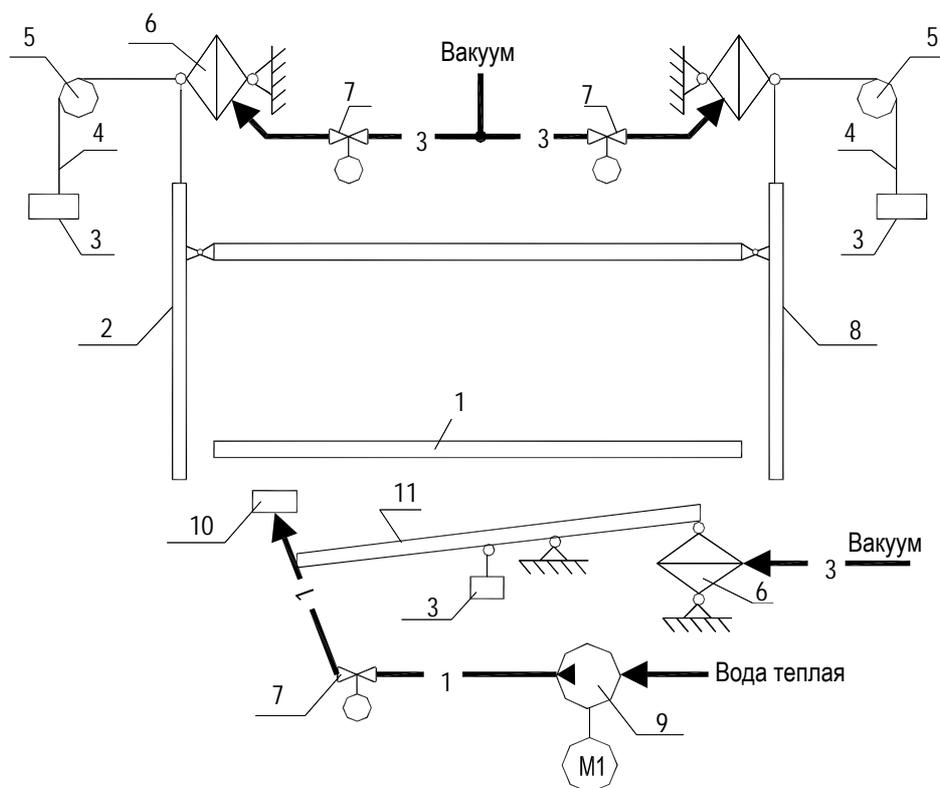
Пуск линии в работу осуществляет кратковременное срабатывание контактов суточного реле времени. Если кормораздатчик находится под накопителем 4, в накопителе имеется порошок заменителя молока и в водонагревателе имеется вода, нагретая до 80 °С, то в выпоечную машину заливается норма воды, а затем включается мешалка и досыпается до полной нормы заменитель молока. После завершения процесса смешивания и остывания смеси до 40 °С выпоечная машина перемещается к месту выпойки и останавливается. После выпойки всего заменителя молока телятами выпоечная машина возвращается в исходное положение. Накопитель загружается порошком заменителя молока автоматически. Конвейер перемещает мешки в направлении, указанном стрелкой. Мешки разрезаются резком 3, и порошок заменителя молока высыпается в бункер накопителя-питателя.

Схема управления должна обеспечить работу системы: в автоматическом и наладочном режимах; сигнализацию о ходе процесса и о незавершенности процесса.

При выборе пускозащитной аппаратуры и разработке щита управления принять следующие мощности электроприводов:  $P_{н1}$ ,  $P_{н4}$  – 1,1 кВт;  $P_{н2}$  – 0,7 кВт;  $P_{н3}$  – 2,8 кВт.

## 27 Автоматизация линии санобработки вымени

Установка предназначена для подмыва вымени коровы перед доением на доильной установке «карусель» (рисунок А.17).



- 1 – проходной станок; 2 – входная дверь; 3 – груз; 4 – трос; 5 – ролик; 6 – пневмопривод;  
7 – клапан; 8 – выходная дверь; 9 – водяной насос; 10 – форсунка; 11 – рычаг

Рисунок А.17 – Технологическая схема установки для санобработки вымени

Оператор вручную (кнопкой) открывает дверь. Открывается дверь пневмоприводом от срабатывания клапана 7. В дальнейшем дверь открывается автоматически. Корова заходит в проходной станок, и входная дверь закрывается под действием груза 3.

После закрытия входной двери срабатывает пневмопривод рычага 11 и форсунка 10 подводится под вымя коровы. Начинается подмывание вымени. Длительность этой операции определяется уставкой реле времени, после чего груз 3

возвращает рычаг в исходное положение, выходная дверь открывается. Корова выходит из проходного станка и выходная дверь закрывается. Входная дверь открывается автоматически, и цикл санобработки вымени следующей коровы повторяется.

Схема управления должна обеспечить работу системы в автоматическом режиме и сигнализацию о ходе процесса.

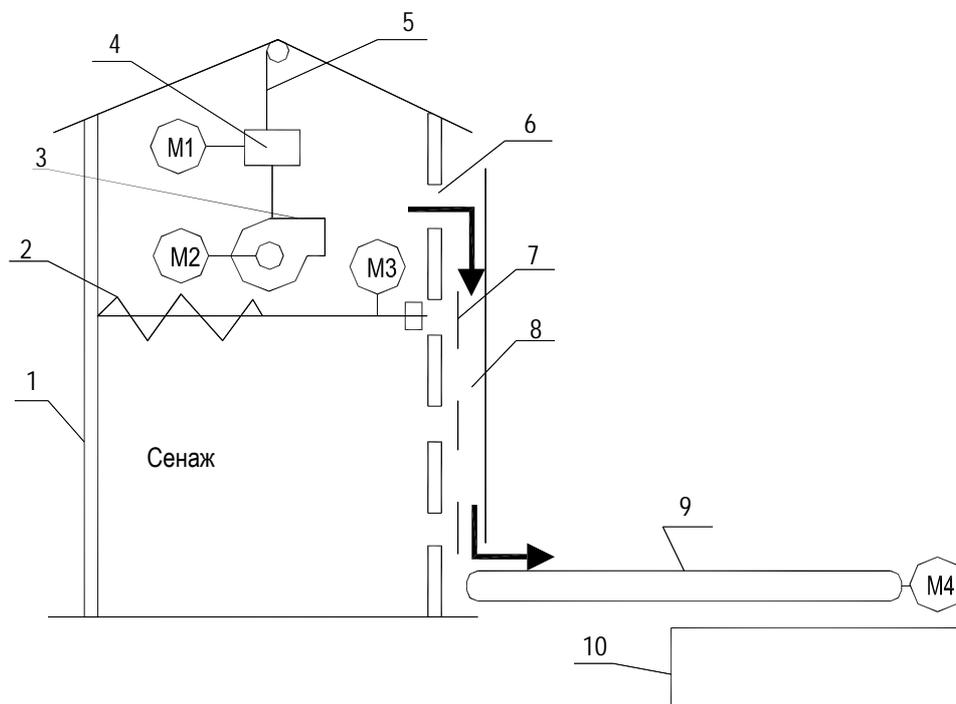
Мощность электропривода водяного насоса принять равной 0,75 кВт.

### 28, 29 Автоматизация линии разгрузки сенажа из сенажной башни

Разгрузчик сенажа (рисунок А.18) из сенажной башни состоит из фрезерного устройства 2, швырялки 3 и лебедки 4, которые подвешены с помощью троса 5 к перекрытию сенажной башни.

Сенажная башня оборудована выгрузными окнами 6, перекрытыми съемными щитами 7 для предотвращения порчи сенажа от контакта с воздухом.

Включает линию в работу кратковременное срабатывание контактов суточного реле времени, которое выключается после заполнения накопителя 10 сенажом и освобождения транспортера 9 от корма.



- 1 – сенажная башня; 2 – фрезерное устройство; 3 – швырялка; 4 – лебедка; 5 – трос;  
 6 – выгрузное окно; 7 – съемный щит; 8 – разгрузочный лоток;  
 9 – перегрузочный транспортер; 10 – накопитель сенажа

Рисунок А.18 – Технологическая схема линии разгрузки сенажа из сенажной башни

При работе разгрузчика фрезерное устройство совершает вращательное движение вокруг вертикальной оси. Шнек фрезерного устройства срезает слой корма и подает его в швырялку, которая выбрасывает сенаж через выгрузное окно и разгрузочный лоток на транспортер 9. Транспортер перегружает сенаж в накопитель.

После снятия слоя сенажа лебедка опускает разгрузчик для снятия следующего слоя корма и т. д.

Опускание разгрузочного устройства происходит до момента полной загрузки привода фрезерного устройства.

**Вариант 28** предусматривает опускание разгрузчика по токовой нагрузке электродвигателя МЗ.

**Вариант 29** – опускание разгрузчика производится по временной программе.

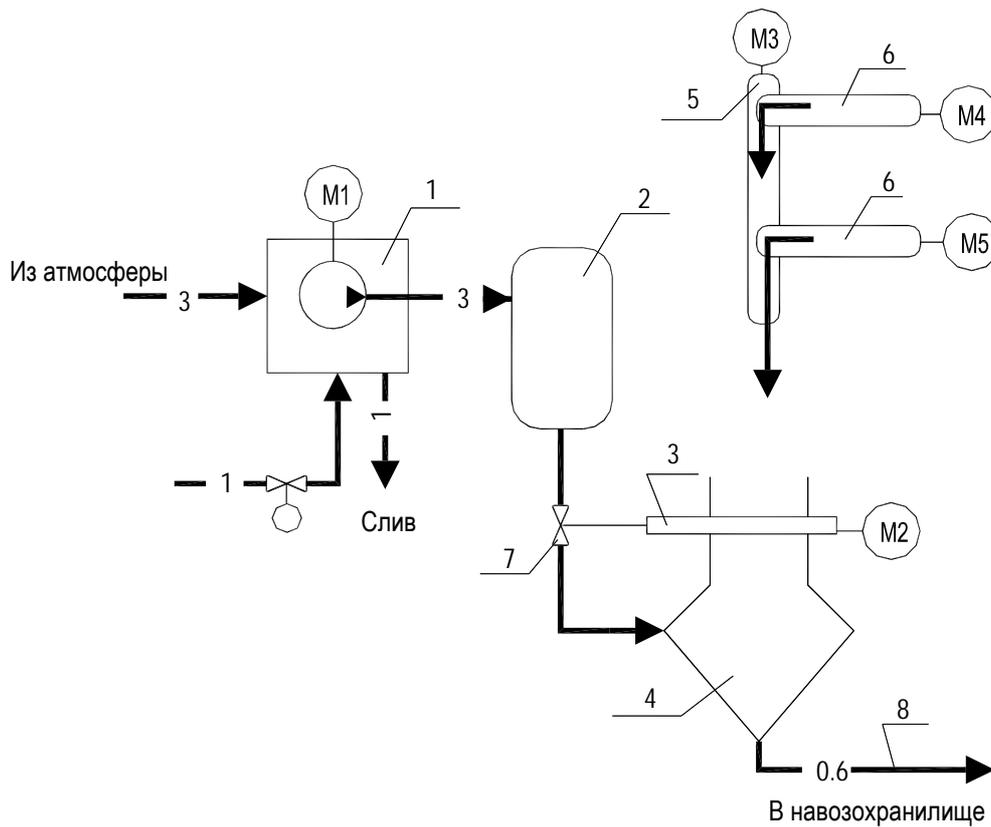
Схема управления должна обеспечить работу системы в автоматическом и наладочном режимах; технологическую сигнализацию о работе оборудования; остановку привода лебедки в крайних (верхнем и нижнем) положениях разгрузчика, остановку разгрузчика и подачу звукового сигнала при опускании выходного патрубка швырялки до нижнего уровня открытого выгрузного окна. При выборе пускозащитной аппаратуры и разработке щитов управления принять следующие мощности электроприводов:  $P_{н1} - 0,7$  кВт;  $P_{н2}$  и  $P_{н4} - 2,8$  кВт;  $P_{н3} - 5,0$  кВт.

### **30 Автоматизация линии удаления навоза из коровника**

Пуск системы производится оператором вручную (рисунок А.19), при этом подается предупредительный сигнал, после чего охладительная емкость компрессора заполняется водой и компрессор вводится в работу. После заполнения ресивера 2 воздухом до необходимого давления, включаются навозные транспортеры и навоз начинает поступать в пневмокотел. Затвор при этом должен быть открыт.

После заполнения пневмокотла навозом приводы навозных транспортеров отключаются и происходит закрытие затвора 3. Клапан 3 механически связан с пневмоклапаном 7, который открывается после полного закрытия клапана 3. Сжатый воздух начинает вытеснять навоз из пневмокотла по трубопроводу 8 в навозохранилище. После опорожнения пневмокотла от навоза затвор 3 открывается и цикл удаления навоза из помещения повторяется. После удаления всего навоза из помещения система автоматически останавливается.

Система управления должна обеспечить: работу системы в автоматическом, ручном и наладочном режимах, технологическую сигнализацию о работе оборудования; защиту от повторного включения электродвигателей после кратковременного прекращения подачи электроэнергии.



1 – компрессор; 2 – ресивер; 3 – затвор; 4 – пневмоцилиндр; 5 – сборный навозный транспортер;  
6 – продольный навозный транспортер; 7 – пневмоклапан; 8 – навозный трубопровод

Рисунок А.19 – Линия удаления навоза из коровника

При выборе пускозащитной аппаратуры и разработке щита управления принять следующие мощности электроприводов:  $P_{н1}$ ,  $P_{н4}$ ,  $P_{н5}$  – 2,8 кВт;  $P_{н3}$  – 1,7 кВт;  $P_{н2}$  – 0,7 кВт.

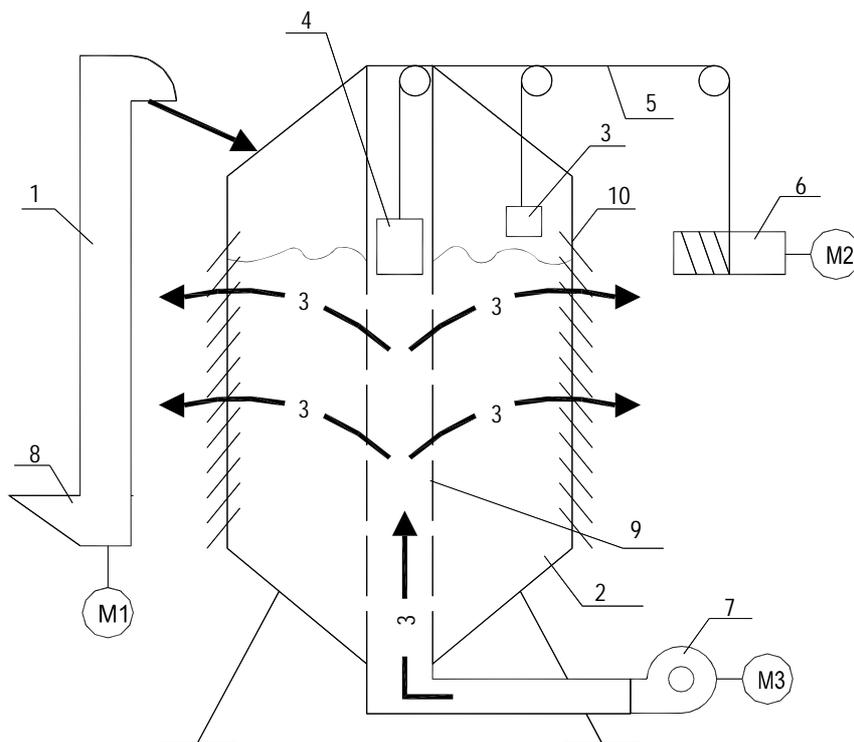
### 31 Автоматизация линии загрузки бункеров активного вентилирования зерна

Зерно автотранспортом привозится на пункт обработки и сгружается в завальную яму 8 (рисунок А.20). Автоматически включается привод нории, и зерно перегружается в бункер.

Заглушка 4 при этом поднимается лебедкой в крайнее верхнее положение. Привод вентилятора также отключается. После перегрузки всего зерна из завальной ямы и нории в бункер заглушка опускается до уровня загрузки бункера зерном и включается привод вентилятора 7. Воздух проходит через перфорированные стенки бункера и слой зерна. Отключается привод вентилятора при отсутствии зерна в бункере и влажности выносимого из слоя зерна воздуха ниже или равной влажности соответствующей 14 % влажности зерна.

Если при перегрузке зерна из завальной ямы уровень его достигает 1-го предельного уровня, оставшееся в бункере и нории зерно догружается в бункер, подается световая сигнализация о полной загрузке бункера, блокируется включение нории.

Схема управления должна обеспечить работу системы в автоматическом и наладочном режимах, а также технологическую сигнализацию о состоянии системы.



- 1 – нория; 2 – бункер активного вентилирования; 3 – датчик уровня зерна в бункере;  
 4 – заглушка; 5 – трос; 6 – лебедка; 7 – вентилятор; 8 – завальная яма;  
 9 – перфорированная шахта; 10 – перфорированный наружный цилиндр бункера

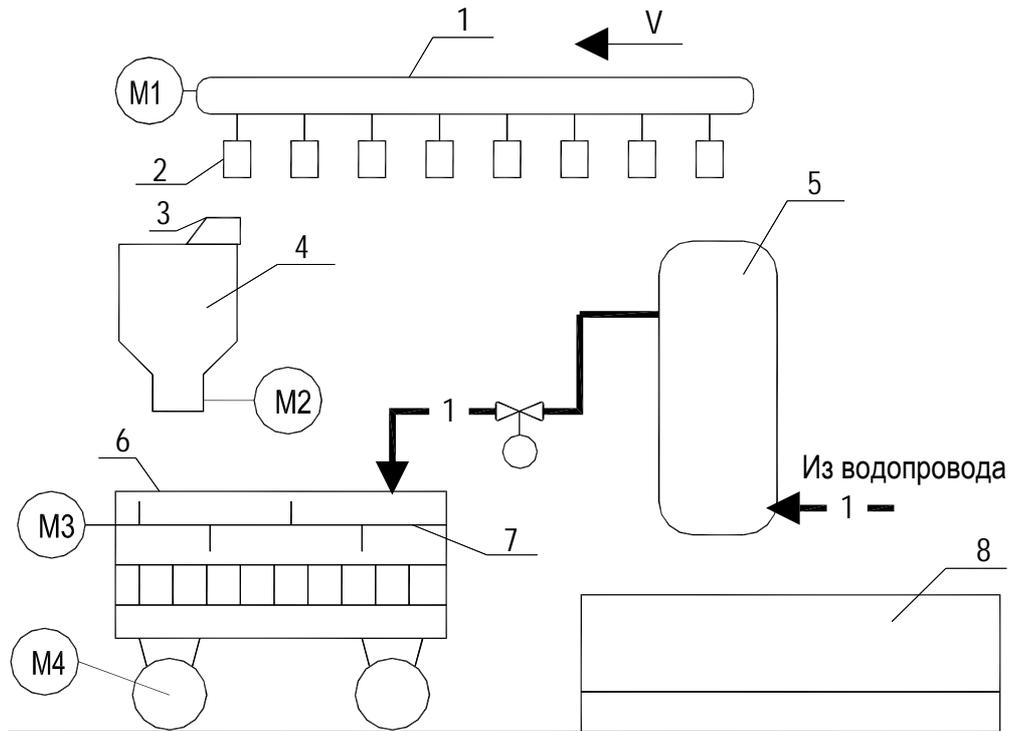
Рисунок А.20 – Технологическая схема вентилирования зерна в бункерах активного вентилирования

При выборе пускозащитной аппаратуры и разработке щита управления принять следующие мощности электроприводов:  $P_{H1} - 2,8$  кВт;  $P_{H2} - 0,6$  кВт;  $P_{H3} - 5,5$  кВт.

### 32 Автоматизация линии убоя птицы

На рисунке А.22 изображена линия заключительной стадии разделки тушки птицы. Операторы отделяют части тушек и сбрасывают в емкости. У последней емкости тушки отделяются от лапок и складываются на транспортер 3, лапки

сбрасываются в емкость 6. Клапаны емкостей 7 открыты. После заполнения емкости отделяемыми частями курицы клапан закрывается и емкость продувается сжатым воздухом, поступающим через клапан из ресивера. После продувки воздушный клапан закрывается, а клапан пневмоемкости открывается. В процессе работы компрессор постоянно охлаждается проточной водой. После нагнетания воздуха в ресивер привод компрессора отключается.



- 1 – конвейер тушек птицы; 2 – тушки птицы; 3 – транспортер для разделанных тушек;  
 4 – пневмоемкость для голов; 5 – пневмоемкость для внутренностей; 6 – емкость для лапок;  
 7 – клапан; 8 – ресивер; 9 – компрессор; 10 – пневмопроводы

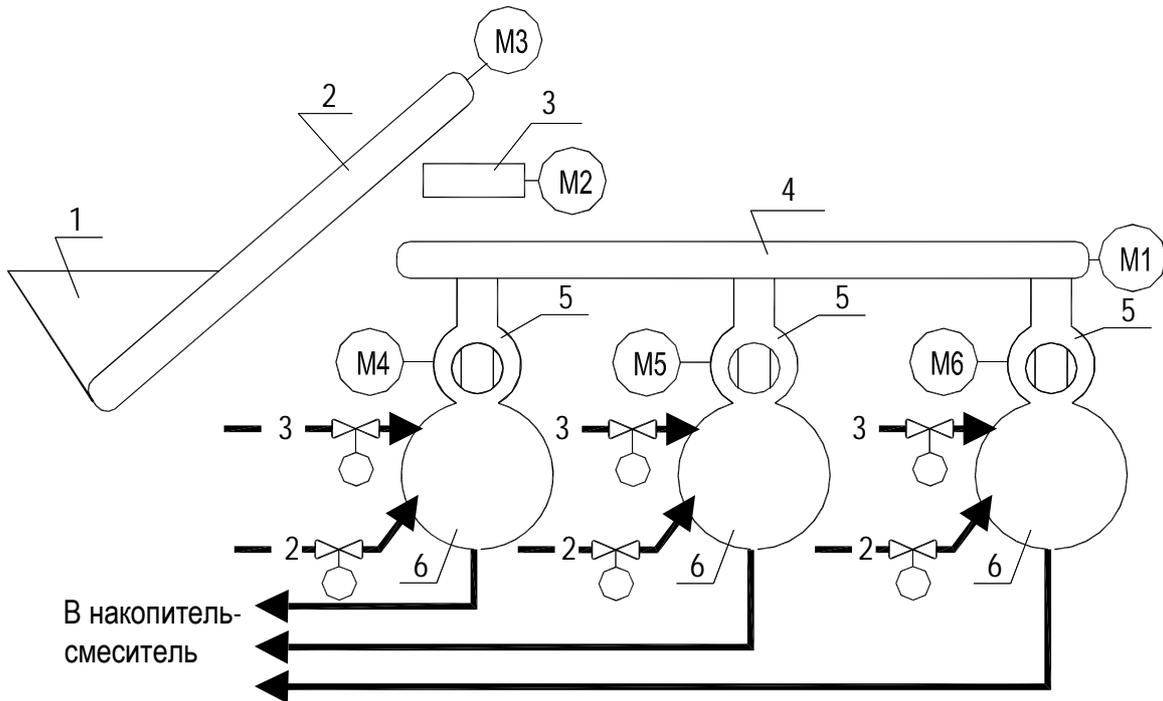
Рисунок А.22 – Технологическая схема убоя птицы

Схема управления должна: обеспечить работу системы в автоматическом и наладочных режимах, а конвейера 1 и транспортера 3 в ручном режимах; технологическую сигнализацию о работе оборудования; предусмотреть возможность отключения и включения конвейера 1 по месту у клапанов пневмоемкостей 4, 5 и 6; открытие клапана 7 при наличии сжатого воздуха в ресивере. Продувка возможна только одной пневмоемкости.

При выборе пускозащитной аппаратуры и разработке щита управления принять следующие мощности электроприводов:  $P_{н1}, P_{н2} - 1,7$  кВт;  $P_{н3} - 2,8$  кВт;  $P_{н4}, P_{н5}, P_{н6} - 0,7$  кВт.

### 33 Автоматизация линии варки пищевых отходов

Пищевые отходы доставляются автотранспортом и сгружаются в завальный бункер (рисунок А.23).



1 – завальный бункер; 2 – транспортер; 3 – тряпкоуловитель;  
4 – распределительный шнековый транспортер; 5 – клапаны барабанного типа;  
6 – варочные котлы

Рисунок А.23 – Технологическая линия варки пищевых отходов

Если в теплосети имеется пар соответствующего качества и хотя бы один клапан 5 открыт, включается линия подачи пищевых отходов, состоящая из транспортеров 4 и 2, тряпкоуловителя 3, и загружает варочный чан пищевыми отходами. После загрузки чана пищевыми отходами клапан 5 закрывается. В чан подается пар и проходит запаривание пищевых отходов. После завершения запаривания (по временной программе) в чан подается сжатый воздух и обработанные в температурном режиме пищевые отходы вытесняются в смеситель. Клапан 5 открывается и цикл обработки пищевых отходов повторяется. Линия работает пока в завальной яме будут находиться пищевые отходы.

Схема управления должна обеспечить: работу системы в автоматическом и наладочном режимах; технологическую сигнализацию о ходе процесса.

Пуск системы производится оператором вручную в начале смены.

При выборе пускозащитной аппаратуры и разработке щитов управления принять следующие мощности электроприводов:  $P_{н1}$ ,  $P_{н2}$ ,  $P_{н3}$  – 1,1 кВт;  $P_{н4}$ ,  $P_{н5}$ ,  $P_{н6}$  – 0,6 кВт.

### 34 Автоматизация процесса приготовления колбасного фарша

Процесс приготовления фарша – циклический (рисунок А.24). Система автоматического управления должна осуществлять подачу фарша насосами в бункер и поочередную выгрузку в фаршемешалку заданного количества говядины, свинины, молока и воды, их перемешивание в течение заданного времени и подачу звукового сигнала за 15 с до окончания процесса приготовления фарша.

При подаче сигнала «Начало цикла» подается сигнал на насос I, который выключается, когда в бункер поступит заданная масса говядины. По сигналу весового устройства срабатывает исполнительный механизм левой створки бункера, и взвешенная говядина поступает в фаршемешалку. После фиксации весами выгрузки говядины включается второй насос, и взвешенная свинина через правую створку также подается в фаршемешалку.

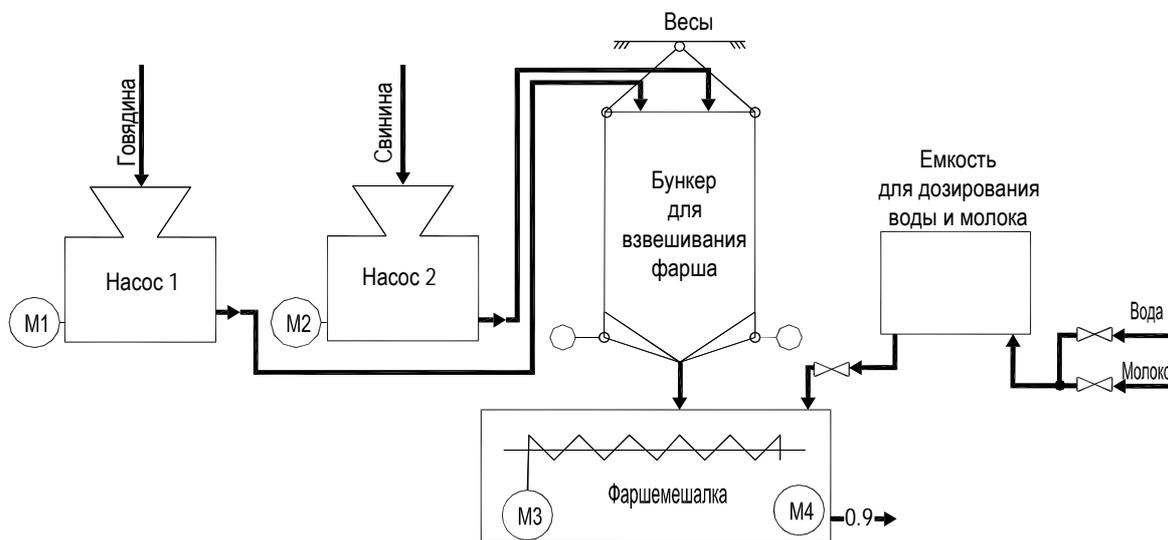


Рисунок А.24 – Технологическая линия приготовления фарша

Одновременно с началом дозирования говядины и свинины начинается заполнение емкости молоком и водой через соответствующие вентили, которые открываются клапанами.

После выгрузки всех компонентов в мешалку шнеки перемешивают фарш в течение заданного времени, а за 15 с до окончания вымешивания фарша должен подаваться звуковой сигнал.

Схема управления должна обеспечить: работу поточной линии в автоматическом и ручном режимах; звуковую сигнализацию об окончании процесса смешивания компонентов.

Для расчета принять мощности двигателей:  $P_{н1}, P_{н2} - 5,5$  кВт,  $P_{н3} - 30$  кВт,  $P_{н4} - 7,5$  кВт.

### 35 Автоматизация управления оборудованием картофелехранилища в основном режиме хранения

В период хранения приточный вентилятор (М1) включается 4 раза в сутки для снятия перепадов температуры в массе продукта (рисунок А.25).

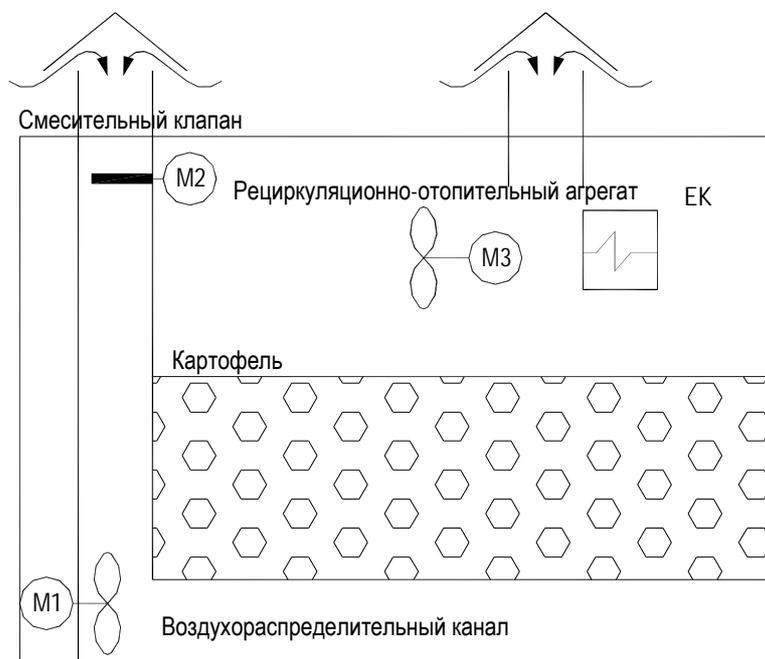


Рисунок А.25 – Технологическая схема картофелехранилища

При этом сигнал на включение М1 подается, если температура наружного воздуха меньше температуры в массе продукта на 2 °С–3 °С. Если температура в массе за временной цикл работы М1 не снижается, то М1 продолжает работать. Однако при этом должна быть предусмотрена защита от замораживания (М1 не должен включаться при отрицательной температуре воздуха в воздуховодном канале). Температурой воздуха в воздуховодном канале управляет исполнительный механизм смешивающего клапана, смешивающего наружный и внутренний воздух. При отключении М1 клапан должен закрываться.

Когда температура в верхней части хранилища над продуктом оказывается ниже заданной, должен включаться рециркуляционно-отопительный агрегат, но при отключенном приточном вентиляторе.

Схема управления должна обеспечить: поддержание заданной температуры в массе хранимого продукта, защиту от замораживания, управление электроприводами в автоматическом и наладочном режимах, разделение режимов работы; технологическую сигнализацию.

Для расчета принять мощности двигателей:  $P_{н1} - 15$  кВт,  $P_{н2} - 1,1$  кВт,  $P_{н3} - 2,2$  кВт.

### 36 Автоматизация управления микроклиматом в ангарной теплице

Управление температурой воздуха в теплице осуществляется при помощи двух групп водяных калориферов КВ1 и КВ2, коньковой и боковой систем форточек (рисунок А.26).

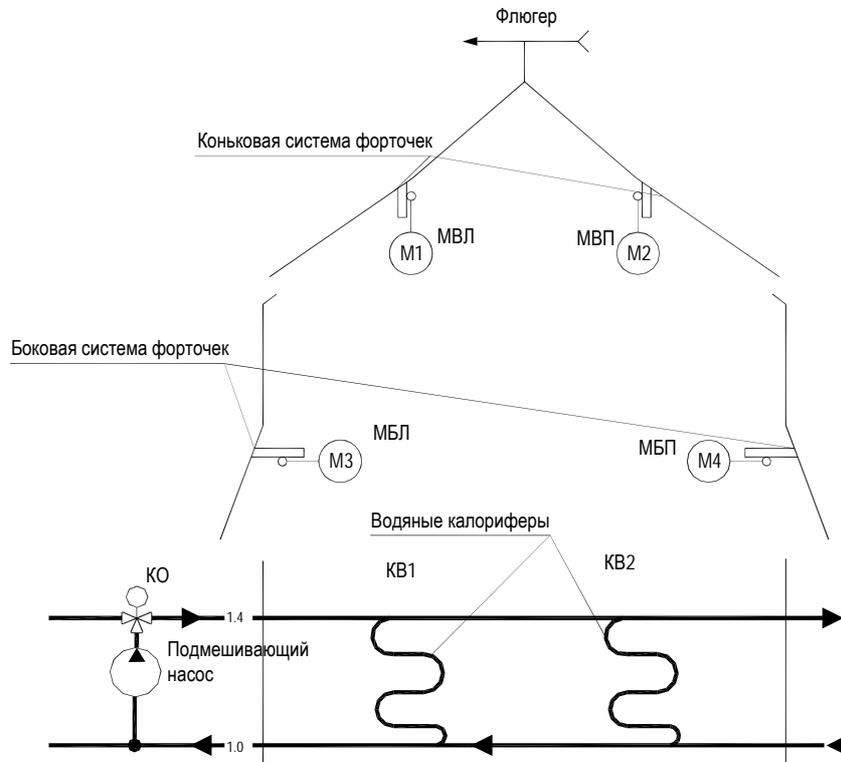


Рисунок А.26 – Технологическая схема ангарной теплицы

Греющая вода из котельной подается в теплицу через клапан отопления К0. Открытие и закрытие верхней и боковой форточек вентиляции осуществляются при помощи исполнительных механизмов верхней левой МВЛ и правой МВП, а также боковых левой МБЛ и правой МБП систем вентиляции.

При отклонении температуры от заданной в сторону понижения на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  клапан отопления открывается «шагами», на  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  – должна включаться аварийная сигнализация. При отклонении температуры в сторону повышения на  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  открывается правая верхняя форточка, на  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$  – левая верхняя, на  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  – правая боковая, на  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  – левая боковая, на  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  – должна включаться аварийная сигнализация. Подмешивающий насос работает, пока открыт клапан К0. Положение фрагм ограничивают конечные выключатели.

Схема управления должна обеспечить: поддержание заданной температуры в теплице, управление электроприводами в автоматическом и наладочном режимах, разделение режимов работы; аварийную сигнализацию о недопустимом отклонении температуры от заданной.

Для расчета принять мощности двигателей:  $P_{н1}$ ,  $P_{н2}$ ,  $P_{н3}$ ,  $P_{н4}$  – 1,1 кВт, электродвигателя насоса – 7,5 кВт.

### 37 Автоматизация линии приготовления и раздачи корма на свинокомплексе

Линия работает в двух режимах: кормораздачи и промывки (рисунок А.27).

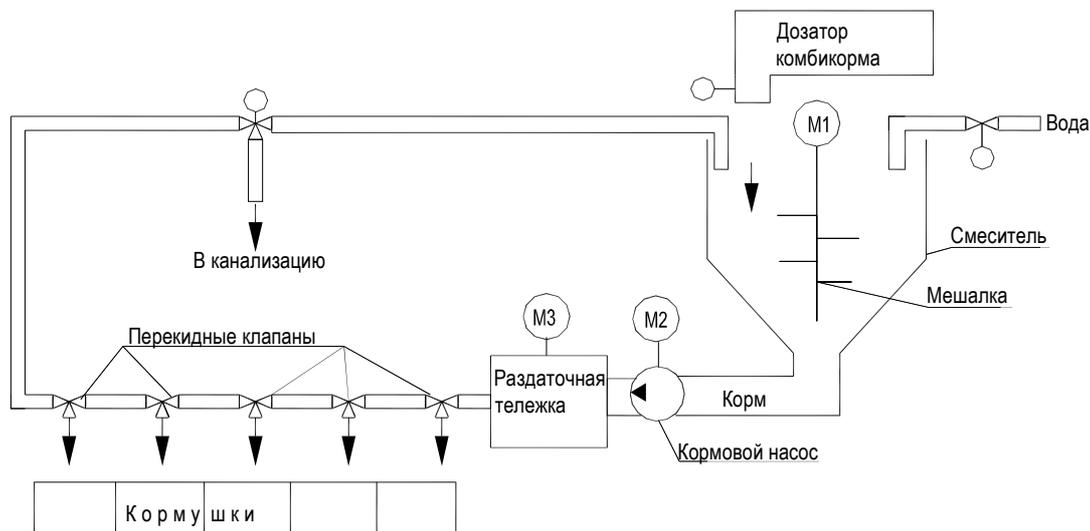


Рисунок А.27 – Технологическая схема линии приготовления и раздачи корма на свинокомплексе

В режиме кормораздачи (для которого ведется разработка система автоматического управления) линия должна работать следующим образом. Сначала в смесителе идет приготовление смеси корма по сигналу от суточного реле времени. Для этого в смеситель заливается определенная доза питательной жидкости, после чего при включенной мешалке засыпается доза комбикорма и мешалка перемешивает смесь еще дополнительное время. После окончания смешивания корма включается движение раздаточной тележки, которая перемещается из исходного положения к первому перекидному клапану первой кормушки, где открывает клапан и останавливается. При этом срабатывает насос и выгружает дозу корма в первую кормушку (доза измеряется расходомером). После выгрузки дозы насос отключается и раздаточная тележка движется далее. Процесс загрузки кормушек повторяется. Когда обеспечена загрузка последней кормушки, следует обеспечить движение тележки в исходное положение и включение звуковой сигнализации завершения работы линии в режиме кормораздачи.

Схема управления должна обеспечить: автоматическое управление поточной технологической линией, управление электроприводами в автоматическом и наладочном режимах, разделение режимов работы; технологическую сигнализацию.

Для расчета принять мощности двигателей:  $P_{н1} - 15$  кВт,  $P_{н2} - 2,2$  кВт,  $P_{н3} - 7,5$  кВт.

### 38 Автоматизация процесса приготовления фарша для производства пельменей

Линия работает циклически. При запуске линии осуществляется загрузка мясного котла говядиной с одновременной подачей воды, после чего происходит варка в течение заданного времени, выгрузка на транспортер 1 и волчок 1. После выгрузки всей говядины в мясной котел загружается свинина с добавлением воды. После варки свинина измельчается одновременно с обрезью (работает М7).

Одновременно с левой линией срабатывает линия загрузки субпродуктов (с одновременной подачей воды). Однако при варке последних за 20 минут до готовности подгружается печень, после чего происходит выгрузка через транспортер охлаждения 2 в волчок 2 с одновременным введением добавок и воды в фаршемешалку.

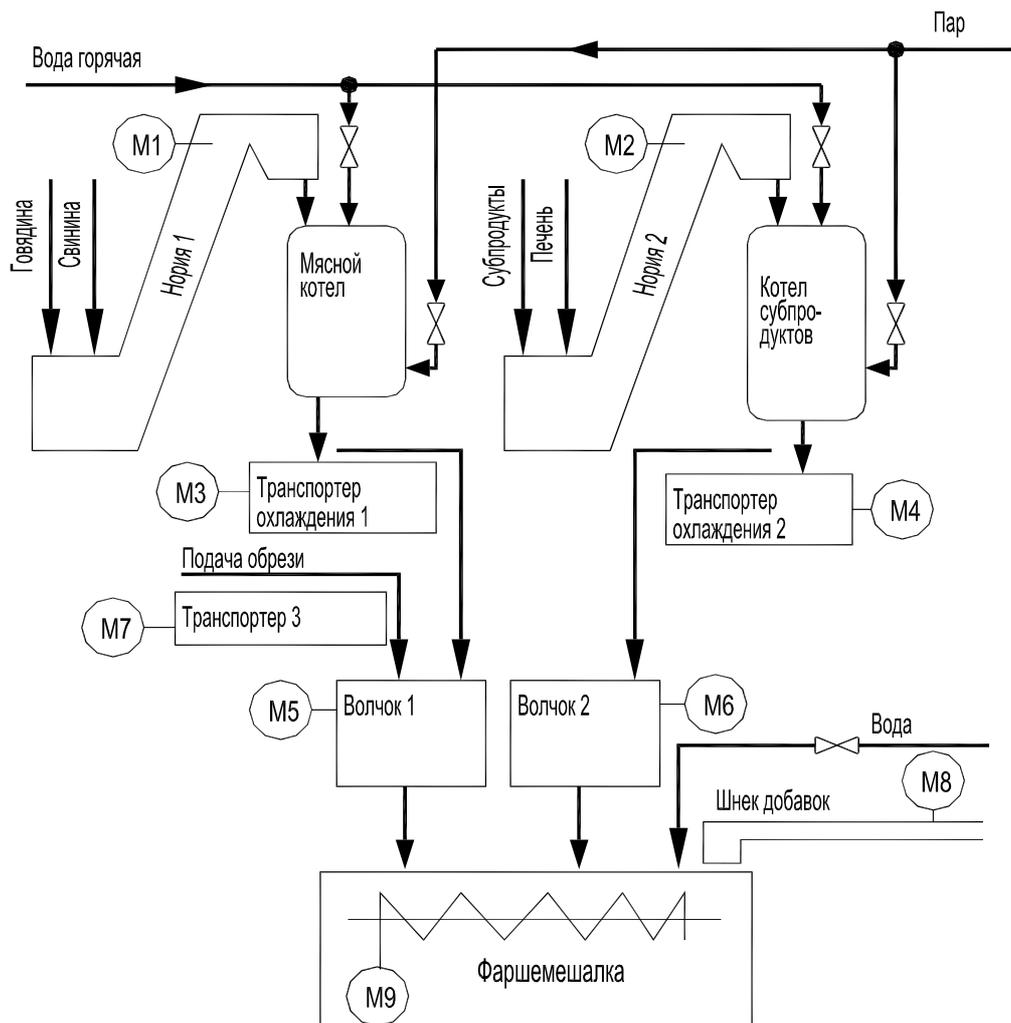


Рисунок А.28 – Технологическая линия приготовления фарша

В фаршемешалке перемешиваются все компоненты заданное время, после чего на 15 с включается звуковой сигнал окончания цикла.

Схема управления должна обеспечить: автоматическое управление циклом работы оборудования линии, управление электроприводами в автоматическом и наладочном режимах, разделение режимов работы; звуковую сигнализацию о завершении процесса смешивания компонентов; технологическую сигнализацию.

Для расчета принять мощности двигателей:  $P_{н1}$ ,  $P_{н2}$ ,  $P_{н3}$ ,  $P_{н4}$ ,  $P_{н7}$ ,  $P_{н8}$  – 2,2 кВт;  $P_{н6}$  – 7,5 кВт;  $P_{н5}$  – 15 кВт;  $P_{н9}$  – 30 кВт.

### 39 Автоматизация линии сквашивания молока в процессе приготовления творога

Включает линию (рисунок А.29) в работу оператор. При этом обеспечивается включение насоса ЦБ2, затем ЦБ1 и молоко из танка хранения поступает в секцию I пастеризатора, где нагревается до температуры 37 °С–40 °С, откуда поступает в сепаратор-молокоочиститель и далее во вторую секцию пастеризатора, где нагревается до 75 °С–76 °С.

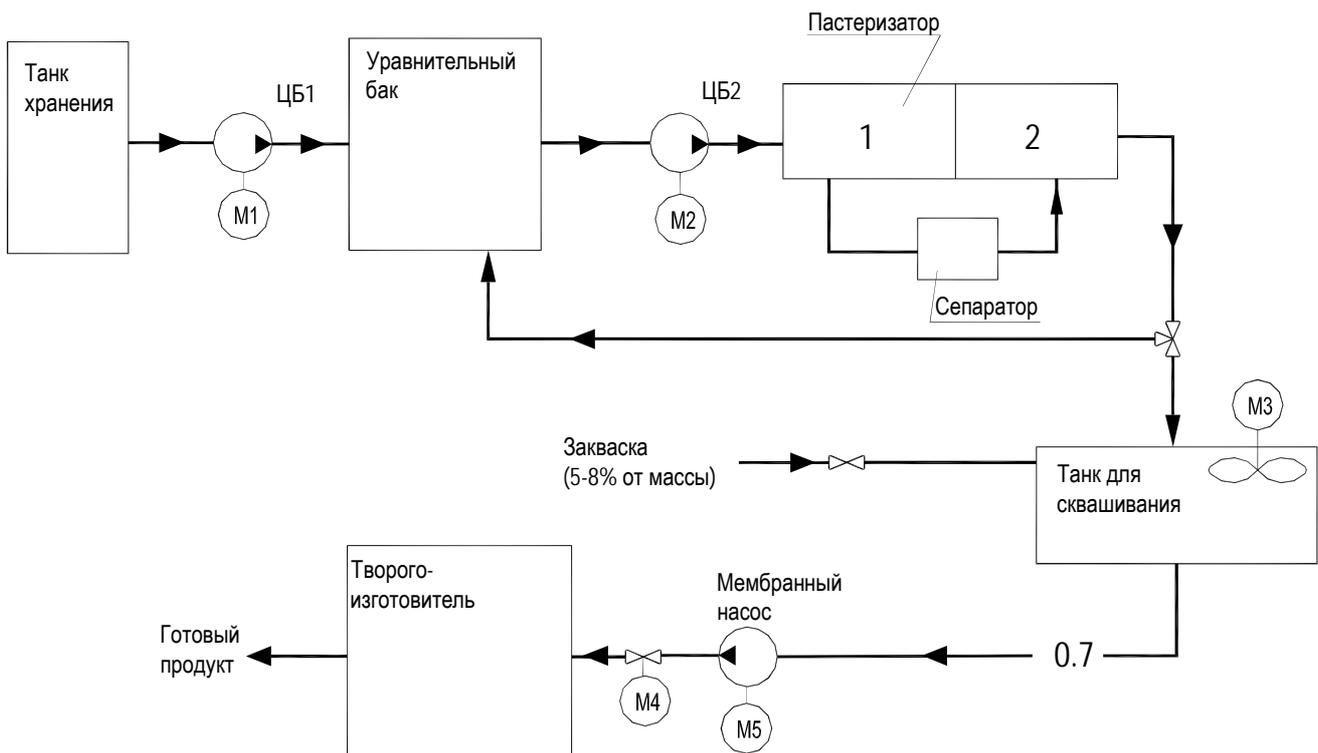


Рисунок А.29 – Технологическая линия приготовления творога

Если температура молока выше +75 °С, то оно поступает в танк для сквашивания через перепускной клапан, если ниже – поступает в уравнительный бак. В танке каждые 20 минут с продолжительностью в одну минуту срабатывает мешалка и подается закваска. При выдержке в танке молока до +35 °С частично

сквашенное молоко мембранным насосом подается в творогоизготовитель, в котором поддерживается требуемый уровень продукта вентилем, оборудованным исполнительным механизмом.

Схема управления должна обеспечить: автоматическое управление поточной технологической линией, управление электроприводами в автоматическом и наладочном режимах, разделение режимов работы; поддержание заданной температуры пастеризации молока; технологическую сигнализацию.

Для расчета принять мощности двигателей:  $P_{н1}$ ,  $P_{н2}$ ,  $P_{н4}$  – 2,2 кВт,  $P_{н3}$  – 7,5 кВт,  $P_{н5}$  – 15 кВт.

#### 40 Автоматизация процесса поддержания параметров микроклимата животноводческого помещения

Отопительно-вентиляционная система (рисунок А.30) включает калорифер, радиальный (центробежный) вентилятор, магистральный воздухопровод и воздухопроводы равномерной раздачи воздуха, выходные отверстия которых оборудованы жалюзийными решетками.

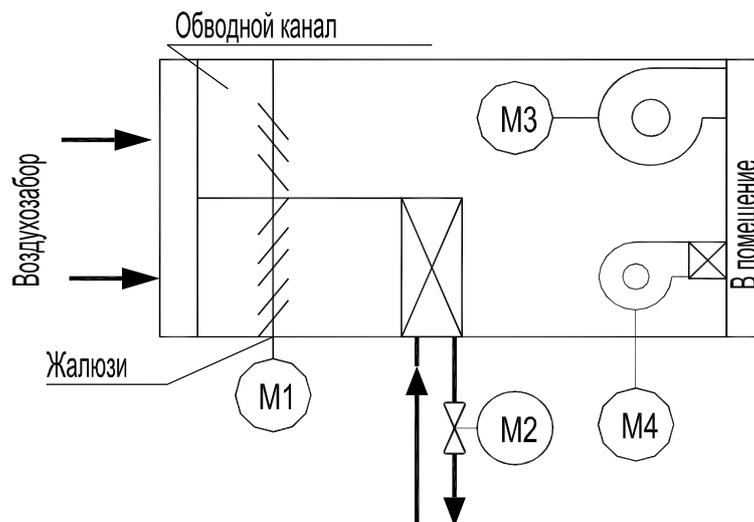


Рисунок А.30 – Технологическая схема воздухозабора

В режиме без теплоносителя вентилятор работает на максимальной частоте вращения, то есть жалюзи калорифера и обводного канала открыты. При отклонении температуры в помещении ниже заданной вентилятор автоматически переключается на минимальную частоту вращения, жалюзи обводного канала прикрываются исполнительным механизмом по команде регулятора температуры. При этом угол поворота исполнительного механизма пропорционален разности температур внутри помещения и заданной. В режиме с теплоносителем вентилятор работает на минимальной частоте вращения, жалюзи калорифера открыты,

обводного канала закрыты. При отклонении температуры в помещении выше или ниже заданной жалюзи автоматически обеспечивают изменение подачи теплоты при постоянной подаче воздуха. При дальнейшем повышении температуры вентилятор автоматически переключается на максимальную частоту вращения. Величина воздухообмена устанавливается в зависимости от времени года: холодный период – в работе М4, переходный – М3, теплый – работают оба.

Схема управления должна обеспечить: поддержание заданной температуры и величины воздухообмена в помещении, защиту калорифера от замораживания (при угрозе замерзания ИМ М2 должен быть полностью открыт); управление электроприводами в автоматическом и наладочном режимах, разделение режимов работы; аварийную и технологическую сигнализацию.

Для расчета принять мощности двигателей:  $P_{н1}$ ,  $P_{н2} - 1,1$  кВт,  $P_{н4} - 2,2$  кВт,  $P_{н3} - 7,5$  кВт.

**Приложение Б**  
(рекомендуемое)

**Пример выполнения курсового проекта**

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Учреждение образования  
**«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Агроэнергетический факультет

Кафедра АСУП

Курсовой проект

по дисциплине «Автоматизация технологических процессов»

Вариант № 10

Тема: «Автоматизация процесса раздачи корма в птичнике»

Студент 3 курса 9а группы  
/ Иванов Е. Б. /  
(личная подпись) (ФИО)  
*Шифр зачетной книжки*

---

Руководитель  
/ Петрова Е. С. /  
(личная подпись) (ФИО)

Минск, 2022

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Агроэнергетический факультет  
Специальность 1-53 01 01-09  
(шифр)

«Утверждаю»  
Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_/ /  
(личная подпись) (ФИО)  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на курсовой проект**

по дисциплине «Автоматизация технологических процессов»

Студенту Иванову Е. А.

1. Тема проекта «Автоматизация процесса раздачи корма в птичнике»

вариант 10

Утверждена приказом по БГАТУ № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

2. Срок сдачи студентом законченного проекта до 31.05.2022

3. Исходные данные к проекту:

1) задание;

2) научная литература по теме проекта;

3) описание изобретений по теме проекта;

4) ПУЭ;

5) ГОСТы и другие нормативные материалы

4. Перечень подлежащих разработке вопросов:

**Введение**

1 Анализ технологических требований, вариантов управления и существующего объема автоматизации технологической установки (процесса)

2 Требования к схеме управления. Определение объема автоматизации ТП

4 Разработка алгоритма управления технологической установкой (процессом) и его проверка

5 Разработка структуры управления в автоматическом режиме работы оборудования

6 Выбор средств автоматизации

7 Разработка полной принципиальной электрической схемы управления и описание ее работы

8 Разработка программы управления \_\_\_\_\_

9 Разработка щита автоматики \_\_\_\_\_

Заключение \_\_\_\_\_

5. Перечень графического материала:

1) схема автоматизации технологического процесса; \_\_\_\_\_

2) полная принципиальная электрическая схема управления, защиты и сигнализации; \_\_\_\_\_

3) щит автоматики. Общий вид (перечень элементов щита, вид спереди, вид на внутренние плоскости щита, таблица надписей на табло и в рамках) \_\_\_\_\_

6. Календарный график работы над всем проектом на весь период проектирования

25 % проекта (вопросы 1–2 и чертеж 1) – 25.02.2022 \_\_\_\_\_

50 % проекта (вопросы 3–7 и чертеж 2) – 27.03.2022 \_\_\_\_\_

75 % проекта (вопрос 8) – 24.04.2022 \_\_\_\_\_

100 % проекта (вопрос 9, заключение и документация 3) – 30.05.2022 \_\_\_\_\_

Дата выдачи задания «\_1\_» \_\_\_02\_\_\_ 2022 г.

Руководитель \_\_\_\_\_  
(подпись)

Задание принял к проектированию «\_1\_» \_\_02\_\_\_\_\_ 2022 г. \_\_\_\_\_  
(подпись)



**Оглавление**

Реферат..... 6

Введение ..... 7

1 Анализ технологических требований, вариантов управления  
и существующего объема автоматизации процесса раздачи корма в птичнике..... 8

2 Требования к схеме управления, определение объема автоматизации линии  
раздачи корма в птичнике..... 12

3 Разработка алгоритма управления процессом раздачи корма в птичнике  
и его проверка ..... 14

4 Разработка структуры управления в автоматическом режиме работы  
оборудования линии раздачи корма в птичнике ..... 18

5 Выбор средств автоматизации ..... 29

6 Разработка полной принципиальной схемы управления и описание  
ее работы..... 35

7 Разработка программы управления ..... 39

8 Разработка щита автоматики..... 50

Заключение ..... 53

Список использованной литературы ..... 54

						<b>02.49.010.22-ПЗ</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Коллич.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ док.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
Разраб.		Иванов Е. А.				<b>Пояснительная записка</b>	<i>Стадия</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Руковод.		Петрова Е. С.			У		5	55	
Консульт.		Петрова Е. С.			<b>БГАТУ №</b>				
Н. контр.									
Зав. каф.									

## Реферат

Курсовой проект выполнен в объеме:

расчетно-пояснительная записка на 55 страницах, таблиц – 30, рисунков – 18; графическая часть на 10 листах, в том числе формата А4 – 10 листов; 18 источников.

Ключевые слова: автоматизация, кормление, клеточное содержание, птица, контроллер, алгоритм управления, программа управления.

В данной работе описано оборудование технологической линии кормления птицы в птичнике с клеточным содержанием; проанализированы требования к системе автоматического управления процессом кормораздачи, определен объем автоматизации линии кормораздачи, выбраны технические средства автоматизации, разработан алгоритм, структура и программа управления процессом кормораздачи в птичнике. Разработаны схема автоматизации, полная принципиальная схема управления, документация на щит автоматики.

## Введение

Автоматизация процессов птицеводства на предприятии способна существенно увеличить эффективность выращивания птицы, сократить затраты на производство, а также оптимизировать рабочее время [1]. Современные птичники оснащены сложными системами оборудования, основная задача которых обеспечить максимальный комфорт птице при выращивании.

Продуктивность животных и птицы на 50 %–55 % определяется кормами, на 20 %–25 % – генетическими признаками и уровнем селекционно-племенной работы, на 20 %–30 % – условиями микроклимата [2, с. 278].

Технология кормления птицы зависит от ее вида. В промышленном птицеводстве используется групповое кормление с помощью желобковых и бункерных кормушек, причем измерение количества корма базируется на изменении продолжительности его раздачи, что возможно только в том случае, если поток корма постоянен.

Поэтому в курсовом проекте ставится цель – предложить систему автоматического управления процессом раздачи корма в птичнике с клеточным содержанием, которая обеспечит своевременное кормление птицы при заданных нормах кормления без участия персонала, автоматически. Для этого необходимо проанализировать технологические требования к процессу кормления в птичнике с клеточным содержанием птицы, выбрать целесообразный вариант реализации линии кормораздачи, определить оптимальный объем автоматизации линии и сформулировать требования к САУ, разработать алгоритм и структуру управления, выбрать технические средства автоматизации, реализовать алгоритм управления в программе управления для контроллера, разработать документацию на щит автоматики.

02.49.010.22-ПЗ

Лист

7

Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

## 1 Анализ технологических требований, вариантов управления и существующего объема автоматизации процесса раздачи корма в птичнике

Согласно заданию объектом проектирования является система автоматического управления линией раздачи корма в птичнике при клеточном способе содержания кур-несушек.

Способы кормления птицы зависят от ее вида, способов содержания, возраста, особенностей кормов и других факторов [3, с. 218].

По способу кормления можно выделить кормление вволю либо специализированное [4, с. 256]. При кормлении мясных курей вволю расход корма превышает их физиологическую потребность на 10 %–12 %, а у ремонтного молодняка – на 30 %–50 %. Специализированное кормление дает возможность экономить в среднем 4 %–6 % корма. Его осуществляют в виде порционного ограничения, ограничения продолжительности раздачи или поедания корма, порционно-продолжительного ограничения и других способов. Периодически порционное ограничение заключается в раздаче несколько раз в сутки нормированной на группу птиц дозы корма. При ограничении продолжительности подачи корма в кормушки подают нормированный поток корма на протяжении заданного промежутка времени, от продолжительности которого зависит общее количество корма, выданного птице на заданной продолжительности кормушки (обычно мобильный кормораздатчик). При ограниченной продолжительности поедания корма птицу допускают к нему на ограниченное время (поворотные заслонки на кормушках). Способ порционно-продолжительного ограничения кормления совмещает ограничение величины порции и продолжительности поедания корма.

Клеточное содержание кур-несушек имеет следующее преимущество перед напольным: полнее используется площадь птичника, улучшается удобство обслуживания для оператора за птицей, предотвращается засорение и разбрасывание корма, уменьшается численность сообщества, птица меньше тратит энергии на движение, больше питательных веществ идет на яичную продукцию, легче

						<b>02.49.010.22-ПЗ</b>	Лист
Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		8

предотвратить распространение инфекционных болезней и удалить больную птицу, продукция (яйцо) получается чище.

Для равномерного производства товарных яиц промышленного стада несушек в течение года комплектуют многократно, по графику, через определенные промежутки времени. Молодок переводят в птичник для несушек в возрасте 60–120 дней и размещают по 6–7 голов в клетки. В случае клеточного содержания кур-несушек кормление может осуществляться цепным, скребковым, шайбовым кормораздатчиком, бункерным навесным двухсторонним раздатчиком, передвижным вибрационным раздатчиком, самоходным шнековым многоярусным раздатчиком [5, с. 370–375].

При клеточном содержании рекомендуется использовать групповое кормление. Согласно научным нормам содержания и кормления кур суточная потребность организма птиц в разнообразных кормах для создания предпосылок хорошей яйценоскости должна достигать не менее 100 г, а состав рациона представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Состав рациона кормления кур в сутки [4, с. 258]:

Наименование компонента	Потребность в сутки, %	Потребность в сутки, г
Кукуруза	25	27,5
Пшеница	30	33,0
Ячмень	20	22,0
Дрожжи гидролизные	7	7,7
Мел	3,9	4,3
Ракушки	5,1	5,6
Соль поваренная	0,3	0,33
Костная мука	2,7	2,97
Жир рыбий кормовой	0,4	0,44
Травяная мука	5,6	6,16
Итого	100 %	110 г

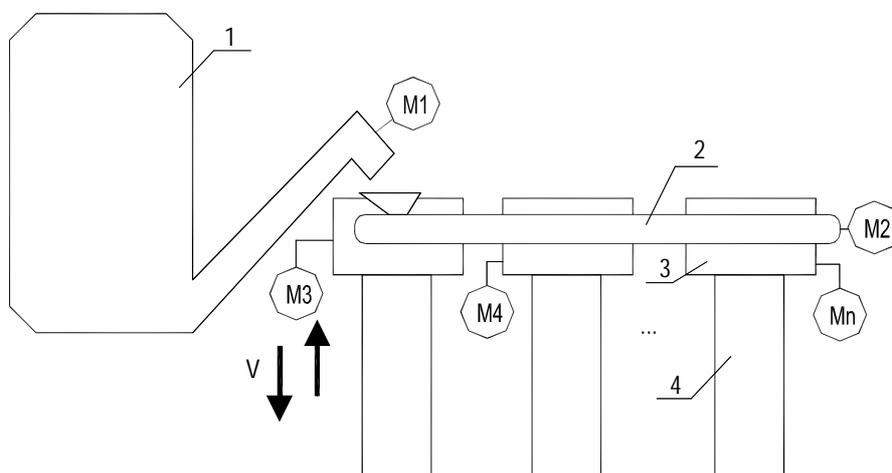
02.49.010.22-ПЗ

Лист

9

Птичники, как правило, комплектуют одновозрастной и равнозначной по продуктивным свойствам птиц, которую используют только в период достаточно высокой продуктивности. В основном для кормления применяют сбалансированные по содержанию питательных веществ гранулированные или рассыпные комбикорма.

При условии содержания в двурядной клеточной батарее рекомендуется использовать бункерный навесной двухсторонний раздатчик кормов [6, с. 531]. Количество ярусов раздатчика зависит от количества ярусов клеток батареи. Раздатчик устанавливают у одного из торцов клеточной батареи, где сверху засыпают корм (рисунок 1.1).



1 – питатель комбикорма; 2 – распределительный транспортер;  
3 – кормораздатчик; 4 – клеточная батарея

Рисунок 1.1 – Технологическая схема раздачи корма в птичнике при клеточном содержании птицы

В составе линии кормораздачи 5 электродвигателей. Их характеристики представлены в таблице 1.2.

Согласно технологическим требованиям линия раздачи корма должна действовать по следующему алгоритму функционирования. Процесс раздачи корма начинается с поочередного заполнения бункеров кормораздатчиков комбикормом с помощью распределительного транспортера 2. После заполнения последнего

Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

02.49.010.22-ПЗ

Лист

10

кормораздатчика кормом линия подачи корма отключается. Включается привод первого кормораздатчика и он, перемещаясь над клеточными батареями, распределяет корм в лотках. В конце клеточной батареи кормораздатчик останавливается, и с выдержкой времени реверсируется привод кормораздатчика. Кормораздатчик возвращается в исходное положение, после чего процесс раздачи корма аналогично повторяется на второй батарее, пока последовательно не отработают все кормораздатчики.

В случае нормированного дозирования корма необходимо предусматривать регулирование скорости перемещения раздатчика.

Таблица 1.2 – Технические данные электродвигателей линии кормораздачи

Обозначение	Наименование рабочей машины	Тип	$P_n$	$I_n$	$\eta$	$n_n$	$\cos\varphi$	$K_i$
			кВт	А	%	мин <sup>-1</sup>	о. е.	о. е.
M1	Питатель комбикорма	АИР80А6У3	0,75	2,3	81	1500	0,83	6,5
M2	Распределительный транспортёр	АИР80А4У3	1,1	2,85	73	1500	0,76	5
M3	Кормораздатчик 1	АИР90LB6У3	2,2	3,36	84,5	1500	0,88	7
M4	Кормораздатчик 2	АИР90LB6У3	2,2	3,36	84,5	1500	0,88	7
M5	Кормораздатчик 3	АИР90LB6У3	2,2	3,36	84,5	1500	0,88	7

Таким образом, требования к САУ линией кормораздачи в птичнике клеточного содержания следующие: обеспечивать автоматизированную кормораздачу требуемой по технологическим требованиям дозы корма 4 раза в сутки (запуск в режиме реального времени, останов автоматически после завершения кормораздачи); задержку на реверс кормораздатчика, аварийную сигнализацию в случае отсутствия корма на одну дачу в питателе 1, технологическую сигнализацию о ходе процесса, работу системы в автоматическом и ручном режимах.

## 2 Требования к схеме управления. Определение объема автоматизации линии раздачи корма в птичнике

Объем автоматизации отразим на схеме автоматизации – лист 1 графической части.

Схема автоматизации – основной технический документ, определяющий функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления технологическим процессом и его регулирования и оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации [7].

При анализе требований к процессу раздачи кормов согласно схеме рисунка 1.1 в разделе 1 выявлено, что система управления должна обеспечивать включение линии в заданное время кормления при условии наличия корма в питателе хотя бы на одну раздачу. Поэтому необходимо контролировать уровень комбикорма в питателе. Предусматриваем установку датчика уровня LS1 в питателе. Также необходимо контролировать загрузку кормораздатчиков кормом. Поскольку кормораздатчики через распределительный транспортер загружаются последовательно, то достаточно предусмотреть установку датчика уровня в последнем кормораздатчике – LS2. Положение кормораздатчиков – исходное и конечное – будем контролировать концевыми выключателями – ZS.

Пуск линии должен происходить в режиме реального времени 4 раза в сутки. Это условие обеспечивает использование реле времени либо ПЛК в функции управления в режиме реального времени. Поскольку управление в целом процессом кормораздачи целесообразно осуществить с помощью контроллера, то и функцию управления по времени организуем через него. Контроллер устанавливаем в щите автоматики. Реализовать функции управления линией кормораздачи предположительно позволит контроллер фирмы Siemens, например, S7-1200.

Щит на схеме автоматизации показан прямоугольником и в нем прямоугольником с раскрытыми входами и выходами отображен контроллер (DI – дискретные (цифровые) входы, DO – дискретные (цифровые) выходы).

						<b>02.49.010.22-ПЗ</b>	Лист
Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		12

Магнитные пускатели, управляющие двигателями в питателе, транспортера и кормораздатчиков в соответствии с ГОСТ 21.208 [8] обозначаем на схеме автоматизации – NS (установка в щите автоматики). Для разделения режимов работы необходимо предусмотреть переключатель режимов работы оборудования – HS. В ручном режиме управляют электроприводами с помощью кнопок – Н. Аварийная сигнализация осуществляется с помощью лампы HL1 и звонка НА.

Обозначение ТСА на схеме автоматизации расшифрованы в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Обозначения приборов и средств автоматизации на схеме автоматизации

Обозначение (позиция)	Наименование
Н (18-25)	Кнопки ручного управления
НА	Звуковая аварийная сигнализация
HL1	Световая аварийная сигнализация
HS (9)	Переключатель режимов работы (ручное, автоматическое)
LS (1, 2)	Датчик уровня в питателе и последнем кормораздатчике
NS (10-17)	Магнитные пускатели
ZS (3-8)	Датчик положения (концевой выключатель)

						<b>02.49.010.22-ПЗ</b>	Лист
Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		13

### 3 Разработка алгоритма управления процессом раздачи корма в птичнике и его проверка

Алгоритм функционирования линии кормораздачи приведен в разделе 1. В разделе 2 определен объем автоматизации линии. Тогда алгоритм управления с учетом представленного состава технических средств автоматизации будет следующим. В случае наступления времени кормораздачи при условии заполнения питателя кормом (срабатывает датчик уровня LS1 и подает сигнал на вход контроллера) контроллер подает сигнал на включение привода распределительного транспортера M2, затем привода питателя M1. Поочередно заполняются бункера кормораздатчиков. После заполнения последнего кормораздатчика кормом срабатывает датчик уровня LS2 и контроллер подает сигнал на отключение приводов питателя и транспортера и включение привода первого кормораздатчика вперед и он, перемещаясь над клеточными батареями, распределяет корм в лотках. В конце клеточной батареи срабатывает датчик положения ZS3, кормораздатчик останавливается, контроллер отсчитывает выдержку времени и подает сигнал на реверс кормораздатчика. Кормораздатчик возвращается в исходное положение, срабатывает датчик положения ZS4, после чего процесс раздачи корма аналогично повторяется на второй батарее, пока последовательно не отработают все кормораздатчики.

Для возможности разработки структуры управления на основании словесного описания работы алгоритма управления составим символическую запись алгоритма управления. Для составления символической записи алгоритма управления примем обозначения, приведенные в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Символьные обозначения для записи алгоритма

Обозначение элемента	Наименование командного прибора и исполнительного устройства
<i>1</i>	<i>2</i>
$X_1$	Привод питателя комбикорма
$X_2$	Привод распределительного транспортера
$X_3$	Привод первого кормораздатчика для движения вперед
$X_4$	Привод первого кормораздатчика для движения назад

## Окончание таблицы 3.1

1	2
X <sub>5</sub>	Привод второго кормораздатчика для движения вперед
X <sub>6</sub>	Привод второго кормораздатчика для движения назад
X <sub>7</sub>	Привод третьего кормораздатчика для движения вперед
X <sub>8</sub>	Привод третьего кормораздатчика для движения назад
Z <sub>c</sub> '	Контакт программного суточного реле времени
Z <sub>1</sub>	Программное реле времени 1
z <sub>1</sub> '	Контакт реле времени 1
Z <sub>2</sub>	Программное реле времени 2
z <sub>2</sub> '	Контакт реле времени 2
Z <sub>3</sub>	Программное реле времени 3
z <sub>3</sub> '	Контакт реле времени 3
b <sub>1</sub>	Датчик уровня в питателе комбикорма
b <sub>2</sub>	Датчик уровня в последнем кормораздатчике
b <sub>3</sub>	Датчик исходного положения первого кормораздатчика
b <sub>4</sub>	Датчик конечного положения первого кормораздатчика
b <sub>5</sub>	Датчик исходного положения второго кормораздатчика
b <sub>6</sub>	Датчик конечного положения второго кормораздатчика
b <sub>7</sub>	Датчик исходного положения третьего кормораздатчика
b <sub>8</sub>	Датчик конечного положения третьего кормораздатчика

Изменение состояния исполнительных устройств, командных органов в записи алгоритма обозначаем символами: ↑ – включение, ↓ – выключение. Символическая запись алгоритма приведена на рисунке 3.1.

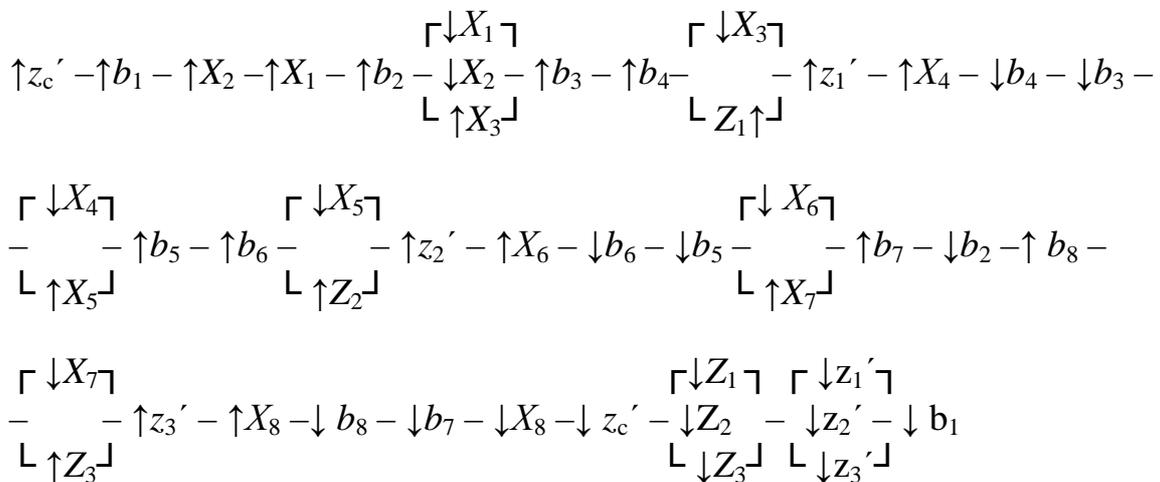


Рисунок 3.1 – Алгоритм управления процессом кормораздачи в птичнике

После составления символической записи алгоритма его проверяют на реализуемость и правильность составления. Под реализуемостью алгоритма ТП понимают возможность синтеза структуры управления без применения промежуточных реле (логических), или если они нужны, определение их количества, необходимого для реализации структуры управления [9, с. 42].

С целью определения возможности реализации цикла каждому элементу символической записи присваивается так называемый «вес». Первому элементу присваиваем «вес» равный единице. «Вес» каждого последующего «нового» элемента удваивается (см. верхнюю строку таблицы 3.2). Начальный вес всей схемы принимается равным нулю, независимо от того замкнут или разомкнут контакт командного аппарата, включен или отключен исполнительный орган. С каждым тактом весовое состояние схемы меняется. При изменении исходного состояния элемента к весовому состоянию схемы прибавляется весовое состояние элемента, при возвращении элемента в исходное состояние от весового состояния схемы вычитается весовое состояние элемента. Такая запись производится для всего цикла работы.

Таблица 3.2 – Проверка символической записи алгоритма

Такт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Вес элемента	1	2	4	8	16	8/4/32	64	128	32/256	512	1024	128
Запись алгоритма	$\uparrow z_c'$	$\uparrow b_1$	$\uparrow X_2$	$\uparrow X_1$	$\uparrow b_2$	$\downarrow X_1$ $\downarrow X_2$ $\uparrow X_3$	$\uparrow b_3$	$\uparrow b_4$	$\downarrow X_3$ $\uparrow Z_1$	$\uparrow z_1'$	$\uparrow X_4$	$\downarrow b_4$
Вес состояния	1	3	7	15	31	51	115	243	467	979	2003	1875

Продолжение таблицы 3.2

Такт	13	14	15	16	17	18	19	20
Вес элемента	64	1024/ 2048	4096	8192	2048/ 16 384	32 768	65 536	8192
Запись алгоритма	$\downarrow b_3$	$\downarrow X_4$ $\uparrow X_5$	$\uparrow b_5$	$\uparrow b_6$	$\downarrow X_5$ $\uparrow Z_2$	$\uparrow z_2'$	$\uparrow X_6$	$\downarrow b_6$
Вес состояния	1811	2835	6931	15 123	29 459	62 227	127 763	119 571

## Продолжение таблицы 3.2

Такт	21	22	23	24	25	26	27	28
Вес элемента	4096	65 536/ 131 072	262144	16	524 288	131 072/ 1 048 576	2 097 152	4 194 304
Запись алгоритма	$\downarrow b_5$	$\downarrow X_6$ $\uparrow X_7$	$\uparrow b_7$	$\downarrow b_2$	$\uparrow b_8$	$\downarrow X_7$ $\uparrow Z_3$	$\uparrow z_3'$	$\uparrow X_8$
Вес состояния	115 475	181 011	443 155	443 139	967 427	1 884 931	3 982 083	8 176 387

## Окончание таблицы 3.2

Такт	29	30	31	32	33	34	35
Вес элемента	524 288	262 144	4 194 304	1	256/16 384/ 1 048 576	512/32 768/ 2 097 152	2
Запись алгоритма	$\downarrow b_8$	$\downarrow b_7$	$\downarrow X_8$	$\downarrow z_c'$	$\downarrow Z_1$ $\downarrow Z_2$ $\downarrow Z_3$	$\downarrow z_1'$ $\downarrow z_2'$ $\downarrow z_3'$	$\downarrow b_1$
Вес состояния	7 652 099	3 789 955	3 195 651	3 195 650	2 130 434	2	0

На первом этапе определяется корректность записи весового состояния – весовое состояние в последнем такте цикла работы оборудования технологической линии не должно быть числом отрицательным. Кроме того, если происходит повторение значений весового состояния схемы, то для реализации алгоритма понадобится промежуточный элемент. Однако окончательное решение об использовании промежуточных элементов принимают на этапе анализа частных таблиц включения. Если повторений значений весового состояния на протяжении алгоритма нет, то он реализуем без промежуточных элементов.

Таким образом, можно сделать следующие выводы по проверке алгоритма:

- 1) алгоритм составлен верно, так как конечное значение весового состояния равно нулю;
- 2) алгоритм реализуем, так как на протяжении цикла алгоритма нет повторений значений весового состояния.

02.49.010.22-ПЗ

Лист

17

Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

#### 4 Разработка структуры управления в автоматическом режиме работы оборудования линии раздачи корма в птичнике

Для составления структурной схемы автоматического управления в целом процессом необходимо разработать структурные формулы управления отдельными исполнительными механизмами. Для этого составляют частные таблицы включений каждого исполнительного элемента.

В частную таблицу включений элемента входят, во-первых, сам исполнительный элемент и все те командные и промежуточные элементы, от которых этот элемент срабатывает, а также те командные аппараты, которые обеспечивают дополнительные условия срабатывания исполнительного элемента. В горизонтальных строках таблицы записывают все электрические элементы. Вертикальные столбцы – это такты срабатывания. При переходе от одного такта к другому меняется состояние хотя бы одного из электрических элементов. Знаком «+» обозначают включение элемента, а знаком «-» их выключение или отпускание.

Разработаем структурную формулу управления для исполнительного механизма  $X_1$  (привод питателя комбикорма). Для этого составим таблицу включений ИЭ  $X_1$  (таблица 4.1). На работу  $X_1$ , согласно символической записи алгоритма (таблица 3.1), влияют элементы  $X_2$  и  $b_2$  (привод распределительного транспортера и датчик уровня в последнем кормораздатчике). В соответствии с символической записью алгоритма в таблице включений отметим, как срабатывают и возвращаются в исходное состояние элементы.

Из анализа весового состояния (нижняя строка таблицы 4.1) видно, что схему можно реализовать без дополнительных элементов.

Из структурной теории релейных устройств известна следующая структурная формула для определения первоначальной структуры управления исполнительным элементом  $X$  [2, с. 73]:

$$f(X) = f_{\text{сп}}(x) + \overline{f_{\text{отп}}(x)} \cdot x, \quad (4.1)$$

						<b>02.49.010.22-ПЗ</b>	Лист
Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		18

где  $f_{cp}(x)$  – логическое произведение контактов элементов в такте отпуская, обеспечивающих замкнутую цепь элемента, для которого определяется структурная формула (контакт элемента в  $f_{cp}$  не входит);

$f_{отп}(x)$  – логическое произведение контактов элементов в такте отпуская, обеспечивающих замкнутую цепь элемента, для которого определяется структурная формула (контакт элемента в  $f_{отп}$  не входит);

$x$  – контакт ИЭ.

Таблица 4.1 – Частная таблица включений ИЭ  $X_1$

Э	Вес	Такты					
		1	2	3	4	5	6
$X_1$	1	–	⊕	+	⊖	–	–
$x_2$	2	⊕	+	+	+	⊖	–
$b_2$	4	–	–	⊕	+	+	⊖
Весовое состояние		1	3	7	6	4	0

Тогда, согласно таблице 4.1, для ИЭ  $X_1$  (такт срабатывания – это так 1, такт отпуская – 3) структурная формула управления следующая:

$$f(X_1) = f_{cp}(x_1) + \overline{f_{отп}(x_1)} \cdot x_1 = x_2 \cdot \overline{b_2} + \overline{x_2} \cdot \overline{b_2} \cdot x_1.$$

Используя закон де Моргана (формулировка  $\overline{a \cdot b} = \overline{a} + \overline{b}$ ) и учитывая закон двойной инверсии ( $\overline{\overline{a}} = a$ ) [2, с. 68], произведем преобразование структурной формулы контактов ИЭ  $X_1$ :

$$f(X_1) = x_2 \cdot \overline{b_2} + (\overline{x_2} + \overline{b_2}) \cdot x_1.$$

Для упрощения первоначальных структурных формул элемента можно воспользоваться таблицей покрытий (таблица 4.2). Она позволяет исключить из первоначальной структурной формулы лишние слагаемые, которые или не реализуют какие-либо такты, или реализуют их с помощью дополнительных слагаемых

структурной формулы. Таблицы покрытия строятся следующим образом: в горизонтальных строках левого столбца выписываются все суммы произведений, имеющиеся в первоначальных структурных формулах элементов, а в вертикальных столбцах – номера тактов включенного состояния данного элемента, в том числе и такта срабатывания. Такт отпускания ИЭ в таблицу покрытий не входит. В тех тактах, где данное произведение вызывает замкнутую цепь для элемента, ставят знак «Х».

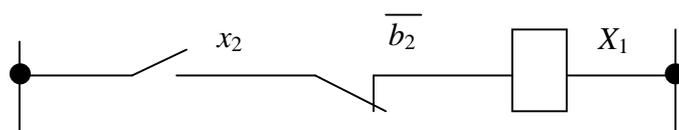
Таблица 4.2 – Таблица покрытий ИЭ  $X_1$ 

№	Цепь	Такты	
		1	2
1	$x_2 \cdot \overline{b_2}$	Х	Х
2	$\overline{x_2} \cdot x_1$	–	Х
3	$\overline{b_2} \cdot x_1$	–	Х

Замкнутую цепь для ИЭ  $X_1$  на протяжении тактов 1 и 2 реализует первое произведение. Поэтому структурная формула управления следующая:

$$f(X_1) = x_2 \cdot \overline{b_2}.$$

Структурная схема управления  $X_1$  соответствует рисунку 4.1.

Рисунок 4.1 – Структурная схема управления ИЭ  $X_1$ 

Проанализируем работу схемы. Включение ИЭ  $X_1$  произойдет при замыкании контакта  $x_2$  (включение привода распределительного транспортера) и он будет работать, пока контакт  $b_2$  не разомкнется (загрузка всех раздатчиков кормом).

Для остальных исполнительных элементов аналогично разрабатываем структурные формулы управления и далее сводим в единую структурную схему управления.

Структурную формулу управления для элемента ИЭ  $X_2$  получаем на основании таблиц 4.3–4.4. Структурная схема соответствует рисунку 4.2.

Таблица 4.3 – Таблица включений ИЭ  $X_2$

Э	Вес	Такты							
		1	2	3	4	5	6	7	8
$X_2$	1	-	-	+	+	-	-	-	-
$z_c'$	2	+	+	+	+	+	+	-	-
$b_1$	4	-	+	+	+	+	+	+	-
$b_2$	8	-	-	-	+	+	-	-	-
«Вес» схемы		2	6	7	15	14	6	4	0

Таблица 4.4 – Таблица покрытий ИЭ  $X_2$

№	Цепи	Такты	
		2	3
1	$z_c' \cdot b_1 \cdot \bar{b}_2$	X	X
2	$\bar{z}_c' \cdot x_2$	-	-
3	$\bar{b}_1 \cdot x_2$	-	-
4	$\bar{b}_2 \cdot x_2$	-	X

$$f_{\text{сп}}(X_2) = z_c' \cdot b_1 \cdot \bar{b}_2; \quad f_{\text{отп}}(X_2) = z_c' \cdot b_1 \cdot b_2;$$

$$f(X_2) = z_c' \cdot b_1 \cdot \bar{b}_2 + \bar{z}_c' \cdot b_1 \cdot b_2 \cdot x_2 = z_c' \cdot b_1 \cdot \bar{b}_2 + (\bar{z}_c' + \bar{b}_1 + \bar{b}_2) \cdot x_2;$$

$$f(X_2) = z_c' \cdot b_1 \cdot \bar{b}_2.$$

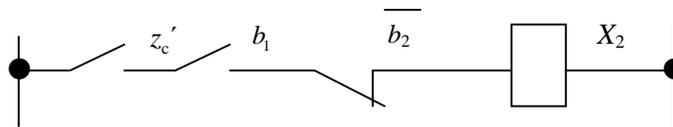


Рисунок 4.2 – Структурная схема управления ИЭ  $X_2$

Структурную формулу управления для элемента ИЭ  $X_3$  получаем на основании таблиц 4.5–4.6. Структурная схема соответствует рисунку 4.3.

Таблица 4.5 – Таблица включений ИЭ  $X_3$

Э	Вес	Такты					
		1	2	3	4	5	6
$X_3$	1	-	+	+	-	-	-
$b_2$	2	+	+	+	+	+	-
$b_4$	4	-	-	+	+	-	-
«Вес» схемы		2	3	7	6	2	0

Таблица 4.6 – Таблица покрытий ИЭ  $X_3$

№	Цепи	Такты	
		1	2
1	$b_2 \cdot \bar{b}_4$	X	X
2	$\bar{b}_2 \cdot x_3$	-	-
3	$\bar{b}_4 \cdot x_3$	-	X

$$f_{\text{сп}}(X_3) = b_2 \cdot \overline{b_4}; \quad f_{\text{отп}}(X_3) = b_2 \cdot b_4;$$

$$f(X_3) = b_2 \cdot \overline{b_4} + \overline{b_2} \cdot b_4 \cdot x_3;$$

$$f(X_2) = b_2 \cdot \overline{b_4}.$$

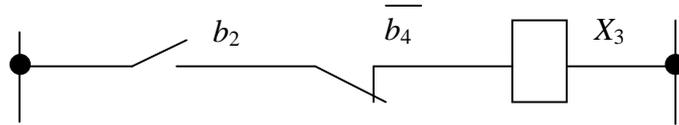


Рисунок 4.3 – Структурная схема управления ИЭ X<sub>3</sub>

Структурную формулу управления для элемента ИЭ X<sub>4</sub> получаем на основании таблиц 4.7–4.8. Структурная схема соответствует рисунку 4.4.

Таблица 4.7 – Таблица включений ИЭ X<sub>4</sub>

Э	Вес	Такты					
		1	2	3	4	5	6
X <sub>4</sub>	1	-	-	+	+	-	-
z <sub>1</sub> '	2	-	+	+	+	+	-
b <sub>3</sub>	4	+	+	+	-	-	-

Таблица 4.8 – Таблица покрытий ИЭ X<sub>4</sub>

№	Цепи	Такты	
		2	3
1	z <sub>1</sub> ' · b <sub>3</sub>	X	X
2	$\overline{z_1'} \cdot x_4$	-	-
3	b <sub>3</sub> · x <sub>4</sub>	-	X

$$f_{\text{сп}}(X_4) = z_1' \cdot b_3; \quad f_{\text{отп}}(X_4) = z_1' \cdot \overline{b_3};$$

$$f(X_4) = z_1' \cdot b_3 + \overline{z_1'} \cdot \overline{b_3} \cdot x_4;$$

$$f(X_4) = z_1' \cdot b_3.$$

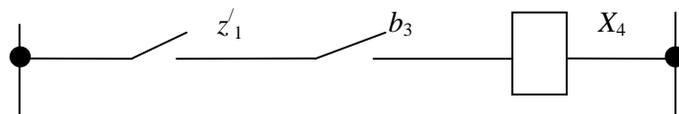


Рисунок 4.4 – Структурная схема управления ИЭ X<sub>4</sub>

Контакт датчика b<sub>3</sub> в момент составления алгоритма первоначально включен, поэтому при составлении окончательной формулы требуется нормализовать его состояние, то есть в нормализованной формуле f<sub>н</sub>(X<sub>4</sub>) по сравнению с f(X<sub>4</sub>) состояние контакта b<sub>3</sub> изменено на инверсное.

$$f_n(X_4) = z_1' \cdot \bar{b}_3.$$

В этом случае схема рисунка 4.5 обеспечивает заданную работу ИЭ. В других цепях, включающих контакт датчика  $b_3$ , последний также нормализуется.

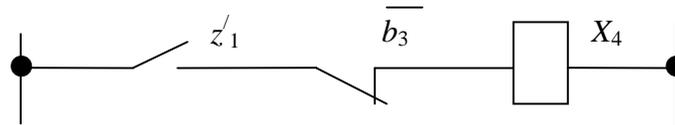


Рисунок 4.5 – Нормализованная структурная схема управления ИЭ  $X_4$

Структурную формулу управления для элемента ИЭ  $X_5$  получаем на основании таблиц 4.9–4.10. Структурная схема соответствует рисунку 4.6.

Таблица 4.9 – Таблица включений ИЭ  $X_5$

Э	Вес	Такты							
		1	2	3	4	5	6	7	8
$X_5$	1	-	-	-	+	+	-	-	-
$z_1'$	2	-	+	+	+	+	+	+	-
$b_3$	4	+	+	-	-	-	-	-	-
$b_6$	8	-	-	-	-	+	+	-	-

Таблица 4.10 – Таблица покрытий ИЭ  $X_5$

№	Цепи	Такты	
		3	4
1	$z_1' \cdot \bar{b}_3 \cdot \bar{b}_6$	X	X
2	$\bar{z}_1' \cdot x_5$	-	-
3	$b_3 \cdot x_5$	-	-
4	$\bar{b}_6 \cdot x_5$	-	X

$$f_{\text{оп}}(X_5) = z_1' \cdot \bar{b}_3 \cdot \bar{b}_6; \quad f_{\text{отп}}(X_5) = z_1' \cdot \bar{b}_3 \cdot b_6;$$

$$f(X_5) = z_1' \cdot \bar{b}_3 \cdot \bar{b}_6 + z_1' \cdot \bar{b}_3 \cdot b_6 \cdot x_5 = z_1' \cdot \bar{b}_3 \cdot \bar{b}_6 + (\bar{z}_1' + b_3 + \bar{b}_6) \cdot x_5;$$

$$f(X_5) = z_1' \cdot \bar{b}_3 \cdot \bar{b}_6; \quad f_n(X_5) = z_1' \cdot b_3 \cdot \bar{b}_6.$$

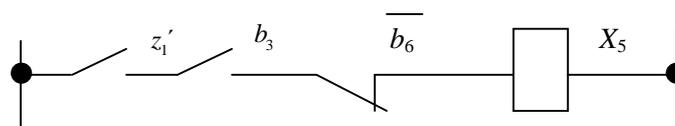


Рисунок 4.6 – Структурная схема управления ИЭ  $X_5$

Структурную формулу управления для элемента ИЭ  $X_6$  получаем на основании таблиц 4.11–4.12. Структурная схема соответствует рисунку 4.7.

Таблица 4.11 – Таблица включений ИЭ  $X_6$       Таблица 4.12 – Таблица покрытий ИЭ  $X_6$

Э	Вес	Такты					
		1	2	3	4	5	6
$X_6$	1	-	-	+	+	-	-
$z_2'$	2	-	+	+	+	+	-
$b_5$	4	+	+	+	-	-	-
«Вес» схемы		4	6	7	3	2	0

№	Цепи	Такты	
		2	3
1	$z_2' \cdot b_5$	X	X
2	$\overline{z_2'} \cdot x_6$	-	-
3	$b_5 \cdot x_6$	-	X

$$f_{\text{сп}}(X_6) = z_2' \cdot b_5; \quad f_{\text{отп}}(X_6) = z_2' \cdot \overline{b_5};$$

$$f(X_5) = z_2' \cdot b_5 + \overline{z_2'} \cdot \overline{b_5} \cdot x_6 = z_2' \cdot b_5 + (z_2' + b_5) \cdot x_6;$$

$$f(X_6) = z_2' \cdot b_5; \quad f_{\text{н}}(X_6) = z_2' \cdot \overline{b_5}.$$

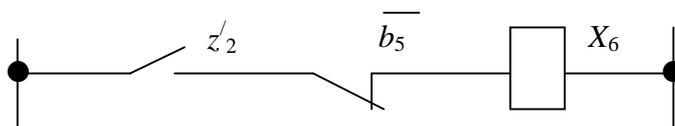


Рисунок 4.7 – Структурная схема управления ИЭ  $X_6$

Структурную формулу управления для элемента ИЭ  $X_7$  получаем на основании таблиц 4.13–4.14. Структурная схема соответствует рисунку 4.8.

Таблица 4.13 – Таблица включений ИЭ  $X_5$       Таблица 4.14 – Таблица покрытий ИЭ  $X_5$

Э	Вес	Такты							
		1	2	3	4	5	6	7	8
$X_7$	1	-	-	-	+	+	-	-	-
$z_2'$	2	-	+	+	+	+	+	+	-
$b_5$	4	+	+	-	-	-	-	-	-
$b_8$	8	-	-	-	-	+	+	-	-
«Вес» схемы		4	6	2	3	11	10	2	0

№	Цепи	Такты	
		3	4
1	$z_2' \cdot \overline{b_5} \cdot \overline{b_8}$	X	X
2	$\overline{z_2'} \cdot x_7$	-	-
3	$b_5 \cdot x_7$	-	-
4	$\overline{b_8} \cdot x_7$	-	X

$$f_{\text{сп}}(X_7) = z_2' \cdot \overline{b_5} \cdot \overline{b_8}; \quad f_{\text{отп}}(X_7) = z_2' \cdot \overline{b_5} \cdot b_8;$$

$$f(X_7) = z_2' \cdot \overline{b_5} \cdot \overline{b_8} + z_2' \cdot \overline{b_5} \cdot b_8 \cdot x_7 = z_2' \cdot \overline{b_5} \cdot \overline{b_8} + (z_2' + b_5 + \overline{b_8}) \cdot x_7;$$

$$f(X_7) = z_2' \cdot \overline{b_5} \cdot \overline{b_8}; \quad f_{\text{н}}(X_7) = z_2' \cdot b_5 \cdot \overline{b_8}.$$

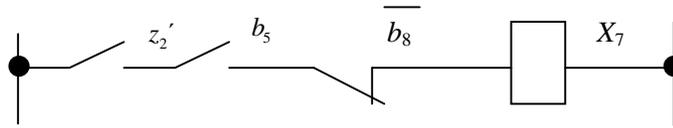


Рисунок 4.8 – Структурная схема управления ИЭ X7

Структурную формулу управления для элемента ИЭ X8 получаем на основании таблиц 4.15–4.16. Структурная схема соответствует рисунку 4.9.

Таблица 4.15 – Таблица включений ИЭ X8

Э	Вес	Такты					
		1	2	3	4	5	6
X8	1	-	-	+	+	-	-
z3'	2	-	+	+	+	+	-
b7	4	+	+	+	-	-	-

Таблица 4.16 – Таблица покрытий ИЭ X8

№	Цепи	Такты	
		2	3
1	$z_3' \cdot b_7$	X	X
2	$\overline{z_3'} \cdot x_8$	-	-
3	$b_7 \cdot x_8$	-	X

$$f_{\text{сп}}(X_8) = z_3' \cdot b_7; \quad f_{\text{отп}}(X_8) = z_3' \cdot \overline{b_7};$$

$$f(X_8) = z_3' \cdot b_7 + z_3' \cdot \overline{b_7} \cdot x_8 = z_3' \cdot b_7 + (z_3' + b_7) \cdot x_8;$$

$$f(X_8) = z_3' \cdot b_7; \quad f_{\text{н}}(X_8) = z_3' \cdot \overline{b_7}.$$

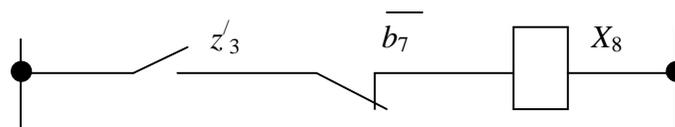


Рисунок 4.9 – Структурная схема управления ИЭ X8

Структурную формулу управления для элемента ИЭ Z1 получаем на основании таблиц 4.17–4.18. Структурная схема соответствует рисунку 4.10.

Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
------	--------	------	--------	---------	------

Таблица 4.17 – Таблица включений ИЭ  $Z_1$       Таблица 4.18 – Таблица покрытий ИЭ  $Z_1$ 

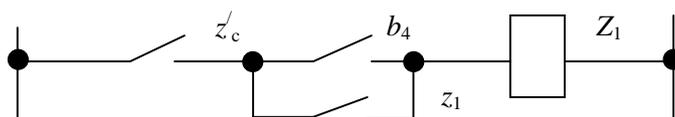
Э	Вес	Такты					
		1	2	3	4	5	6
$Z_1$	1	-	-	+	+	+	-
$z_c'$	2	+	+	+	+	-	-
$b_4$	4	-	+	+	-	-	-
«Вес» схемы		2	6	7	3	1	0

№	Цепи	Такты		
		2	3	4
1	$z_c' \cdot b_4$	X	X	
2	$z_c' \cdot z_1$	-	X	X
3	$b_4 \cdot z_1$	-	X	-

$$f_{\text{сп}}(Z_1) = z_c' \cdot b_4; \quad f_{\text{отп}}(Z_1) = \overline{z_c'} \cdot \overline{b_4};$$

$$f(Z_1) = z_c' \cdot b_4 + \overline{\overline{z_c'} \cdot \overline{b_4}} \cdot z_1 = z_c' \cdot b_4 + (z_c' + b_4) \cdot z_1;$$

$$f(Z_1) = z_c' \cdot b_4 + z_c' \cdot z_1 = z_c' \cdot (b_4 + z_1).$$

Рисунок 4.10 – Структурная схема управления ИЭ  $Z_1$ 

Структурную формулу управления для элемента ИЭ  $Z_2$  получаем на основании таблиц 4.19–4.20. Структурная схема соответствует рисунку 4.11.

Таблица 4.19 – Таблица включений ИЭ  $Z_2$       Таблица 4.20 – Таблица покрытий ИЭ  $Z_2$ 

Э	Вес	Такты					
		1	2	3	4	5	6
$Z_2$	1	-	-	+	+	+	-
$z_c'$	2	+	+	+	+	-	-
$b_6$	4	-	+	+	-	-	-

№	Цепи	Такты		
		2	3	4
1	$z_c' \cdot b_6$	X	X	
2	$z_c' \cdot z_2$	-	X	X
3	$b_4 \cdot z_2$	-	X	-

$$f_{\text{сп}}(Z_2) = z_c' \cdot b_6; \quad f_{\text{отп}}(Z_2) = \overline{z_c'} \cdot \overline{b_6};$$

$$f(Z_2) = z_c' \cdot b_6 + \overline{\overline{z_c'} \cdot \overline{b_6}} \cdot z_2 = z_c' \cdot b_6 + (z_c' + b_6) \cdot z_2;$$

$$f(Z_2) = z_c' \cdot b_6 + z_c' \cdot z_2 = z_c' \cdot (b_6 + z_2).$$

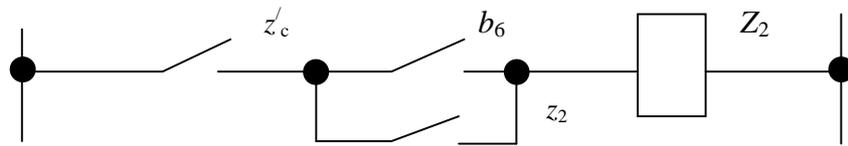


Рисунок 4.11 – Структурная схема управления ИЭ Z<sub>2</sub>

Структурную формулу управления для элемента ИЭ Z<sub>3</sub> получаем на основании таблиц 4.21–4.22. Структурная схема соответствует рисунку 4.12.

Таблица 4.21 – Таблица включений ИЭ Z<sub>3</sub>

Э	Вес	Такты					
		1	2	3	4	5	6
Z <sub>3</sub>	1	-	-	+	+	+	-
z' <sub>c</sub>	2	+	+	+	+	-	-
b <sub>8</sub>	4	-	+	+	-	-	-

Таблица 4.22 – Таблица покрытий ИЭ Z<sub>3</sub>

№	Цепи	Такты		
		2	3	4
1	z' <sub>c</sub> · b <sub>8</sub>	X	X	
2	z' <sub>c</sub> · z <sub>3</sub>	-	X	X
3	b <sub>8</sub> · z <sub>3</sub>	-	X	-

$$f_{\text{сп}}(Z_3) = z'_c \cdot b_8; \quad f_{\text{отп}}(Z_3) = \overline{z'_c} \cdot \overline{b_8};$$

$$f(Z_3) = z'_c \cdot b_8 + \overline{\overline{z'_c} \cdot \overline{b_8}} \cdot z_3 = z'_c \cdot b_8 + (z'_c + b_8) \cdot z_3;$$

$$f(Z_3) = z'_c \cdot b_8 + z'_c \cdot z_3 = z'_c \cdot (b_8 + z_3).$$

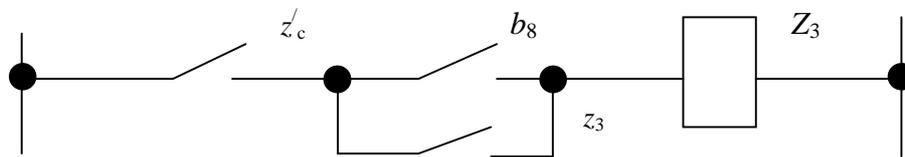


Рисунок 4.12 – Структурная схема управления ИЭ Z<sub>3</sub>

Полная структурная схема САУ ТП состоит из структурных схем отдельных исполнительных механизмов (рисунок 4.13). По возможности общие контакты следует вынести в общие цепи управления.

Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
------	--------	------	--------	---------	------

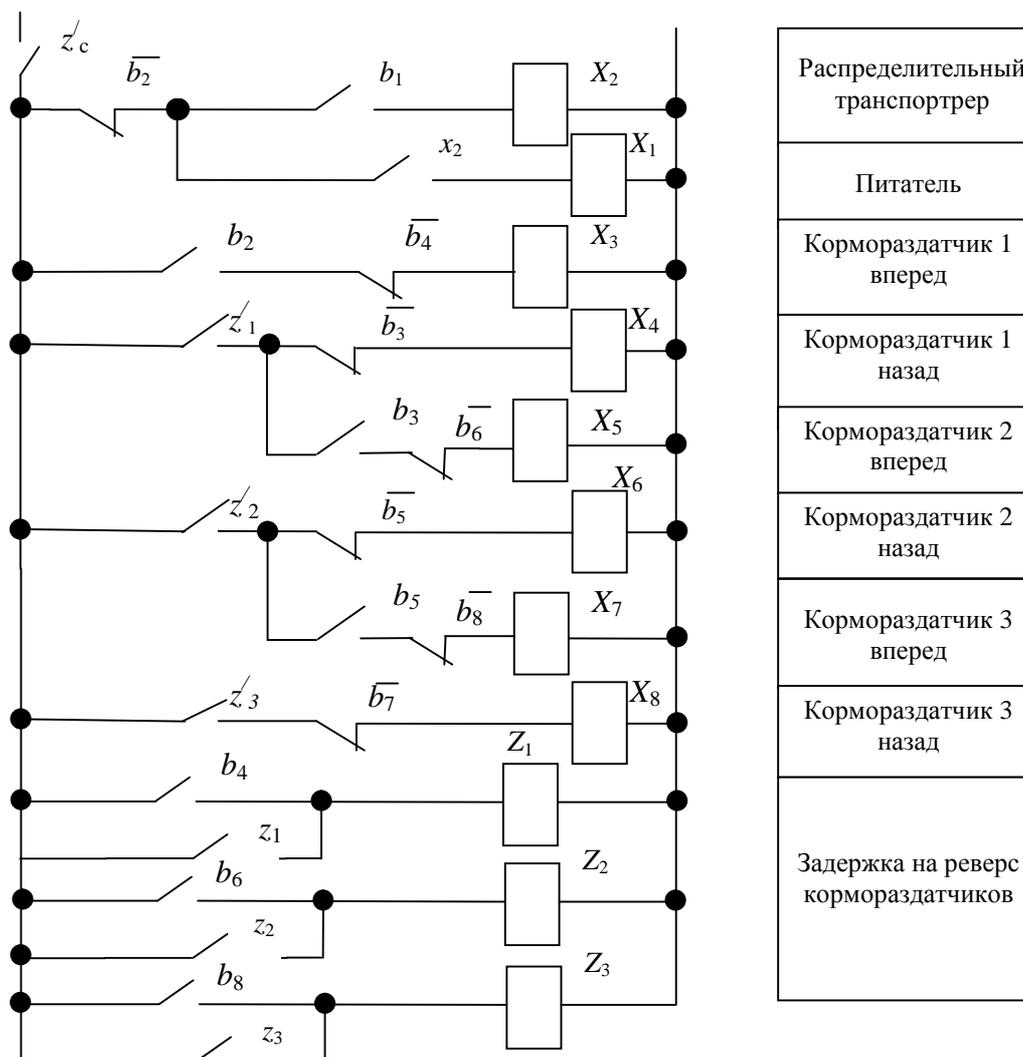


Рисунок 4.13 – Структурная схема управления линией раздачи кормов в птичнике

При наличии корма в питателе срабатывает датчик уровня  $b_1$ , при наступлении времени кормораздачи замыкается  $z_c$  и срабатывает катушка  $X_2$  распределительного транспортера и контактом  $x_2$  включает катушку  $X_2$ . Одновременно подается сигнал на катушку  $X_1$  питателя кормов. Начинается заполнение кормораздатчиков. Датчик уровня  $b_2$  при заполнении кормом последнего кормораздатчика обесточит катушки  $X_1$  и  $X_2$  и включит  $X_3$  для перемещения кормораздатчика 1 вперед. Контакт датчика  $b_4$  отключит  $X_3$  и включит отсчет времени на реверс  $Z_1$ . Спустя некоторое время (задано уставкой реле времени) контакт  $z_c$  запитывает катушку  $X_4$ , осуществляется реверс кормораздатчика. Аналогично действуют второй и третий кормораздатчики. Таким образом, структура управления действует в соответствии с алгоритмом. Ложных цепей срабатывания не обнаружено.

Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

02.49.010.22-ПЗ

Лист

28

## 5 Выбор средств автоматизации

Реализовать структуру управления (рисунок 4.13) позволит контроллер, используемый в качестве устройства управления и регулирования, датчики уровня и положения и исполнительные механизмы.

*Выбор контроллера.* Контроллер выбираем по следующим параметрам:

- функциональные возможности;
- количество и тип входов и выходов;
- простота программирования;
- быстродействие – наименьшее время отклика, наименьшее время выполнения логической операции;
- универсальность – возможность применения для различных технологических процессов.

Из анализа технологического процесса и объема автоматизации видно, что контроллер должен иметь 8 цифровых входов и 9 цифровых выходов, обеспечивать управление в режиме реального времени, обладать достаточно высоким быстродействием и относительно малой стоимостью.

Для управления линией выбираем контроллер S7-1200 фирмы SIEMENS S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC 215075 [10]. Он имеет 10 дискретных выходов, 13 цифровых и 2 аналоговых входа. Этого достаточно для реализации варианта автоматизации линии кормораздачи в птичнике.

*Выбор датчиков.* В системе используются следующие датчики:

1 Концевые выключатели. Концевые выключатели выбираем по конструктивному исполнению, по количеству контактов, по токовой нагрузке на контактах. Выбираем микровыключатель МП1101ЛУХЛЗ.12А, толкатель. Это выключатели контактные прямого действия, для срабатывания в электрических цепях под воздействием упоров (кулачков) в определенных точках пути контролируемого объекта. Время переключения контактов не зависит от скорости переключения приводного механизма. Номинальный ток продолжительного режима

02.49.010.22-ПЗ

Лист

29

Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

работы выключателя 6 А. Предельная выключающая и отключающая способность при напряжении 230 В переменного тока: ток включения при коэффициенте мощности 0,6–0,7 – 30 А, ток отключения при коэффициенте мощности (0,3–0,4) – 12 А.

2 Датчики уровня. Датчики уровня выбираем по конструктивному исполнению, по количеству контактов, по токовой нагрузке на контактах. Выбираем датчик уровня мембранный БСУ-2 У2 [6].

*Выбор аппаратуры управления и защиты.*

Определяем длительный ток на вводе в щит автоматики по формулам (5.1) и (5.2) в соответствии с [13, с. 140]. Значения коэффициентов и параметров для электродвигателей приведены в таблице 1.2. Коэффициент загрузки  $k_3$  электродвигателей принимаем равным 0,7 согласно данных [14, с. 46].

$$\begin{aligned}
 I_{\text{дл}} &= \frac{S_{\text{расч}}}{\sqrt{3} \cdot U}; \\
 S_{\text{расч}} &= \sqrt{P_{\text{расч}}^2 + Q_{\text{расч}}^2}; \\
 P_{\text{расч}} &= \sum_{i=1}^{i=n} P_{\text{пот } i}; \\
 P_{\text{пот}} &= \frac{P_{\text{н}}}{\eta_{\text{н}}} k_3; \\
 Q_{\text{расч}} &= \sum_{i=1}^{i=n} Q_{\text{расч } i}; \\
 Q_{\text{расч } i} &= \frac{P_{\text{н}}}{\eta_{\text{н}}} \left[ m(1 - k_3^2) + k_3^2 \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_{\text{н}}}}{\cos \varphi_{\text{н}}} \right],
 \end{aligned} \tag{5.1}$$

где  $S_{\text{расч}}$  – полная расчетная мощность линии, ВА;

$U$  – напряжение линии, В (0,4 В);

$P_{\text{расч}}$  – расчетная активная мощность группы токоприемников, Вт;

$Q_{\text{расч}}$  – расчетная реактивная мощность группы токоприемников, Вар;

$P_{\text{н}}$  – мощность электродвигателя, Вт;

$\eta_{\text{н}}$  – номинальный КПД;

$\cos \varphi$  – номинальный коэффициент мощности;

						02.49.010.22-ПЗ	Лист
Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		30

$m$  – коэффициент, зависящий от значения предыдущего коэффициента, определяется по диаграмме [15, с. 168].

Для ответвления к отдельному электродвигателю в качестве кратковременного расчетного тока принимают пусковой ток электродвигателя.

Для группы электродвигателей кратковременный ток определяют как [13, с. 140]:

$$I_{кр} = \sqrt{I_{наиб}^2 + (\sum I_n)^2}, \quad (5.2)$$

где  $I_{наиб}$  – пусковой ток электродвигателей или группы одновременно включаемых электродвигателей, при пуске которого(ых) кратковременный ток линии достигает наибольшего значения, А;

$\sum I_n$  – сумма номинальных токов электродвигателей, определяемая без учета тока пускаемого электродвигателя, А.

$$P_{пот} = \frac{P_n}{\eta_n} k_3 = \frac{0,75 \cdot 0,7}{0,81} + \frac{1,1 \cdot 0,7}{0,73} + \frac{3 \cdot 2,2 \cdot 0,7}{0,845} = 7,2 \text{ кВт.}$$

$$Q_{расч} = \frac{P_n}{\eta_n} \left[ m(1 - k_3^2) + k_3^2 \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_n}}{\cos \varphi_n} \right] = \frac{0,75}{0,81} \left[ 0,5(1 - 0,7^2) + 0,7^2 \frac{\sqrt{1 - 0,83^2}}{0,83} \right] + \frac{1,1}{0,73} \left[ 0,5(1 - 0,7^2) + 0,7^2 \frac{\sqrt{1 - 0,76^2}}{0,76} \right] + \frac{3 \cdot 2,2}{0,845} \left[ 0,5(1 - 0,7^2) + 0,7^2 \frac{\sqrt{1 - 0,88^2}}{0,88} \right] = 5,53 \text{ кВар.}$$

$$S_{расч} = \sqrt{P_{расч}^2 + Q_{расч}^2} = \sqrt{7,2^2 + 5,53^2} = 9,1 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

$$I_{дл} = \frac{S_{расч}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{9,1}{1,73 \cdot 0,4} = 13,1 \text{ А.}$$

Определяем кратковременный ток на вводе в щит автоматики:

$$I_{кр} = \sqrt{I_{наиб}^2 + (\sum I_n)^2} = \sqrt{(3,36 \cdot 7)^2 + 11,87^2} = 26,3 \text{ А.}$$

						02.49.010.22-ПЗ	Лист
Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		31

В качестве наибольшего тока принимаем пусковой ток двигателя МЗ, номинальные токи остальных двигателей составляют сумму  $\sum I_n$ .

Выбираем на вводе в щит автоматический выключатель ВА 47-29 с характеристикой класса В согласно условий выбора [13, с. 141]:

$$U_{\text{ном.а.}} \geq U_{\text{ном.л.}}; \text{ т. е. } 400 \text{ В} = 400 \text{ В};$$

$$I_{\text{ном.а.}} \geq I_{\text{дл}}; \text{ т. е. } 25 \text{ А} > 13,1 \text{ А};$$

$$I_{\text{ном.расц.}} \geq I_{\text{дл}}; \text{ т. е. } 20 \text{ А} > 13,1 \text{ А};$$

$$I_{\text{уст.эл-м.р.}} \geq 1,25 I_{\text{кр}}; \text{ т. е. } 7 \cdot 25 \text{ А} > 1,25 \cdot 26,3 \text{ А};$$

$$175 \text{ А} > 32,9 \text{ А}.$$

Для защиты электродвигателей выбираем автоматический выключатель ВА 47-29 с характеристикой класса D. При этом необходимо определить номинальный ток теплового расцепителя автоматического выключателя:

$$I_{\text{н. расц. } 30 \text{ }^\circ\text{C}} \geq \frac{I_p}{K_N K_t}, \quad (5.3)$$

где  $I_{\text{н. расц. } 30 \text{ }^\circ\text{C}}$  – номинальный ток теплового расцепителя (указанный на маркировке) при температуре настройки  $+30 \text{ }^\circ\text{C}$ , А;

$I_p$  – рабочий (расчетный эквивалентный или номинальный) ток цепи, А;

$K_N$  – коэффициент, зависящий от числа полюсов. Например, для ВА47-29  $K_N = 1$  при 1 полюсе;  $K_N = 0,875$  при 2 полюсах;  $K_N = 0,83$  при 3 полюсах;  $K_N = 0,81$  при 4 полюсах;

$K_t$  – коэффициент, зависящий от температуры окружающей среды. Например, для ВА47-29 при  $+50 \text{ }^\circ\text{C}$   $K_t = 0,97$ ; при  $+40 \text{ }^\circ\text{C}$   $K_t = 0,99$ ; при  $+10 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $K_t = 1,04$ ; при  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$   $K_t = 1,1$ .

Для привода питателя комбикорма ( $P_n = 0,75 \text{ кВт}$ ,  $I_p = 2,3 \text{ А}$ ):

						<b>02.49.010.22-ПЗ</b>	Лист
Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		32

$$I_{\text{н. расц. } 30^\circ\text{C}} \geq \frac{I_p}{K_N K_t} = \frac{2,3}{0,83 \cdot 0,99} = 2,8 \text{ А.}$$

Принимаем номинальный ток расцепителя  $I_{\text{н.т.расц}} = 3 \text{ А}$ .

Проверим выбранный автоматический выключатель для силовой цепи рассчитываемого электродвигателя по условию несрабатывания от пусковых токов:

$$I_{\text{н. расц. } 30^\circ\text{C}} K_{\text{эм. min}} \geq K_{\text{отс}} I_{\text{н. дв}} K_i, \quad (5.4)$$

где  $K_{\text{эм. min}}$  – минимальная кратность тока срабатывания электромагнитного расцепителя выбранного класса. Для класса «D»  $K_{\text{эм. min}} = 10$ ;

$K_{\text{отс}}$  – коэффициент надежности отстройки от пускового тока, для модульного выключателя  $K_{\text{отс}} = 1,25$  (внутренние сети предприятий);

$I_{\text{н. дв}}$  – номинальный ток двигателя, А;

$K_i$  – кратность пускового тока.

$$3 \cdot 10 > 1,25 \cdot 2,3 \cdot 6,5;$$

$$30 \text{ А} > 18,7 \text{ А.}$$

Условие соблюдается, ложных срабатываний при пуске двигателя не будет.

Окончательно выбираем автоматический выключатель ВА47-29 с номинальным током 63 А, током расцепителя  $I_{\text{н.т.расц}} = 3 \text{ А}$  и классом электромагнитного расцепителя D.

Для защиты других электродвигателей выбор аналогичен. Для защиты электродвигателя распределительного транспортера ( $P_{\text{н}} = 1,1 \text{ кВт}$ ,  $I_p = 2,85 \text{ А}$ ) выбираем автоматический выключатель ВА47-29 с номинальным током 63 А, током расцепителя  $I_{\text{н.т.расц}} = 3 \text{ А}$  и классом электромагнитного расцепителя D; для защиты электродвигателя кормораздатчика ( $P_{\text{н}} = 2,2 \text{ кВт}$ ,  $I_p = 3,36 \text{ А}$ ) выбираем автоматический выключатель ВА47-29 с номинальным током 63 А, током расцепителя  $I_{\text{н.т.расц}} = 5 \text{ А}$  и классом электромагнитного расцепителя D.

Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

*Выбор тепловых реле*

Согласно данных таблицы П1.2 [15, с. 161] и условий выбора [13, с. 141]:

$$U_{\text{ном.а.}} \geq U_{\text{ном.л.}};$$

$$I_{\text{ном.а.}} \geq I_{\text{дл}}$$

получаем:  $P_{\text{н}} = 0,75$  кВт – РТЛ-1007;  $P_{\text{н}} = 1,1$  кВт – РТЛ-1008;  $P_{\text{н}} = 2,2$  кВт – РТЛ-1008.

*Пример выбора магнитного пускателя*

Пускатели выбираем по тем же условиям, что и реле, согласно информации приложения 1 [15, с. 162], но также учитывается необходимое количество дополнительных контактов (если у самого пускателя контактов не хватает, выбираем также контактную приставку, которая навешивается на пускатель):

Например, для привода М1 питателя комбикорма ( $P_{\text{н}} = 0,75$  кВт):

$$400 \text{ В} = 400 \text{ В};$$

$$10 \text{ А} \geq 2,3 \text{ А}.$$

Получаем для всех электродвигателей ПМЛ-11004.

Информацию по выбранным техническим средствам и аппаратуре заносим в перечень элементов к принципиальной схеме.

						<b>02.49.010.22-ПЗ</b>	Лист
Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		34

## 6 Разработка полной принципиальной схемы управления и описание ее работы

Принципиальные схемы управления состоят из силовых цепей или цепей главного тока и из вспомогательных цепей управления и защиты. Принципиальные электрические схемы управления представляют собой определенным образом составленное сочетание отдельных, элементарных электрических цепей и типовых функциональных узлов, в заданной последовательности выполняющих ряд стандартных операций. Под стандартными операциями следует понимать передачу командного сигнала к органам управления, усиление или размножение командных сигналов, их сравнение, блокировка сигналов и т. п. Принципиальная электрическая схема управления должна обеспечить: безопасность людей; надежную работу технологической линии; удобство в эксплуатации; быть экономически целесообразной. Полная принципиальная электрическая схема приведена в графической части (листы 2–5).

Согласно описанию технологического процесса в состав оборудования входит пять электродвигателей, три из которых являются реверсивными. Силовые цепи строятся по типовым правилам. Для защиты цепей от токов короткого замыкания должны быть предусмотрены аппараты защиты. QF2–QF6 защищают электродвигатели M1–M5. QF1 защищает в целом схему управления. Дистанционный пуск электродвигателей обеспечивают магнитные пускатели KM1–KM8. Реверс электродвигателей M3–M5 обеспечивается двумя группами магнитных пускателей. Для защиты от перегрузки предназначены тепловые реле KK1–KK5. Электродвигатель для обеспечения безопасной работы должен быть заземлен.

Защиту цепей управления обеспечит однополюсный автоматический выключатель SF1. Учитывая требование, что управление оборудованием должно быть обеспечено в двух режимах и необходимо их разделить, следует предусмотреть для этого переключатель. Диаграмма работы переключателя SA1 приведена на листе 3 графической части. В соответствии с диаграммой контакт 13–14 переключателя SA1 (положение рукоятки I) обеспечивает работу схемы в ручном

Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

режиме, контакт 11–12 – в автоматическом режиме (положение рукоятки II). В нулевом положении ни один из контактов переключателя SA1 не замкнут. Положение рукоятки в пространстве по отношению к вертикали (нулевое положение) обозначено –45 и +45.

В автоматическом режиме соответствующую катушку магнитного пускателя для управления двигателем включает/отключает контакт промежуточного реле К1-К8. В ручном режиме управляют с помощью кнопок.

Цепи ручного управления содержат кнопки «Пуск», «Стоп» и блокировочный контакт (например, кнопки SB1, SB2 и контакт КМ1 на листе 3 графической части), или кнопку «Пуск» (например, SB1). Запускают электродвигатель вручную кнопкой SB2. Далее ее отпускают, но блок-контакт КМ1 удерживает замкнутой цепь питания катушки пускателя (КМ1). Разрывают цепь питания вручную кнопкой SB1. Привод останавливается.

В случае управления реверсивным электродвигателем должны быть предусмотрены блокировочные контакты, исключающие возможность включения электродвигателя одновременно в обоих направлениях (например, нормально-замкнутые контакты КМ3 и КМ4 в цепях питания катушек КМ3 и КМ4). Кроме того, для обоих режимов предусматривается блокировка контактами датчиков (например, концевые выключатели SQ1 и SQ2 должны остановить двигатель в крайних положениях кормораздатчика 1).

В соответствии с требованиями ГОСТ 2.755 переведем обозначения аппаратов в структурной схеме в условные графические обозначения (УГО) аппаратов на принципиальной схеме (таблица 6.1).

*Описание работы принципиальной электрической схемы.* Питание на схему подает автоматический выключатель QF1. Защита электроприводов обеспечивается автоматическими выключателями QF2–QF6. Цепи управления запитывает автоматический выключатель SF1.

						02.49.010.22-ПЗ	Лист
Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		36

Таблица 6.1 – Перевод обозначений в структурной схеме в УГО принципиальной схемы

Обозначение элемента в структуре (рисунок 4.13)	Наименование командного прибора и исполнительного устройства	УГО на принципиальной схеме (листы 2–5 графической части)
$b_1$ и $b_2$	Датчик уровня в питателе комбикорма и в последнем кормораздатчике	
$b_3$ – $b_8$	Датчики положения кормораздатчиков	
$X_1$	Управление приводом питателя	
$X_2$	Управление приводом распределительного транспортера	
$X_3$	Управление приводом кормораздатчика 1 «вперед»	
$X_4$	Управление приводом кормораздатчика 1 «назад»	
$X_5$	Управление приводом кормораздатчика 2 «вперед»	
$X_6$	Управление приводом кормораздатчика 2 «назад»	
$X_7$	Управление приводом кормораздатчика 3 «вперед»	
$X_8$	Управление приводом кормораздатчика 3 «назад»	
$z\text{¢}$	Контакт суточного реле времени	Реализуются программно в программе контроллера
$Z_1$ и $z'_1$ , $Z_2$ и $z'_2$ , $Z_3$ и $z'_3$	Катушка и контакт реле времени выдержки на включение реверса кормораздатчиков	
–	Аварийная сигнализация	

Разделение режимов работы обеспечивает переключатель SA1. Согласно диаграмме для работы схемы управления в автоматическом пережиме рукоятку переключателя следует установить в положение II, в случае ручного управление – в положение I. В случае ручного управления сигнал на включение (или отключение) соответствующего электродвигателя подается с помощью кнопок SB1–SB16.

В случае автоматического управления сигнал на пуск линии кормораздачи подает контроллер A1. Работа линии кормораздачи осуществляется по алгоритму управления, реализованному в программе контроллера. На входы DIa.0–DIa.7 контроллера A1 датчики SL1 и SL2, SQ1–SQ6 подают сигналы о состоянии параметров процесса. В соответствии с программой управления контроллер подает сигналы на выходы DQa.0–DQa.7, DQb.0. При обеспечении уровня в питателе (сигнал с датчика SL1 поступает на вход 0 контроллера) подается сигнал на включение привода транспортера через реле K2, далее питателя – реле K1. После заполнения последнего кормораздатчика кормом (сигнал с датчика SL2 поступает на вход 1 контроллера) отключается загрузка кормораздатчиков (обесточиваются K1 и K2) и реализуется программа раздачи по линиям клеточных батарей. Через K3 включается перемещение кормораздатчика 1 вперед, далее отсчитывается программно выдержка времени и через реле K4 включается движение кормораздатчика 1 назад. Аналогично для кормораздатчиков 2 и 3. В случае отсутствия корма в питателе загорается лампа сигнализации HL1 и подается сигнал на звонок HA через реле K9.

						<b>02.49.010.22-ПЗ</b>	Лист
Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		38

## 7 Разработка программы управления

Для программирования и конфигурирования ПЛК S7-1200 используется программный пакет STEP 7 Professional в реализации среды TIA Portal [10].

Основанием для написания программы является структура управления (рисунок 4.13), которая в программе должна быть представлена специальными символами и функциями. Запустив TIA Portal, конфигурируем систему управления – выбираем процессорный модуль S7-1200 CPU 1214.

Предварительно определяем элементы системы, которые будут подключаться на входы контроллера, и элементы, которые будут подключаться на выходы контроллера согласно принципиальной схеме (лист 2–5 графической части). Для большей наглядности сведем их в таблицу переменных (таблица 7.1).

Таблица 7.1 – Таблица переменных для программы контроллера

Имя (Name)	Тип данных (Data Type)	Адрес (Logical Address)	Комментарий (Comment)
1	2	3	4
b1	Bool	%I0.0	Датчик уровня в питателе
b2	Bool	%I0.1	Датчик уровня в последнем кормораздатчике
b3	Bool	%I0.2	Исходное положение кормораздатчика 1
b4	Bool	%I0.3	Конечное положение кормораздатчика 1
b5	Bool	%I0.4	Исходное положение кормораздатчика 2
b6	Bool	%I0.5	Конечное положение кормораздатчика 2
b7	Bool	%I0.6	Исходное положение кормораздатчика 3
b8	Bool	%I0.7	Конечное положение кормораздатчика 3
x1	Bool	%Q0.0	Питатель
x2	Bool	%Q0.1	Распределительный транспортер
x3	Bool	%Q0.2	Движение кормораздатчика 1 вперед
x4	Bool	%Q0.3	Движение кормораздатчика 1 назад
x5	Bool	%Q0.4	Движение кормораздатчика 2 вперед
x6	Bool	%Q0.5	Движение кормораздатчика 2 назад
x7	Bool	%Q0.6	Движение кормораздатчика 3 вперед



возможных значений – от DTL#1970-01-01-00:00:00.0 до DTL#2200-12-31-23:59:59.999999999.

Поскольку считанные данные содержат и время, и дату, то необходимо из этих данных считать только время. Для этого используем функцию T\_CONV (Time Convertation), имеющую на выходе переменную типа TIME\_OF\_DAY (TOD) [16, с. 56].

Сравнение времени производим функцией сравнения Compare на вкладке инструкций Instructions → Basic Instaction → Comparator operations.

Определим необходимые переменные и константы для реализации программного суточного реле времени в блоке данных Data block: T1-T4 определяют заданное время кормления, текДатаиВр необходима для сохранения текущего местного времени, текВремя – для определения времени из предыдущей переменной, zc1–zc4 используются как ключи-метки для подачи сигнала на включение линии кормораздачи в работу (таблица 7.2).

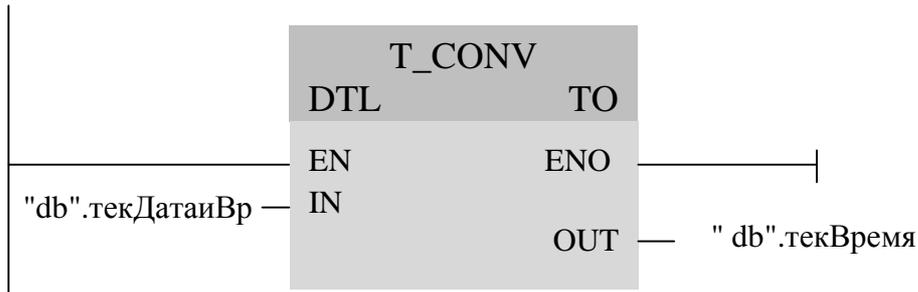
Таблица 7.2 – Переменные и константы блока DB

Имя (Name)	Тип данных (Data Type)	Начальное значение (Start value)	Retain	Accessible	Visible
T1	Time_of_Day	TOD#08:00:00	√	√	√
T2	Time_of_Day	TOD#12:00:00	√	√	√
T3	Time_of_Day	TOD#18:00:00	√	√	√
T4	Time_of_Day	TOD#22:00:00	√	√	√
текДатаиВр	DTL			√	√
текВремя	Time_of_Day			√	√
zc1	Bool			√	√
zc2	Bool			√	√
zc3	Bool			√	√
zc4	Bool			√	√

Добавим в проект новый кодовый блок типа Organization Block и Program cycle – организационный блок циклического исполнения с вводом программы на языке LAD (рисунок 7.1). Установим функцию RD\_LOC\_T, перетянув



▶ Network 2: Считывание текущего времени



▶ Network 3: Сравнение времени с заданным

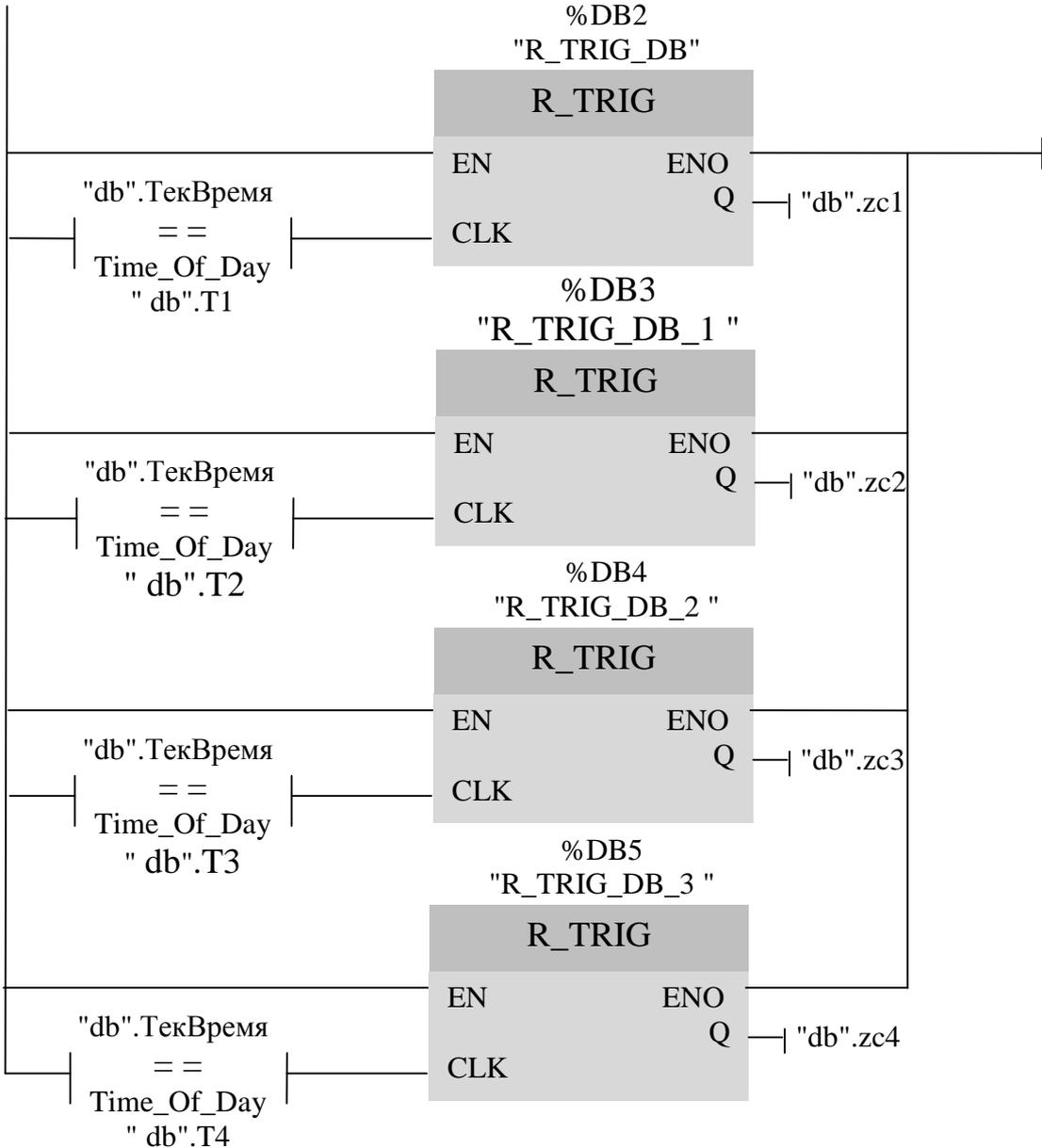
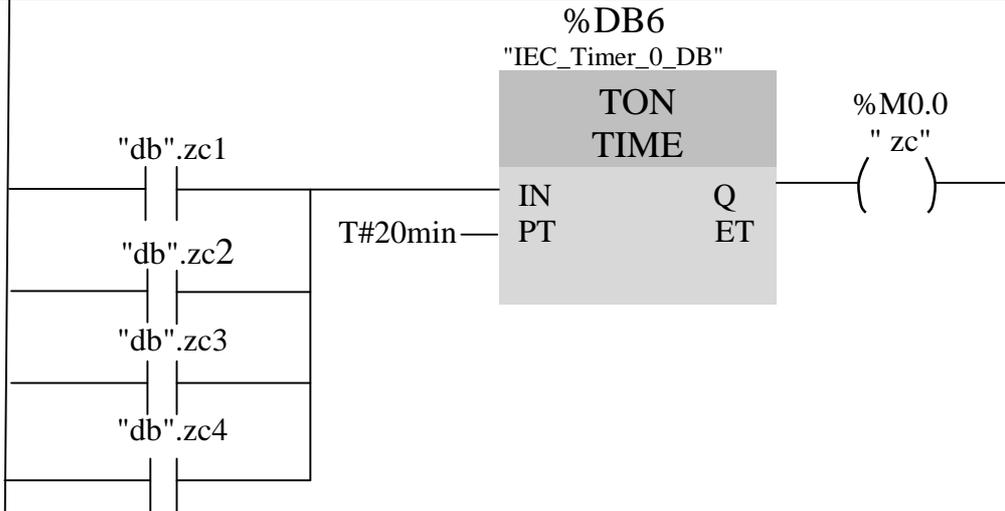


Рисунок 7.2 – Сравнение текущего времени с заданным в управляющей программе

Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

**Network 4: Управление катушкой суточного реле**



**Network 5: Аварийная сигнализация**



**Network 6: Задержка на реверс кормораздатчиков**

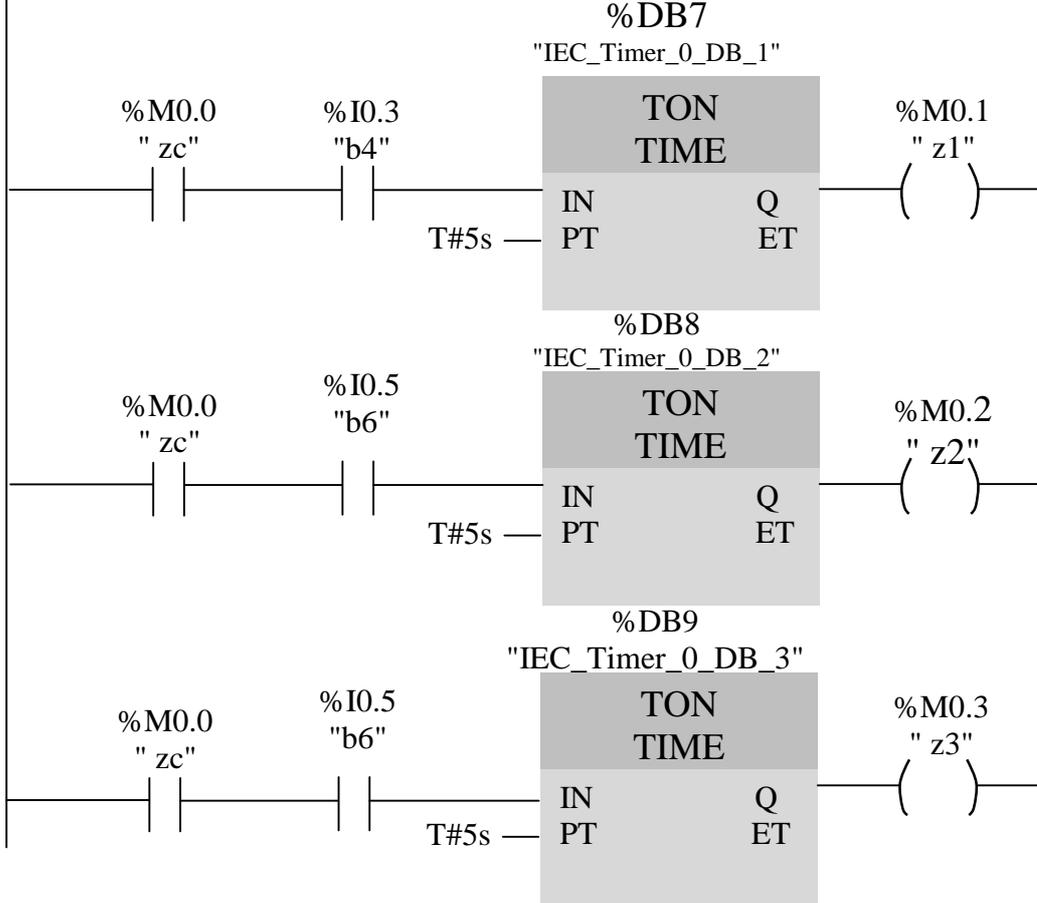


Рисунок 7.3 – Организация катушек реле времени в управляющей программе

Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

02.49.010.22-ПЗ

Основную программу напомним в соответствии с алгоритмом управления (рисунок 3.1) на языке SCL в следующем организационном блоке.

Программа на языке SCL представляет собой список операторов. Каждый оператор заканчивается точкой с запятой (;). К основным операторам языка SCL относятся [17, с. 82]: арифметические операторы, логические, операторы сравнения, присвоения, операторы условного перехода (конструкция IF – ELSEIF – ELSE, конструкция CASE), операторы организации циклов (FOR, WHILE, REPEAT UNTIL).

Для организации программы управления линией кормораздачи необходимо использовать операторы присвоения, логические, операторы условного перехода. Перед написанием программы зададим текущую переменную «i» тип «Int» для подсчета тактов алгоритма (рисунок 7.4).

algorithm								
	Name	Data type	Default value	Retain	Accessible f...	Visible in ...	Setpoint	Commer
1	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	i	Int	1	Non-ret...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Рисунок 7.4 – Задание переменной для подсчета тактов алгоритма

Код программы управления следующий:

CASE #i OF

1: //1-й шаг алгоритма

IF ("zc" = true) THEN

#i := 2;

END\_IF;

2: //2-й шаг алгоритма

IF ("b1" = true) THEN



11:  
    "x4" := true;  
    #i := 12;

12:  
    IF ("b4" = false) THEN  
        #i := 13;  
    END\_IF;

13:  
    IF ("b3" = false) THEN  
        #i := 14;  
    END\_IF;

14:  
    "x4" := false;  
    "x5" := true;  
    #i := 15;

15:  
    IF ("b5" = true) THEN  
        #i := 16;  
    END\_IF;

16:  
    IF ("b6" = true) THEN  
        #i := 16;  
    END\_IF;

17:  
    "x5" := false;  
    #i := 18;

18:  
    IF ("Z2" = true) THEN  
        #i := 19;  
    END\_IF;



27:

`"x8" := true;``#i := 28;`

28:

`IF ("b8" = false) THEN``#i := 29;``END_IF;`

29:

`IF ("b8" = false) THEN``#i := 30;``END_IF;`

30:

`"x8" := false;``#i := 31;`

31:

`IF (("z1" = false) AND (("z2" = false) AND ("z3" = false))) THEN``#i := 1;``END_IF;``END_CASE;`

Таким образом, программа управления реализована в двух организационных блоках.

## 8 Разработка щита автоматики

С целью защиты аппаратуры от внешних воздействий ее следует установить в щит. Основанием для разработки щита автоматики является полная принципиальная схема управления, контроля и сигнализации, представленная на листах 2–5 графической части. В соответствии с данным чертежом устанавливаем состав аппаратов, устанавливаемых на фасаде (двери) щита, внутри щита и вне его. Аппаратура в щите автоматики компоуется согласно размеров монтажных зон аппаратов в пределах монтажной зоны плоскости щита в соответствии с рекомендуемыми размерами по высоте установки [13, с. 190].

Предварительно выписываем размеры аппаратов и их монтажных зон, способ крепления аппаратов на монтажных рейках в таблицы исходных данных для компоновки (таблицы 8.1–8.2) согласно данных [18, приложение 3]. Производим компоновку аппаратов, устанавливаемых на задней стенке щита автоматики, на двери с учетом рекомендаций по их размещению. Подсчитываем монтажную зону, занимаемую аппаратами, и по большему значению выбираем щит шкафной малогабаритный типа ЩШМ-ЗД-1-1000×600×500 IP44 ОСТ 36.13–90. После этого производим окончательную компоновку.

На двери в верхней зоне размещаем сигнальную лампу, кнопки ручного управления, переключатель, ниже – панель оператора.

Таблица 8.1 – Исходные данные для компоновки аппаратов на фасаде щита

Наименование прибора	Тип	Группа	Размер от края до оси прибора	Размеры по фланцу		Размеры монтажной зоны				Обозначение монтажного чертежа
				В	Н	В1	В2	Н1	Н2	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
НЛ1 – лампа сигнальная	СКЛ 14	3	90	19	19	25	25	25	25	ТМ4-1117-90
А2 – панель оператора	КТР 700 basic	15	150	86,4	34,5	150	150	120	120	–

						<b>02.49.010.22-ПЗ</b>	Лист
Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		50

## Окончание таблицы 8.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SB1 – SB16 – выключатель кнопочный	KE181Y3	4	80	20	20	40	40	25	25	TM4- 1149-90
SA1 – пере- ключатель	NEF30- Pcc	15	120	35	36	75	75	75	75	TM4- 1206-90
Итого требуемая площадь $S_f = 1610 \text{ см}^2$										
Монтажная площадь фасада щита ЩШМ 1000×600 $S_{щ} = 5318,4 \text{ см}^2$										

На задней стенке щита располагаем автоматические выключатели, контроллер, промежуточные реле, магнитные пускатели и тепловые реле. В нижней части щита устанавливаем блоки зажимов.

Таблица 8.2 – Исходные данные для компоновки аппаратуры внутри щита

Условное наименование	Рисунок	аппарат	Количество (N)	Монтажная зона аппарата, мм						Габариты и установленные размеры аппарата, мм						Максимальное количество в щите	Установочная конструкция	Необходимая для аппарата площадь, $\text{см}^2$
				L	B	h		h <sub>1</sub>		L <sub>1</sub>	H	B1	A	A <sub>1</sub>				
						min	max	min	max					min	max			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2 7 7	6	QF1–QF6 – выключатель ВА 47-29	6	54	75	65	65	65	65	–	74	75	–	–	–	12	DIN-рейка	$6 \cdot 5,4 \cdot 13 =$ $= 421,2$
2 7 5	6	SF1 – вы- ключатель	1	18	75	65	65	65	65	17,5	74,4	75	–	–	–	24	DIN-рейка	$1 \cdot 1,8 \cdot 13 =$ $= 23,4$
–	6	GV1 – источник стабилизи- рованного питания	1	100	50	30	30	30	30	90	50	40	–	–	–	6	DIN-рейка	$1 \cdot 10 \cdot 6 = 60$
–	6	A1 – кон- троллер SIEMENS S7-1200	1	150	70	100	100	100	100	125	50	90	–	–	–	4	DIN-рейка	$1 \cdot 15 \cdot 20 =$ $= 300$

02.49.010.22-ПЗ

Лист

Изм. Колич. Лист № док. Подпись Дата

51

## Окончание таблицы 8.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1 9 2	6	К1–К9 – реле проме- жуточное	9	50	75	60	60	50	50	37	73	70	–	–	–	9	DIN-рейка	9·5·20 = 900
3	1	КК1–КК5 – реле элек- тротепловое	5	85	75	60	60	60	60	67	56	75	–	–	–	5	ТКЗ-286-90	5·8,5·12 = 510
2 3 8	2, 4	КМ1–КМ8 – пускатель магнитный ПМЛ1160	8	65	74	70	130	70	70	44	67	74	50	64	104	8	ТКЗ-286-90	8·6,5·14 = 728
	1	ХТ1–ХТ4	4															400
Итого требуемая площадь: 3342,6 см <sup>2</sup>																		
Внутренняя монтажная зона щита ЩШМ: 4420 см <sup>2</sup>																		

Документация на щит автоматики приведена на листах 6–12 графической части проекта.

						02.49.010.22-ПЗ	Лист
Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		52

## Заключение

В курсовом проекте проанализированы требования к системе автоматического управления процессом кормораздачи, определен объем автоматизации линии раздачи корма в птичнике. Согласно алгоритму управления устройство управления обеспечит включение линии 4 раза в сутки в заданное время, загрузку кормораздатчиков комбикормом из питателя кормов и последовательную раздачу корма по рядам клеток с обеспечением задержки на реверсирование движения кормораздатчика. В качестве устройства управления используется контроллер SIEMENS SIMATIC S7-1200. Алгоритм управления реализован в программе управления для контроллера на языке SCL.

Предложенная САУ ТП обеспечит своевременную автоматическую раздачу корма, облегчение труда оператора и, следовательно, некоторое сокращение текущих издержек на процесс кормораздачи при увеличении капитальных затрат, связанных с приобретением технических средств автоматизации.

02.49.010.22-ПЗ

Лист

53

Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

### Список использованной литературы

1. Птицеводство – точная наука [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://webferma.com/pticevodstvo>. – Дата доступа: 10.01.2022.
2. Фурсенко, С. Н. Автоматизация технологических процессов : учебное пособие / С. Н. Фурсенко, Е. С. Якубовская, Е. С. Волкова. – Минск : БГАТУ, 2007. – 592 с.
3. Ракецкий, П. П. Промышленное птицеводство Беларуси : монография / П. П. Ракецкий, Н. В. Казаровец ; под общ. ред. П. П. Ракецкого. – Минск : БГАТУ, 2009. – 440 с.
4. Ракецкий, П. П. Птицеводство : учебное пособие для студентов вузов по специальности «Зоотехния» / П. П. Ракецкий, Н. В. Казаровец ; под общ. ред. П. П. Ракецкого. – Минск : ИВЦ Минфина, 2011. – 432 с.
5. Техническое обеспечение процессов в животноводстве : учебник / В. К. Гриб, Л. С. Герасимович, С. С. Жук. – Минск : Бел. наука, 2004. – 831 с.
6. Механизация и технология животноводства : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Механизация сельского хозяйства» (направление 110800 «Агроинженерия») / В. В. Кирсанов [и др.]. – М. : ИНФРА-М, 2016. – 585 с.
7. ГОСТ 21.408–2013 СПДС. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов. – Взамен ГОСТ 21.408–93 ; введ. 2016-03-01. – Минск : Госстандарт, 2016. – 44 с.
8. ГОСТ 21.208–2013 СПДС. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – Взамен ГОСТ 21.404–85 ; введ. 01.03.2016. – Минск : Госстандарт, 2016. – 36 с.
9. Фурсенко, С. Н. Автоматизация технологических процессов : учебное пособие / С. Н. Фурсенко, Е. С. Якубовская, Е. С. Волкова. – Минск : Новое знание; М. : ИНФРА-М, 2015. – 376 с.

02.49.010.22-ПЗ

Лист

Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

54

10. SIEMENS. Программируемые контроллеры S7-1200. – SIEMENS, 2013. – 876 с.

11. Микровыключатели МП [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://asenergi.com/catalog/mikropereklyuchateli/mp-1101.html>. – Дата доступа: 08.12.2022

12. Датчик-реле уровня БСУ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://kip-device.ru/bsu,-signalizator-urovnya>. – Дата доступа: 08.12.2022

13. Якубовская, Е. С. Проектирование систем автоматизации : учебное пособие / Е. С. Якубовская. – Минск : БГАТУ, 2018. – 360 с.

14. Основы проектирования энергооборудования : методические рекомендации к курсовому проекту / сост.: В. Е. Шестерень, И. Н. Шаукат, А. А. Дацук. – Минск : БГАТУ, 2005. – 56 с.

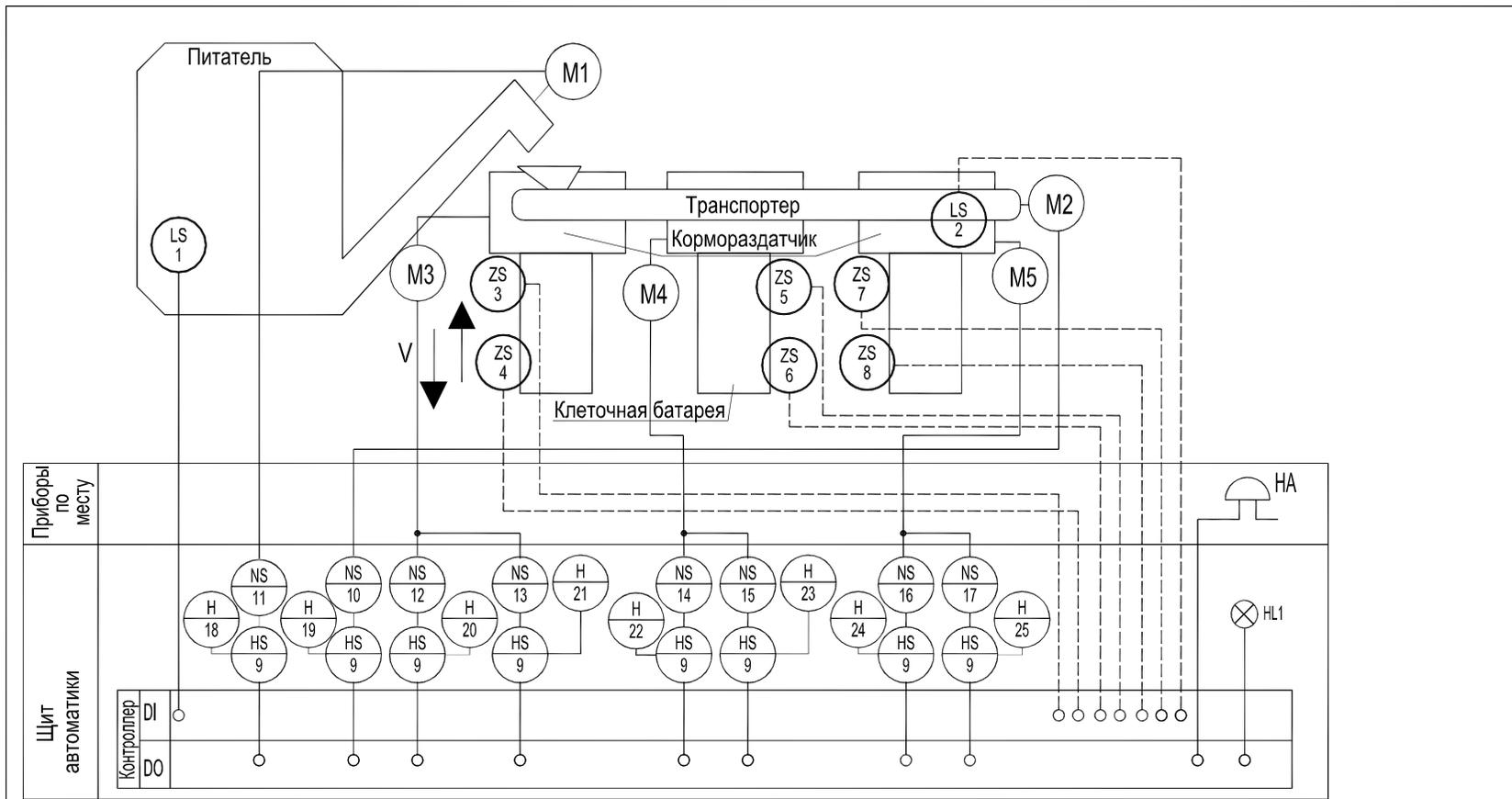
15. Якубовская, Е. С. Проектирование и САПР систем автоматизации : практикум / Е. С. Якубовская – Минск : БГАТУ, 2008. – 204 с.

16. Микропроцессорная техника систем автоматизации. Лабораторный практикум : учебно-методическое пособие / сост.: И. И. Гируцкий, А. Г. Сеньков. – Минск : БГАТУ, 2017. – 136 с.

17. Гируцкий, И. И. Микропроцессорная техника систем автоматизации. Курсовое проектирование : учебно-методическое пособие / И. И. Гируцкий, А. Г. Сеньков. – Минск : БГАТУ, 2022. – 224 с.

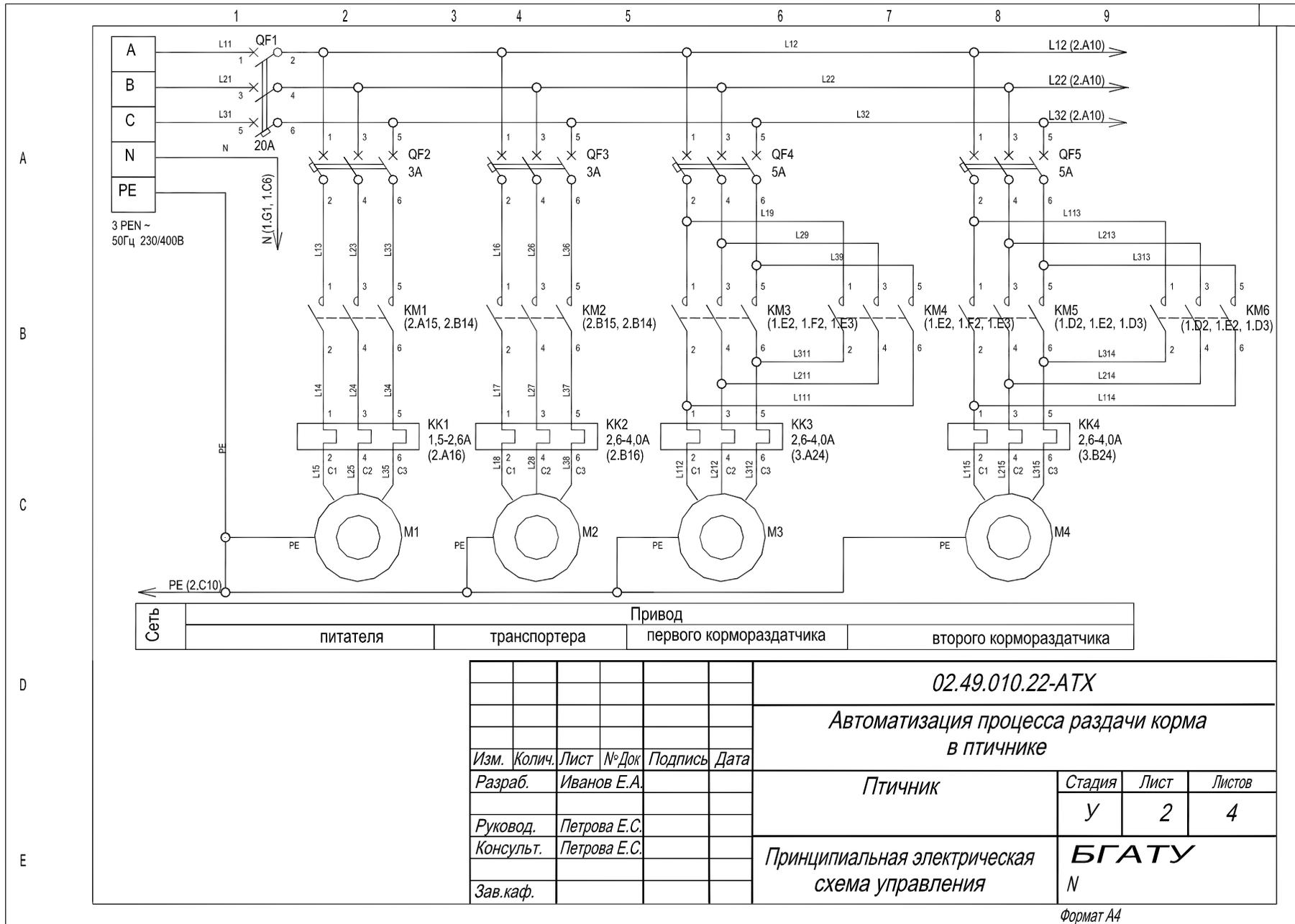
18. Якубовская, Е. С. Системы автоматизированного проектирования электротехнических установок : учебное пособие / Е. С. Якубовская. – Минск : Вышэйшая школа, 2020. – 220 с.

Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата



					<b>02.49.010.22-АТХ</b>					
					<i>Автоматизация процесса раздачи корма в птичнике</i>					
<i>Изм.</i>	<i>Колич.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Док</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<b>Птичник</b>		<i>Стадия</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Иванов Е.А.</i>						<i>у</i>		<i>1</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Петрова Е.С.</i>						<b>БГАТУ</b> <i>N</i>		
<i>Консульт.</i>		<i>Петрова Е.С.</i>								
<i>Зав.каф.</i>										

Формат А4



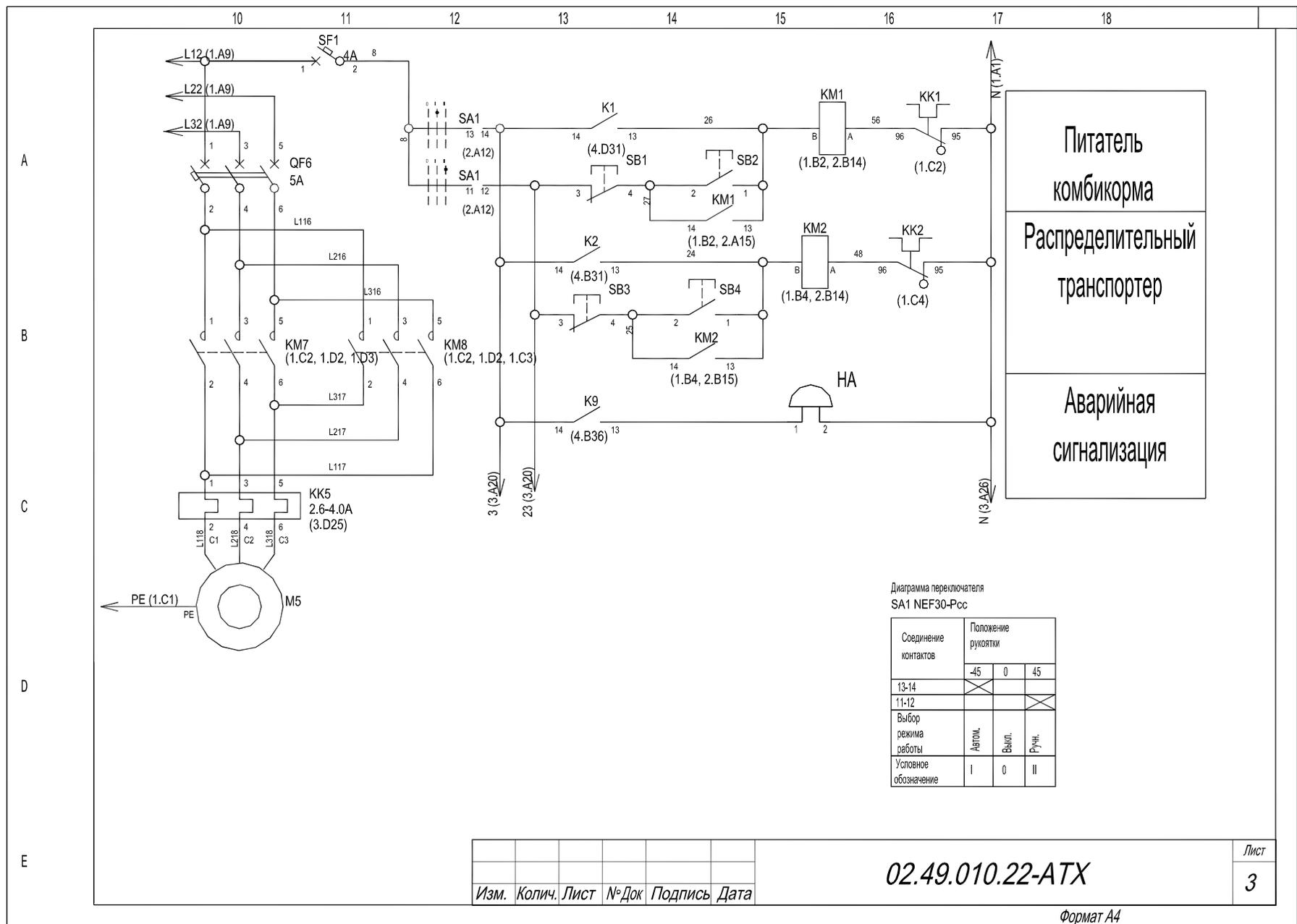


Диаграмма переключателя SA1 NEF30-Рсс

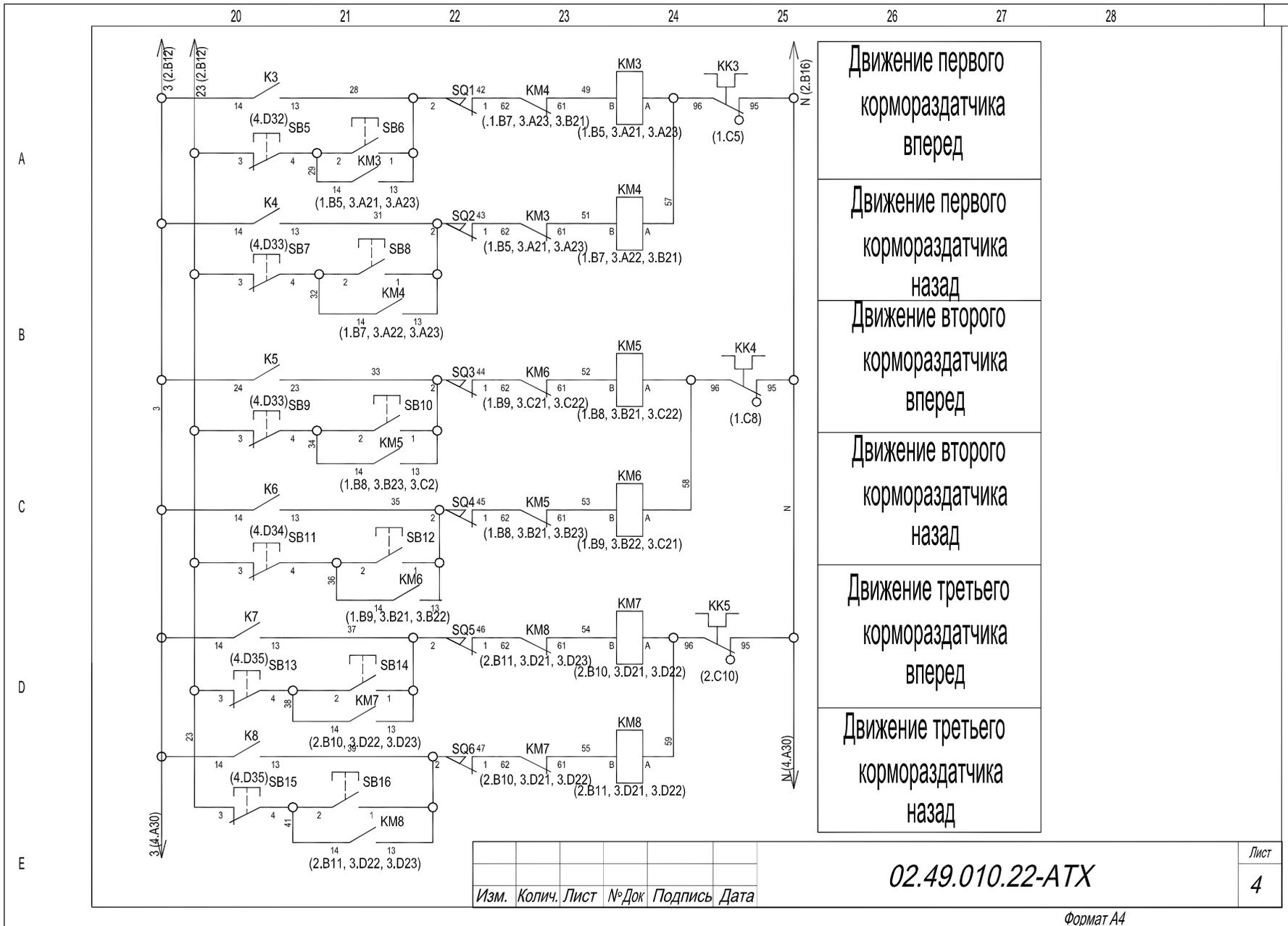
Соединение контактов	Положение рукоятки		
	-45	0	45
13-14	X		
11-12			X
Выбор режима работы	Автом.	Выкл.	Ручн.
Условное обозначение	I	0	II

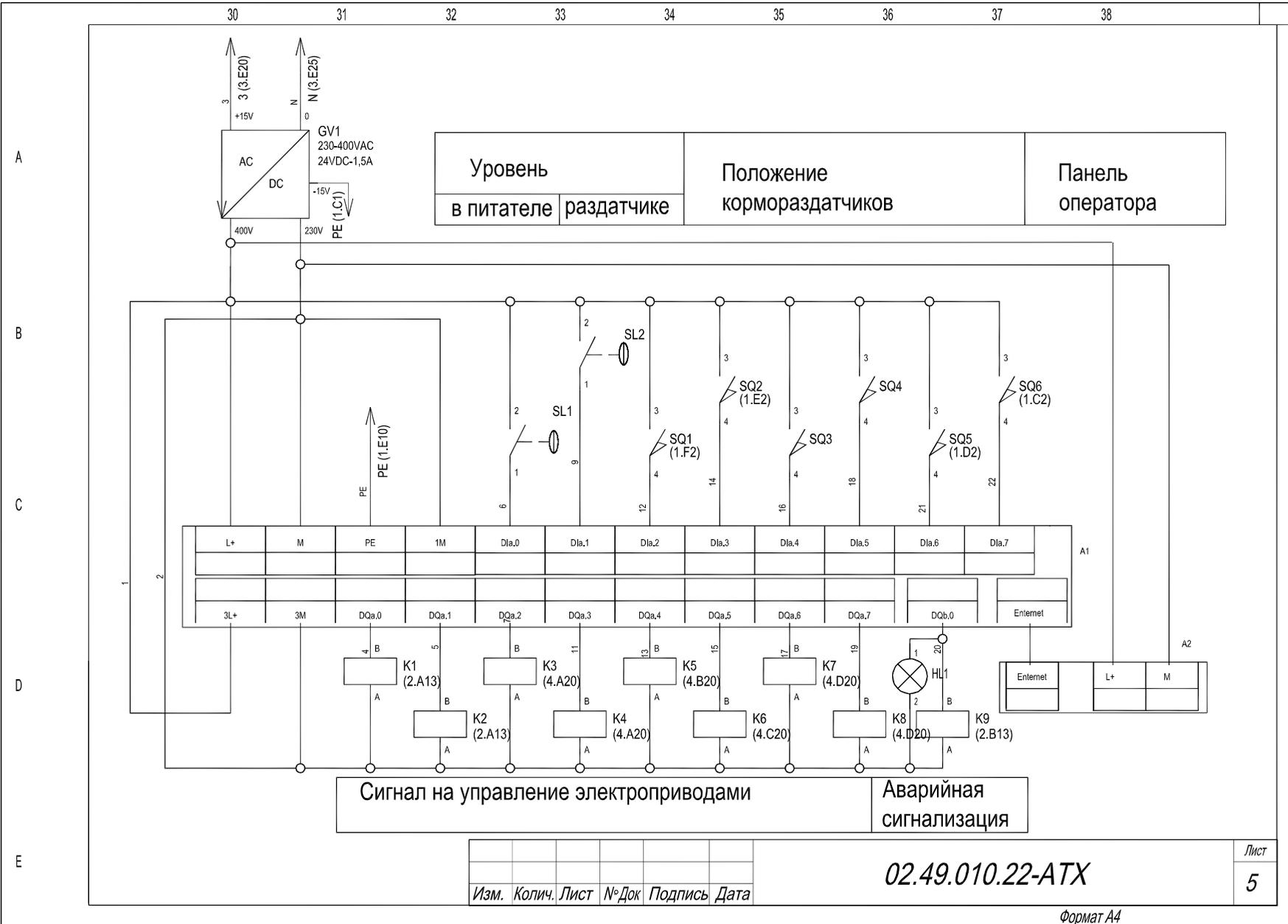
Изм.	Колич.	Лист	№ Док	Подпись	Дата

02.49.010.22-АТХ

Лист  
3

Формат А4





Уровень		Положение кормораздатчиков	Панель оператора
в питателе	раздатчике		

Сигнал на управление электроприводами      Аварийная сигнализация

Изм.	Колич.	Лист	№ Док	Подпись	Дата

02.49.010.22-АТХ

Лист  
5

Формат А4

Позиц. обозначения	Наименование	Кол.	Примечание
	<u>По месту</u>		
M1	Двигатель АИР80А6УЗ, 0,75 кВт, 400 В, 50 Гц, IM3081, 920 об/мин	1	
M2	Двигатель АИР80А4УЗ, 1,1 кВт, 400 В, 50 Гц, IM3081, 1390 об/мин	1	
M3-M5	Двигатель АИР90LB6 УЗ, 2,2 кВт, 400 В, 50 Гц, IM3081, 1000 об/мин	3	
SL1, SL2	Блок сигнализации уровня мембранный		
	БСУ-1 У2 ТУ 1696 ИЖТП.656111.116 ТУ	2	
SQ1-SQ6	Микровыключатель МП1101ЛУХЛ3.12А, толкатель,		
	базовый способ крепления ТУ16-526.322-78	6	
	<u>Щит автоматики</u>		
A1	Контроллер SIEMENS SIMATIC S7-1200		
	CPU 1214C DC/DC/DC 215075	1	
A2	Панель оператора Basic panel KTR700	1	
GV1	Источник стабилизированного питания CP-NT 36W 8575260000		
	24VDC/10A 240 Watt	1	
HL1	Светодиодная индикаторная лампа СКЛ 14		
	В-Л-2-24, красный ЕНСК.433137.014 ТУ	1	
K1-K8	Реле промежуточное РПЛ-140М04, 24 В ТУ16-523.554-82	8	
KK1	Реле электротепловое токовое РТЛ-1007 О4, I <sub>н</sub> =1,5-2,6 А		
	ТУ~16-523.549-82	1	
<b>02.49.010.22-АТХ</b>			
<b>Автоматизация процесса раздачи корма в птичнике</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Колич.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Док</i>
<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		
<i>Разраб.</i>	Иванов Е.А.		
<i>Руковод.</i>	Петрова Е.С.		
<i>Консульт.</i>	Петрова Е.С.		
<i>Зав.каф.</i>			
<b>Птичник</b>		<i>Стадия</i>	<i>Лист</i>
		У	6
<b>Перечень элементов</b>		<i>Листов</i>	2
		<b>БГАТУ</b>	
		N	

Формат А4



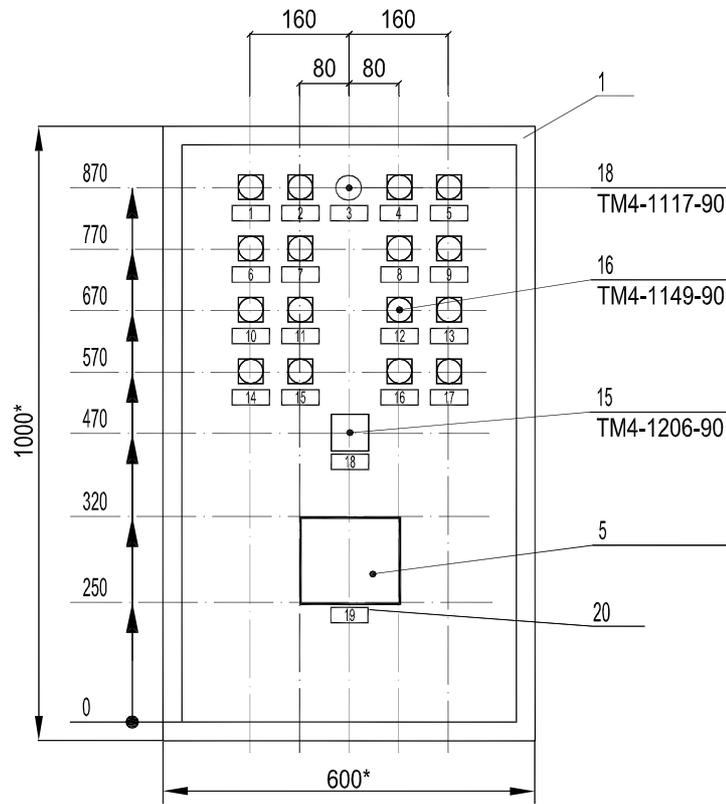
Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		<u>Документация</u>		
	02.49.010.22-АТХ	Таблица соединений	1	
	02.49.010.22-АТХ	Таблица подключений	1	
		<u>Стандартные изделия</u>		
1		Щит ЩШМ-ЗД-1-1000х600х500	1	
2		Угольник УР15 ТКЗ-246-90		
		УХЛЗ.1 ОСТ 36.13-90	1	
3		DIN-рейка	1,8	м
		<u>Прочие изделия</u>		
4	A1	Контроллер SIEMENS SIMATIC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC 215075	1	
5	A2	Basic panel KTP700	1	
6	GV1	Источник стабилизированного питания CP-NT 36W 8575260000 24VDC/10A 240Watt	1	
7	K1-K8	Реле промежуточное РПЛ-140M04, 24 В ТУ16-523.554-82	8	

Изм.	Колич.	Лист	№ Док	Подпись	Дата				
						<b>02.49.010.22-АТХ</b>			
						<b>Автоматизация процесса раздачи корма в птичнике</b>			
Разраб.		Иванов Е.А.				<b>Птичник</b>	Стадия	Лист	Листов
Руковод.		Петрова Е.С.					У	8	5
Консульт.		Петрова Е.С.				<b>Щит автоматики. Общий вид</b>	<b>БГАТУ</b>		
Зав.каф.							N		

Формат А4

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
8	КК1	Реле электротепловое токовое РТЛ-1007 О4, I <sub>н</sub> =1,5-2,6 А ТУ~16-523.549-82	1 1	
9	КК2, КК3-КК5	Реле электротепловое токовое ТУ~16-523.549-82я РТЛ-1008 О4, I <sub>н</sub> =2,4-4,0 А	1	
10	КМ1-КМ8	Пускатель магнитный ПМЛ-1160М ТУ~У~3.11-05814256-097-97	8	
11	КМ3-КМ8	Приставка контактная ПКЛ-1104А ТУ~16-523.554-82	6	
12	QF1	Выключатель ТУ~2000 АГИЕ.641.235.003 ВА 47-29-3Р-В, 400 В, 50 Гц, 20А	1	
13	QF2-QF3	Выключатель ТУ~2000 АГИЕ.641.235.003 ВА 47-29-3Р-В, 400 В, 50 Гц, 3А	2	
14	QF4-QF6	Выключатель ТУ~2000 АГИЕ.641.235.003 СВА 47-29-3Р-В, 400 В, 50 Гц, 5А	3	
15	SA1	Кнопка поворотная NEF30-Рсq, I-0-II (stable/stable/stable), желтый, XY, XY	1	
16	SB1-SB16	Выключатель KE181У3, исп. 2, желтый ТУ16-642.015-84	16	
17	SF1	Выключатель ВА 47-29-1Р-С, 400 В, 50 Гц, 4А ТУ~2000 АГИЕ.641.235.003	1	
18	HL1	Светодиодная индикаторная лампа СКЛ 14 В-Л-2-24, красный ЕНСК.433137.014 ТУ	4	
19	ХТ1...ХТ4	Блок зажимов Б324-П16-В/ВУ3-10	4	
20		Рамка 66x26 ТУ36. 1130-79	17	
<b>Материалы</b>				
21		Провод ПВ1 1 380 ГОСТ 6323-79	48	М
22		Провод ПВ1 3 380 ГОСТ 6323-79	36	М

						Лист
<b>02.49.010.22-АТХ</b>						<b>9</b>
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	



1. \* Размеры для справок  
 2. Покрытие - вариант 2 ОСТ36.13-90

Изм.	Колич.	Лист	№ Док	Подпись	Дата

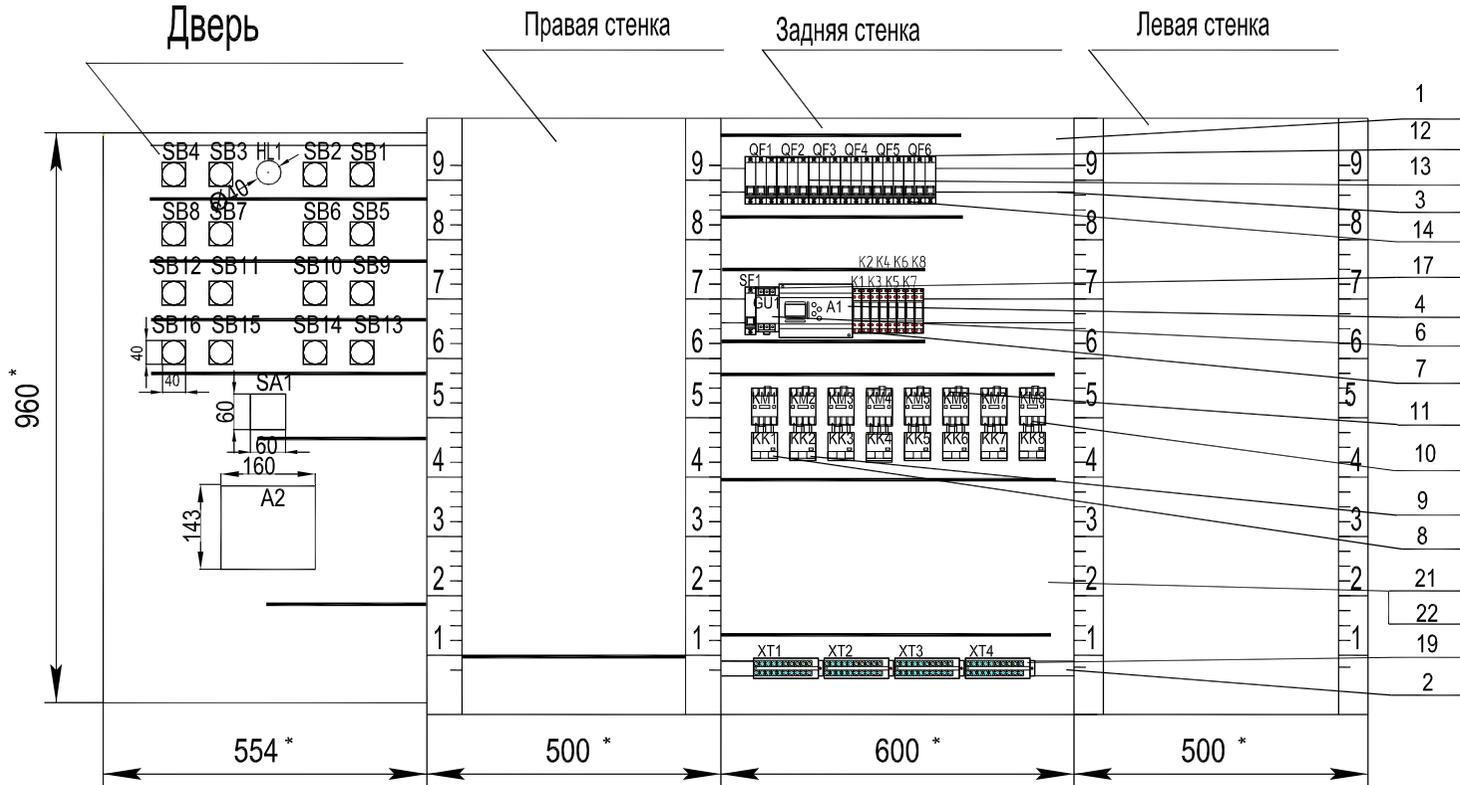
02.49.010.22-АТХ

Лист

10

Формат А4

Вид на внутренние плоскости (развернуто)



Изм.	Колич.	Лист	№ Док	Подпись	Дата

02.49.010.22-АТХ

Лист  
11

Формат А4



## Приложение В (обязательное)

### Некоторые требования к оформлению курсового проекта

Текстовые материалы РПЗ выполняются на листах белой машинописной бумаги, оформленных рамками в соответствии с рисунком В.1. Отдельные материалы РПЗ (развернутые таблицы, иллюстрации, схемы) могут быть выполнены на листах формата А3. Листы записки и приложений имеют сквозную нумерацию арабскими цифрами. Титульному листу, заданию на проект, реферату номера присваивают, но не проставляют. Номера страниц начинают проставлять с листа «Оглавление».

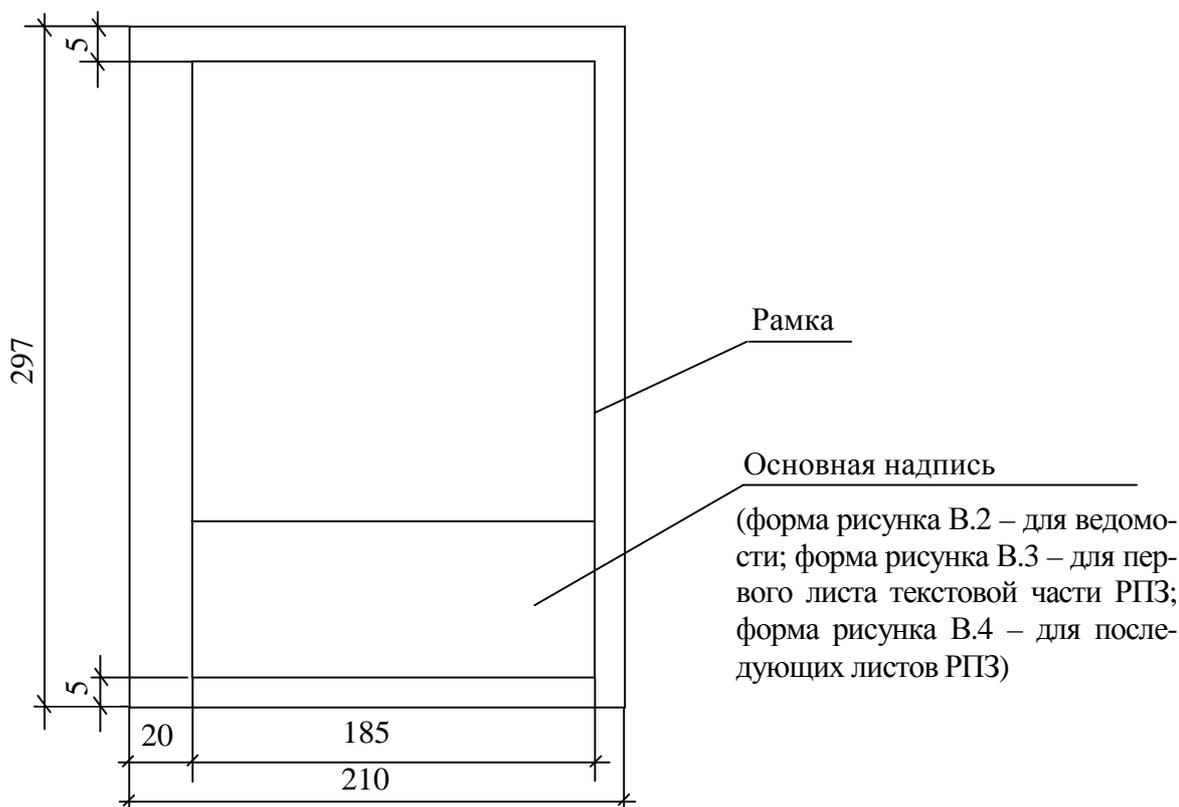


Рисунок В.1 – Компонировка и размеры листа текстовой части РПЗ

При оформлении РПЗ следует руководствоваться положениями ГОСТ 2.105–95 [34].

Текст записки набирают в текстовом редакторе Word, используя шрифты Times New Roman размером 14 pt (пунктов) с полуторным интервалом, выравнивание – по ширине, абзацный отступ 1,25 см.

Основные надписи на листах пояснительной записки и графической части выполняют по формам согласно СТБ 2255-2023 [35].

Применение тех или иных форм основных надписей определяется назначением чертежа и материалом, помещенным на разрабатываемом чертеже:

- 1) форма рисунка В.2 – для чертежей генпланов с инженерными сетями, планов зданий и сооружений с размещением оборудования, чертежей схем электрических, технологических и т. п.;
- 2) форма рисунка В.3 – для первого листа РПЗ, с которого начинается изложение текстовой части;
- 3) форма рисунка В.4 – для последующих листов чертежей и РПЗ.

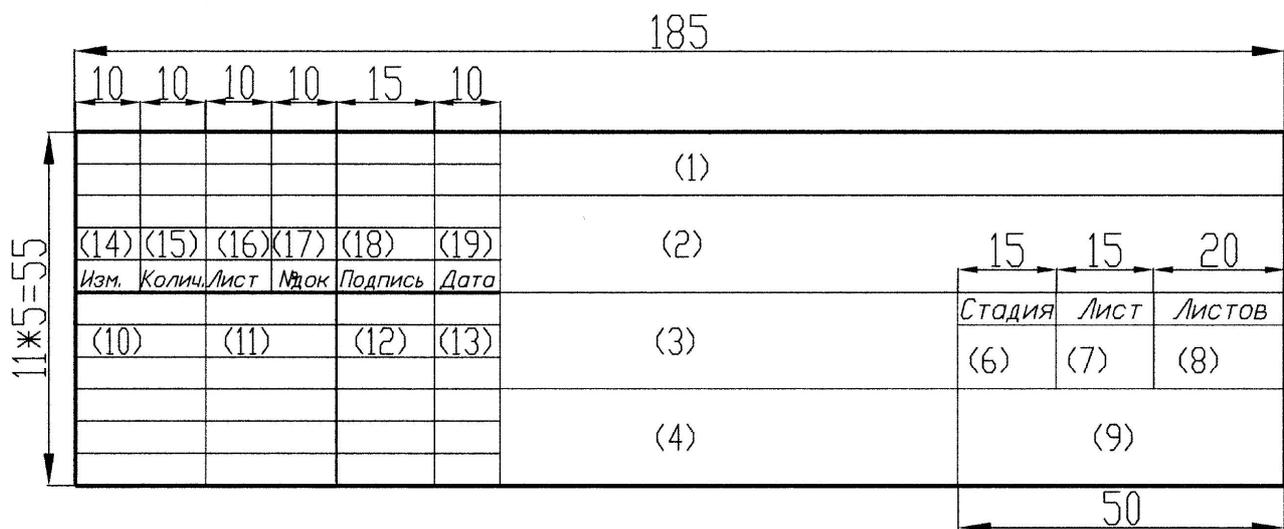


Рисунок В.2 – Форма основной надписи, которая применяется для листов графической части и листа ведомости комплекта проектной документации

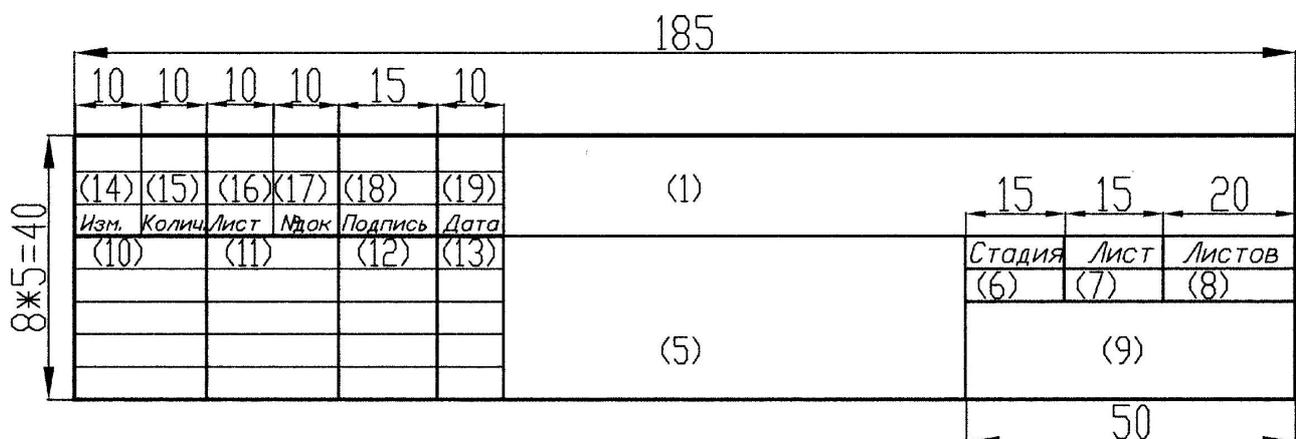


Рисунок В.3 – Форма основной надписи, которая применяется для листа РПЗ, с которой начинается изложение текстовой части записки (обычно лист «Оглавление»)

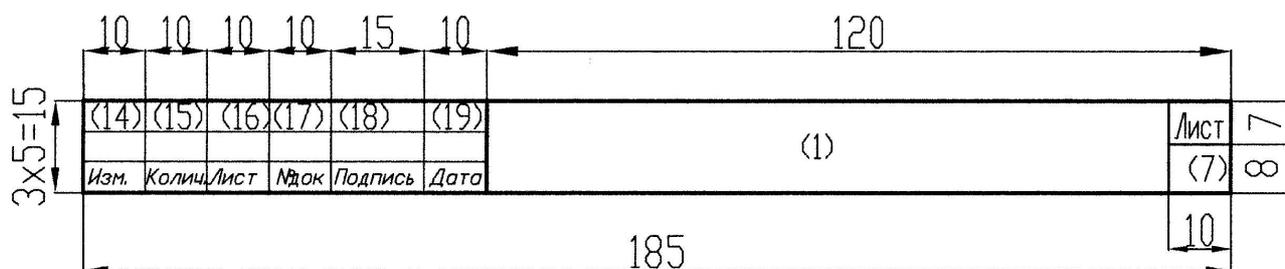


Рисунок В.4 – Форма основной надписи, которая применяется для последующих листов РПЗ и чертежей

В графах основной надписи (на рисунках В.2, В.3, В.4 номера граф показаны в скобках) указывают:

- а) в графе 1 – обозначение проектной документации – маркировка документа:
  - базовое обозначение;
  - добавляемая через дефис марка разрабатываемых чертежей;

Структура базового обозначения при курсовом проектировании:

$$X_1X_2.X_3X_4.X_5X_6X_7.X_8X_9-X_{10}X_{11}X_{12},$$

где  $X_1X_2$  – индекс работы: 02 – курсовой проект, 03 – курсовая работа;

$X_3X_4$  – индекс кафедры;

$X_5X_6X_7$  – номер варианта по заданию;

$X_8X_9$  – год разработки (две последние цифры года);

$X_{10}X_{11}X_{12}$  – для текстовых материалов – ПЗ, для графических материалов – марка разрабатываемого чертежа.

Для направления специальности 1-53 01 01-09 основная марка – «А...» с добавлением марки того раздела, автоматизация процессов по которому выполняется. Например, АОВ – автоматизация систем отопления и вентиляции, АТХ – автоматизация технологических процессов, АВК – автоматизация систем водоснабжения и канализации; АХС – автоматизация холодильной установки; АВС – автоматизация компрессорной станции и т. д.

б) в графе 2 – тему дипломного проекта (курсового проекта). Допускается в отдельных случаях опускать название спецвопроса темы;

в) в графе 3 – наименование здания (сооружения). Для чертежа генерального плана в графе 3 записывают наименование соответствующего раздела, например «электроснабжение», «теплоснабжение» или «диспетчеризация», «диспетчерское управление»;

г) в графе 4 – наименование изображения или материала, помещенного на данном листе, то есть название чертежа, листа. Если на листе приведены несколько

материалов (например, план здания, разрез II–II, экспликация, перечень элементов, сечение «А–А» и т. п.), то в название чертежа включают основные материалы, второстепенные – опускают;

д) в графе 5 – наименование документа аналогично графе 4 (обычно – «Пояснительная записка»);

е) в графе 6 – условное обозначение стадии проектирования: «С» (строительный проект) – для дипломного проекта и «У» – учебный проект в курсовом проектировании;

ж) в графе 7 – порядковый номер листа. На документе, состоящем из одного листа, графу не заполняют;

з) в графе 8 – общее число листов документа;

и) в графе 9 на первой строке записывают наименование организации, разработавшей документ (БГАТУ), на второй строке – шифр зачетки студента;

к) в графе 10 – характер работы: «разработал» (студент); в следующей строке – «руководитель», далее – «консультант», «нормоконтролер», «зав. кафедрой»;

л) в графе 11 – фамилии студента, руководителя, консультанта(ов), нормоконтролера, зав. кафедрой в соответствующих строках;

м) в графе 12 – подписи;

н) в графе 13 – даты.

Графы 14–19 в дипломных и курсовых проектах не заполняются.

## Приложение Г (обязательное)

### Требования к оформлению схем автоматизации

*Схема автоматизации* – основной технический документ, определяющий функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления технологическим процессом и его регулирования и оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации; определяющий структуру и функциональные связи между технологическим процессом и средствами автоматизации.

Согласно ГОСТ 21. 408–2013 [22] на схеме автоматизации изображают:

- 1) технологическое и инженерное оборудование и коммуникации (трубопроводы, газоходы, воздухопроводы) автоматизируемого объекта;
- 2) технические средства автоматизации или контуры контроля, регулирования и управления (контур – совокупность отдельных функционально связанных приборов, выполняющих определенную задачу по контролю, регулированию, сигнализации, управлению и т. д.);
- 3) линии связи между отдельными техническими средствами автоматизации или контурами (при необходимости).

Также при необходимости на поле чертежа даются пояснения и таблица условных обозначений, не предусмотренных действующими стандартами.

Схемы автоматизации выполняют двумя способами:

- 1) развернутым, при котором на схеме изображают состав и место расположения технических средств автоматизации каждого контура контроля и управления. Пример выполнения схемы по первому варианту приведен на рисунке Г.1;
- 2) упрощенным (рисунок Г.2), при котором на схеме изображают основные функции контуров контроля и управления (без выделения входящих в них отдельных технических средств автоматизации и указания места расположения).

В последнем случае контур независимо от количества входящих в него элементов изображают в виде окружности (овала), разделенного горизонтальной чертой. В верхнюю часть окружности записывают буквенное обозначение, определяющее измеряемый (регулируемый) параметр и функции, выполняемые данным контуром, в нижнюю – номер контура. Кроме того, для контуров системы автоматизированного регулирования на схеме изображают исполнительные механизмы, регулирующие органы и линию связи, соединяющую контур

с исполнительным механизмом. Предельные рабочие значения измеряемых (регулируемых) величин указывают рядом с графическими обозначениями контуров.

Сложные технические средства рекомендуется расчленять на отдельные технологические узлы и выполнять схемы этих узлов в виде отдельных чертежей на нескольких листах или на одном. При расположении схемы автоматизации на нескольких листах на концах линий, переходящих с одного листа схемы на другой лист или схему, указывают наименование этих линий или присвоенные им обозначения схемы, где показано продолжение этих линий. Такие пояснения дают на каждом из взаимосвязанных листов или схем.

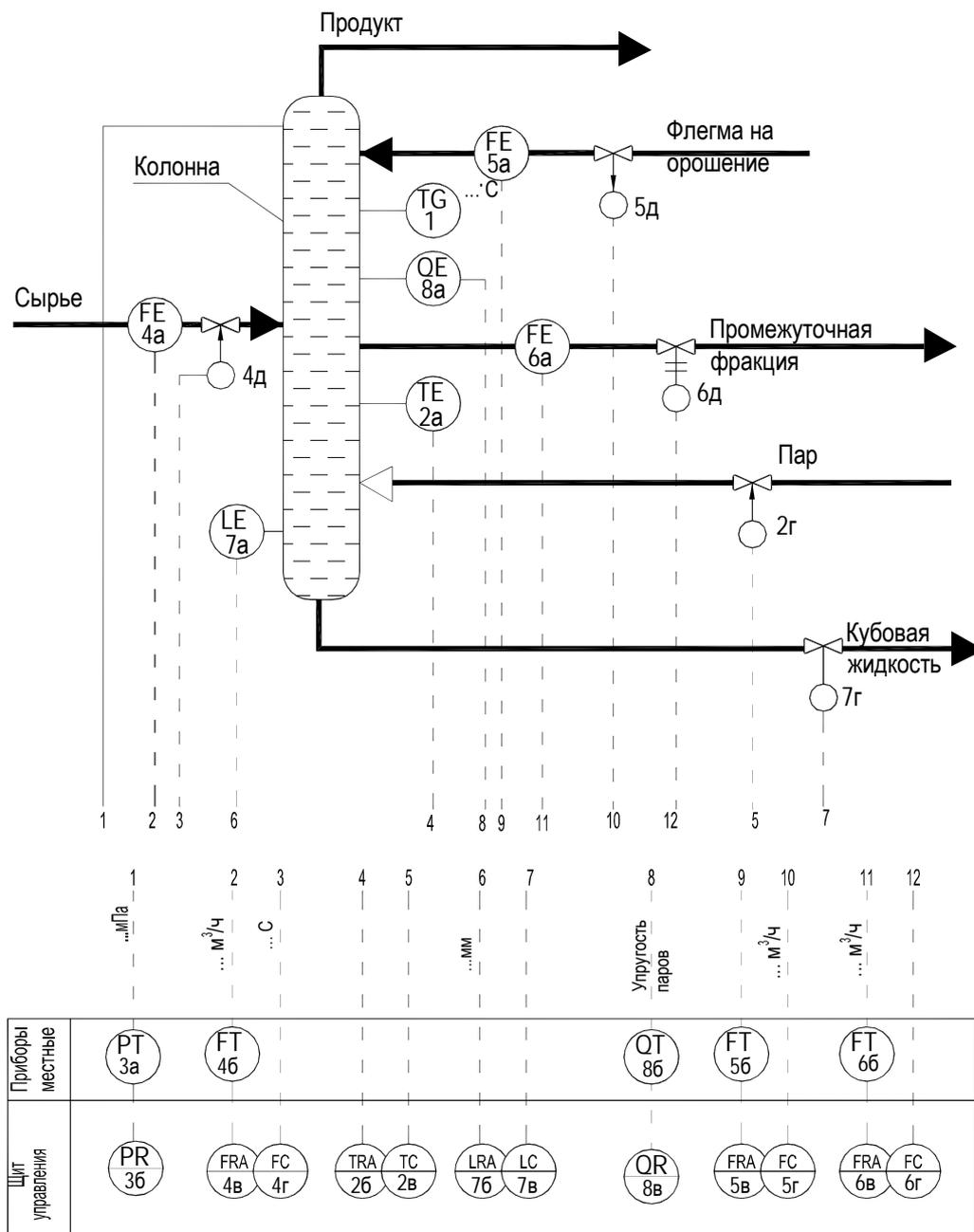


Рисунок Г.1 – Пример выполнения схемы автоматизации развернутым способом

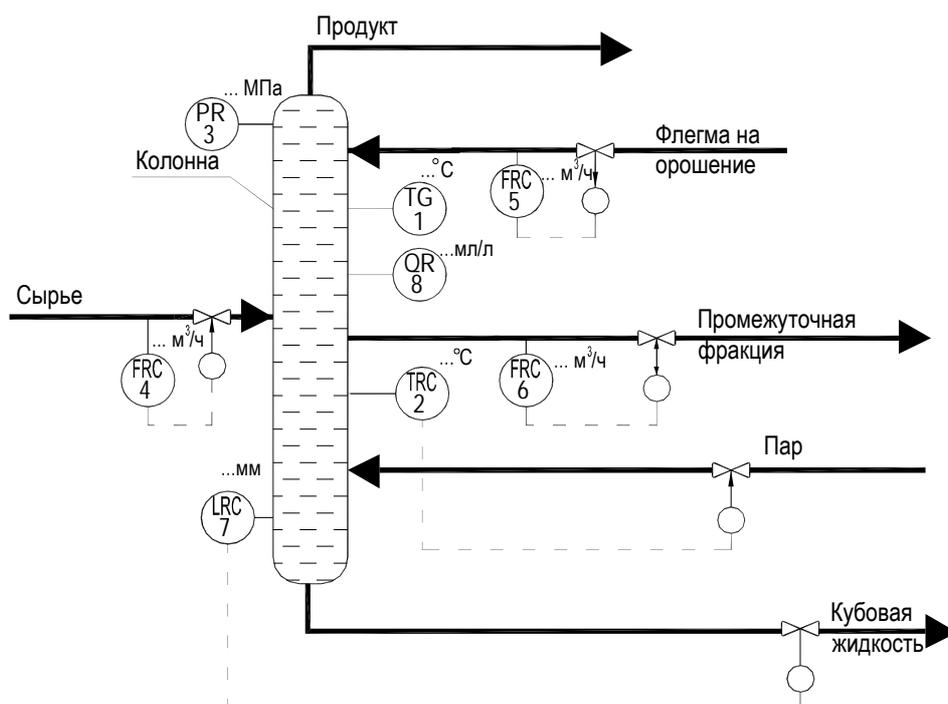


Рисунок Г.2 – Пример выполнения схемы автоматизации упрощенным способом

**Технологическое оборудование и коммуникации** должны изображаться, как правило, упрощенно, без указания отдельных технологических аппаратов и трубопроводов вспомогательного назначения, но технологическая схема должна давать ясное представление о принципе ее работы и взаимодействии со средствами автоматизации. Кроме того, технологическое оборудование изображают с учетом требований следующих стандартов: ГОСТ 2.780 [36], ГОСТ 2.782 [37], ГОСТ 2.788 [38], ГОСТ 2.789 [39], ГОСТ 2.790 [40], ГОСТ 2.791 [41], ГОСТ 2.792 [42], ГОСТ 2.793 [43], ГОСТ 2.794 [44], ГОСТ 2.795 [45].

На технологических трубопроводах показывают регуливающую и запорную арматуру, которая непосредственно участвует в контроле и управлении процессом. Технологические аппараты и трубопроводы вспомогательного назначения показывают только в тех случаях, когда они механически соединяются или взаимодействуют со средствами автоматизации. Некоторые элементы технологического оборудования допускается изображать на схеме автоматизации в виде прямоугольников с указанием наименования этих элементов или не показывать вообще (когда они не оснащаются техническими средствами автоматизации и не влияют на работу системы автоматизации).

Технологическое оборудование изображают сплошной тонкой линией (0,2–0,5 мм) по ГОСТ 2.303–68 [46]. Необходимые виды, разрезы и сечения технологического оборудования даются по ГОСТ 2.305–68 [47], 2.306–68 [48].

Условное обозначение трубопровода состоит из графического упрощенного изображения (ГОСТ 2.784–96 [49]) и обозначения транспортируемой среды согласно приложению 3 ГОСТ 14202 [50], выдержки из которого даны в таблице Г.1.

Таблица Г.1 – Условные обозначения трубопроводов в зависимости от транспортируемой среды по ГОСТ 14202

Цифровые обозначения	Транспонируемое вещество	Цифровые обозначения	Транспонируемое вещество
1	Вода	3	Воздух
1.1	Питьевая	3.1	Атмосферный
1.2	Техническая	3.2	Кондиционированный
1.3	Горячая (водоснабжение)	3.3	Циркуляционный
1.4	Горячая (отопление)	3.4	Горячий
1.5	Питательная	3.5	Сжатый
1.6	Резерв	3.6	Пневмотранспорта
1.7	Резерв	3.7	Кислород
1.8	Конденсат	3.8	Вакуум
1.9	Прочие виды воды	3.9	Прочие виды воздуха
1.0	Отработанная, сточная	3.0	Отработанный
2	Пар	4	Газы горючие
2.1	Низкого давления (до 2 кгс/см <sup>2</sup> )	4.1	Светильный
2.2	Насыщенный	4.2	Генераторный
2.3	Перегретый	4.3	Ацетилен
2.4	Отопление	4.4	Аммиак
2.5	Влажный (соковый)	4.5	Водород и газы его содержащие
2.6	Отборный	4.6	Углеводороды и их производные
2.7	Резерв	4.7	Окись углерода и газы ее
2.8	Вакуумный	4.8	содержащие
2.9	Прочие виды пара	4.9	Резерв
2.0	Отработанный	4.0	Прочие виды горючих газов
5	Газы негорючие	6	Кислоты
5.1	Азот и газы его содержащие	6.1	Серная
5.2	Резерв	6.2	Соляная
5.3	Хлор и газы его содержащие	6.3	Азотная
5.4	Углекислый газ и газы его содержащие	6.4	Резерв
5.5	Инертные газы	6.5	Неорганические кислоты и их растворы
5.6	Сернистый газ и газы его содержащие	6.6	Органические кислоты и их растворы
5.7	Резерв	6.7	Растворы кислых солей
5.8	Резерв	6.8	Резерв
5.9	Прочие виды негорючих газов	6.9	Прочие жидкости кислотной реакции
5.0	Отработанные негорючие газы	6.0	Отработанные кислоты и кислые стоки (при pH < 6,5)

## Окончание таблицы Г.1

Цифровые обозначения	Транспонируемое вещество	Цифровые обозначения	Транспонируемое вещество
7	Щелочи	8	Жидкости горючие
7.1	Натриевые	8.1	Жидкости категории А ( $t_{в.п.} < 28 \text{ }^\circ\text{C}$ )
7.2	Калийные	8.2	Жидкости категории Б ( $t_{в.п.} < 120 \text{ }^\circ\text{C}$ )
7.3	Известковые	8.3	Жидкости категории В ( $t_{в.п.} > 120 \text{ }^\circ\text{C}$ )
7.4	Известковая вода	8.4	Смазочные масла
7.5	Неорганические щелочи и их растворы	8.5	Прочие органические горючие жидкости
7.6	Органические щелочи и их растворы	8.6	Взрывоопасные жидкости
7.7	Резерв	8.7	Резерв
7.8	Резерв	8.8	Резерв
7.9	Прочие жидкости щелочной реакции	8.9	Прочие горючие жидкости
7.0	Отработанные щелочи и щелочные стоки ( $\text{pH} > 8,5$ )	8.0	Горючие стоки
9	Жидкости негорючие	0	Прочие вещества
9.1	Жидкие пищевкусые продукты	0.1	Порошкообразные материалы
9.2	Водные растворы (нейтральные)	0.2	Сыпучие материалы зернистые
9.3	Прочие растворы (нейтральные)	0.3	Смеси твердых материалов с воздухом
9.4	Водные суспензии	0.4	Гели
9.5	Прочие суспензии	0.5	Пульпы водяные
9.6	Эмульсии	0.6	Пульпы прочих жидкостей
9.7	Резерв	0.7	Резерв
9.8	Резерв	0.8	Резерв
9.9	Прочие негорючие жидкости	0.9	Резерв
9.0	Негорючие стоки (нейтральные)	0.0	Отработанные твердые материалы

Линия, изображающая трубопровод, является сплошной основной линией (толщина 0,5–1,5 мм по ГОСТ 2.303–68 [46]). Соединение и пересечение трубопроводов изображают так:



соединение;

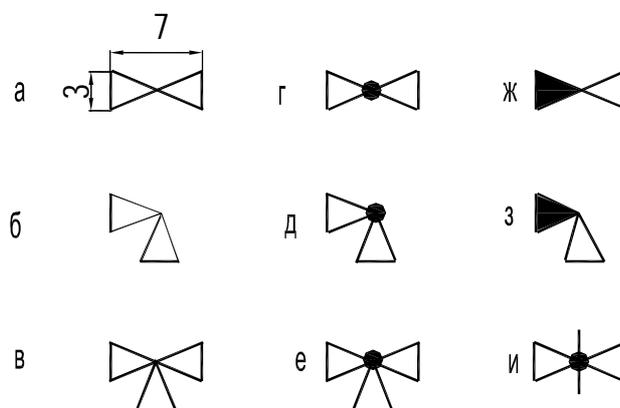


пересечение трубопроводов без соединения друг с другом.

Обозначение среды указывают в разрыве линий трубопровода через расстояние не менее 50 мм.

У изображения технологического оборудования и трубопроводов дают поясняющие надписи и указывают стрелками направления потоков на линиях трубопроводов. Трубопроводы, идущие к конечным аппаратам и устройствам, в которых нет приборов и средств автоматизации, на схеме обрывают и дают поясняющие надписи.

Запорную арматуру, используемую в системах автоматизации (нерегулирующую), изображают согласно ГОСТ 2.785 [51]. Примеры изображения трубопроводной арматуры приведены на рисунке Д.3.



*а* – проходной вентиль; *б* – угловой вентиль; *в* – трехходовой вентиль; *г* – проходной кран; *д* – угловой кран; *е* – трехходовой кран; *ж* – проходной клапан; *з* – угловой клапан; *и* – задвижка

Рисунок Г.3 – Изображение трубопроводной арматуры

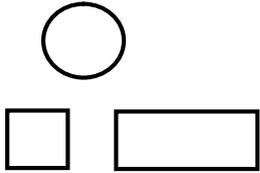
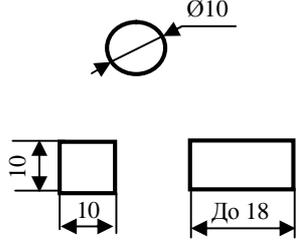
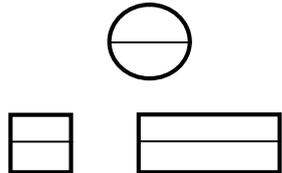
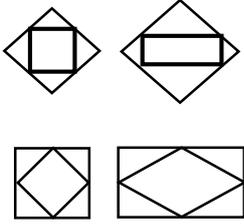
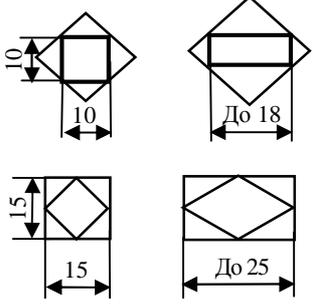
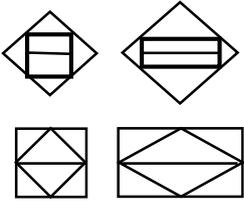
Условные графические и буквенные обозначения приборов и контуров контроля и управления принимают по ГОСТ 21.208–2013 [23]. Согласно ГОСТ 21.208–2013 устанавливаются два метода построения условных обозначений: а) упрощенный; б) развернутый.

При **упрощенном** методе построения приборы и средства автоматизации, осуществляющие сложные функции, например, контроль, регулирование, сигнализацию и выполненные в виде отдельных блоков изображают одним условным обозначением. При этом первичные измерительные преобразователи и всю вспомогательную аппаратуру не изображают.

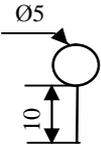
При **развернутом** методе построения каждый прибор или блок, входящий в единый измерительный, регулирующий или управляющий комплект средств автоматизации, указывают отдельным условным обозначением.

Условные обозначения приборов и средств автоматизации, применяемые в схемах, включают графические (таблица Г.2), буквенные (таблица Г.3) и цифровые обозначения.

Таблица Г.2 – Условные графические обозначения приборов автоматики по ГОСТ 21.208–2013

Наименование	Обозначение	Размеры обозначений
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
1. Прибор, аппарат, устанавливаемый вне щита (по месту): а) основное обозначение; б) допускаемое обозначение		
2. Прибор, аппарат, устанавливаемый на щите, пульте: а) основное обозначение; б) допускаемое обозначение		Размеры те же
2. Функциональные блоки цифровой техники (контроллер, системный монитор, устройство сопряжения и др.)		Размеры по усмотрению разработчика, применительно к удобству рассмотрения схемы
3. Прибор, устройство ПАЗ <sup>1</sup> , установленные вне щита: а) основное обозначение; б) допускаемое обозначение		
4. Прибор, устройство ПАЗ, установленные на щите <sup>2</sup> : а) основное обозначение; б) допускаемое обозначение		Размеры те же

## Окончание таблицы Г.2

1	2	3
5. Исполнительный механизм. Общее обозначение		
6. Исполнительный механизм, который при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала: а) открывает регулирующий орган;  б) закрывает регулирующий орган;  в) оставляет регулирующий орган в неизменном положении		Размеры те же
7. Исполнительный механизм с дополнительным ручным приводом <sup>3</sup>		Размеры те же
<p>Примечания</p> <p>1 ПАЗ (система противоаварийной автоматической защиты) – система управления технологическим процессом, которая в случае выхода процесса за безопасные рамки выполняет комплекс мер по защите оборудования и персонала.</p> <p>2 При размещении оборудования ПАЗ в шкафах, стойках и стативах, предназначенных для размещения только систем ПАЗ, на схемах допускается не обозначать это оборудование ромбами.</p> <p>3 Обозначение может применяться с любым из дополнительных знаков, характеризующих положение регулирующего органа при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала.</p>		

В верхней части графического обозначения наносят буквенные обозначения измеряемой величины и функционального признака прибора, определяющего его назначение в соответствии с таблицей Г.3. В нижней части графического обозначения наносят цифровое (позиционное) обозначение прибора или комплекта средств автоматизации.

Таблица Г.3 – Буквенные условные обозначения приборов автоматики по ГОСТ 21.208–2013

Обозначение	Измеряемая величина		Функциональный признак прибора		
	Основное обозначение измеряемой величины	Дополнительное обозначение, уточняющее измеряемую величину	Отображение информации	Формирование выходного сигнала	Дополнительное значение
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
A	Анализ. Величина, характеризующая качество: состав, концентрацию, детектор дыма и т. п.	–	Сигнализация	–	–
B	Пламя, горение	–	–	–	–
C	+	–	–	Автоматическое регулирование, управление	–
D	Плотность	Разность, перепад	–	–	Величина отклонения от заданной измеряемой величины
E	Напряжение	–	Чувствительный элемент	–	–
F	Расход	Соотношение, доля, дробь	–	–	–
G	+	–	Первичный показывающий прибор	–	–
H	Ручное воздействие	–	–	–	Верхний предел измеряемой величины
I	Ток	–	Вторичный показывающий прибор	–	–
J	Мощность	Автоматическое переключение, обегание	–	–	–

## Окончание таблицы Г.3

1	2	3	4	5	6
К	Время, временная программа	–	–	Станция управления	–
L	Уровень	–	–	–	Нижний предел измеряемой величины
M	+	–	–	–	Величина или среднее положение (между верхним H и средним L)
N	+	–	–	–	–
O	+	–	–	–	–
P	Давление, вакуум	–	–	–	–
Q	Количество	Интегрирование, суммирование по времени	–	+	–
R	Радиоактивность	–	Регистрация	–	–
S	Скорость, частота	Самосрабатывающее устройство безопасности	–	Включение, отключение, переключение, блокировка	–
T	Температура	–	–	Преобразование	–
U	Несколько разнородных измеряемых величин	–	–	–	–
V	Вибрация	–	+	–	–
W	Вес, сила, масса	–	–	–	–
X	Нерекомендуемая резервная буква	–	Вспомогательные компьютерные устройства	–	–
Y	Событие, состояние	–	–	Вспомогательное вычислительное устройство	–
Z	Размер, положение, перемещение	Система инструментальной безопасности, ПАЗ	–	+	–

Примечание – Буквенные обозначения, отмеченные знаком «+», назначаются по выбору пользователя, а отмеченные знаком «–», не используются.

Дополнительные буквенные обозначения, применяемые для указания дополнительных функциональных признаков приборов, преобразователей сигналов и вычислительных устройств, приведены в таблице А1 ГОСТ 21.208–2013.

При построении условных обозначений преобразователей сигналов, вычислительных устройств, надписи, определяющие вид преобразователей или операции, осуществляемые вычислительным устройством, наносят справа от графического обозначения прибора.

Буквенные обозначения устройств, выполненных в виде отдельных блоков и предназначенных для ручных операций, независимо от того, в состав какого комплекта они входят, должны начинаться с буквы Н.

Первая буква *У* показывает состояние или событие, которое определяет реакцию устройства.

Символ *S* применяется в качестве дополнительного обозначения измеряемой величины *F*, *P*, *T* и указывает на самосрабатывающие устройства безопасности, – предохранительный или отсечной клапан, термореле. Символ *S* не должен использоваться для обозначения устройств, входящих в систему инструментальной безопасности – ПАЗ.

Символ *Z* применяется в качестве дополнительного обозначения измеряемой величины для устройств системы инструментальной безопасности – ПАЗ.

Порядок расположения буквенных обозначений принимают с соблюдением последовательности обозначений по рисунку Г.4.

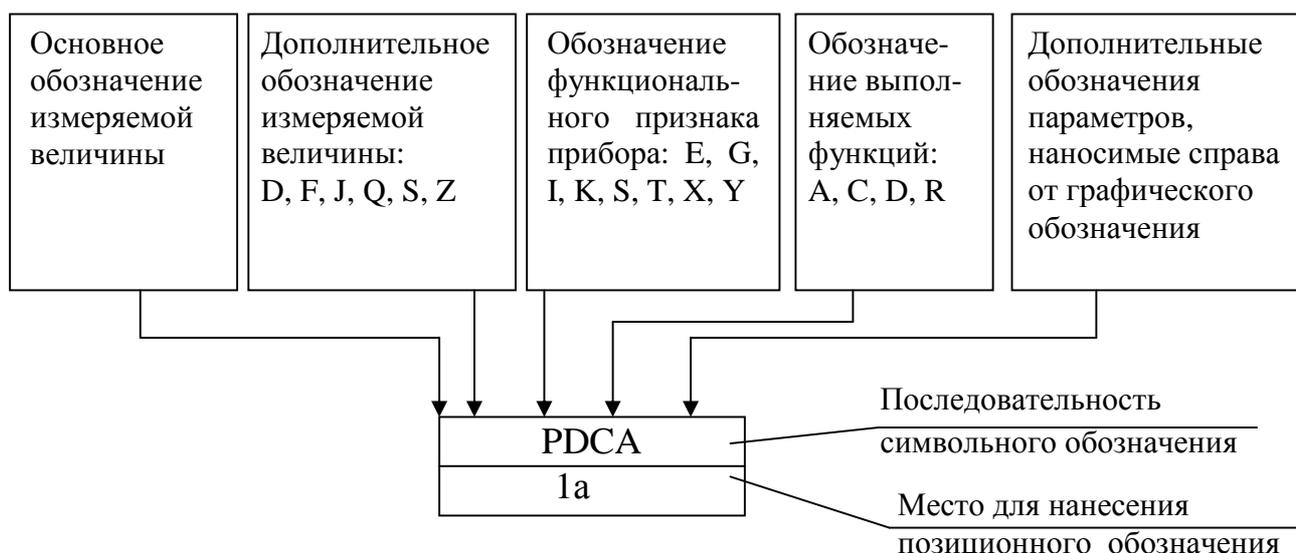


Рисунок Г.4 – Принцип построения условного обозначения прибора

При построении буквенных обозначений указывают не все функциональные признаки прибора, а лишь те, которые используют в данной схеме.

Букву А применяют для обозначения функции «сигнализация» независимо от того, вынесена ли сигнальная аппаратура на какой-либо щит или для сигнализации используются лампы, встроенные в сам прибор.

Букву Е применяют для обозначения чувствительного элемента, выполняющего функцию первичного преобразования: преобразователи термоэлектрические, термопреобразователи сопротивления, сужающие устройства расходомеров и т. п.

Букву S применяют для обозначения контактного устройства прибора, используемого только для включения, отключения, переключения, блокировки.

Букву Т применяют для обозначения первичного прибора бесшкального с дистанционной передачей сигнала.

Предельные значения измеряемых величин, по которым осуществляется, например, включение, отключение, блокировка, сигнализация, допускается конкретизировать добавлением букв Н и L. Эти буквы наносят справа от графического обозначения.

Отклонение функции D при объединении с функцией А (тревога) указывает, что измеренная переменная отклонилась от задания или другой контрольной точки больше, чем на predetermined число.

Для обозначения величин, не предусмотренных данным стандартом, допускается использовать резервные буквы. Применение резервных букв должно быть расшифровано на схеме.

Цифровые (позиционные) обозначения приборов указывают в нижней части окружности или с правой стороны от него, обозначения электрических аппаратов – справа от их условного графического обозначения. При этом позиционные обозначения технических средств присваивают по спецификации оборудования и составляют из цифрового обозначения соответствующего контура и буквенного обозначения (прописными буквами русского алфавита) каждого элемента, входящего в контур (в зависимости от последовательности прохождения сигнала). Во избежание разночтений буквы «З» и «О», имеющие начертание, похожее на начертание цифр, применять не допускается.

Подвод линий связи к прибору изображают в любой точке графического обозначения (сверху, снизу, сбоку). При необходимости указания направления передачи сигнала на линиях связи наносят стрелки.

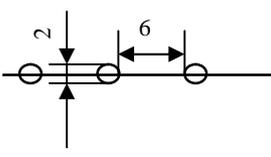
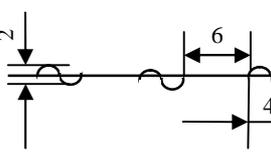
Электроаппараты, входящие в систему автоматизации (звонки, сирены, сигнальные лампы, табло, ЭД и др.), показывают на схеме условными графическими обозначениями по ГОСТ 2.722 [52], ГОСТ 2.732 [53], ГОСТ 2.741 [54] и присваивают им буквенно-цифровые обозначения по ГОСТ 2.710 [55].

Для присвоения позиций комплексам в схемах каскадного или связного регулирования необходимо руководствоваться следующим: если какой-либо прибор или регулятор связан с несколькими датчиками или получает дополнительные воздействия по другим параметрам, то все элементы схемы, осуществляющие дополнительные функции, необходимо отнести к той функциональной группе, на которую оказывают воздействие.

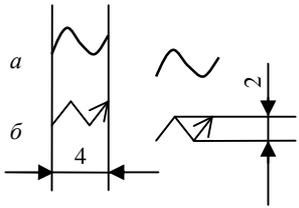
Остальные технические средства автоматизации показывают условными графическими обозначениями в прямоугольниках, расположенных в нижней части схемы. Каждому прямоугольнику присваивают заголовки, соответствующие показанным в них техническим средствам. Первым располагают прямоугольник, в котором показаны внешние приборы, конструктивно не связанные с технологическим оборудованием, с заголовком «Приборы местные», ниже – прямоугольники, в которых показаны щиты и пульты, а также комплексы технических средств. При необходимости изображения щита на последующих листах одной схемы, прямоугольник щита не замыкается с правой стороны. В этом месте делают соответствующую надпись.

Каждая *связь* между техническими средствами автоматизации, расположенными по месту и в щитах, обозначается одной линией независимо от фактического числа проводов или труб, осуществляющих эту связь (см. таблицу Г.4).

Таблица Г.4 – Условные графические обозначения линий связи по ГОСТ 21.408–2013

Наименование	Обозначение
1	2
Связь с технологическим процессом, импульсная трубная линия	
Линия питания электроэнергией	
Линия передачи электронного или электрического аналогового, цифрового или дискретного сигнала	
Линия передачи электронного или электрического аналогового, цифрового или дискретного сигнала искробезопасная	
Линия внутрисистемной связи (Ethernet и др.)	
Волоконно-оптическая линия связи	

## Окончание таблицы Г.4

1	2
Беспроводная линия связи или электромагнитные сигналы, свет, радиация, радио, звук и т. д. Варианты обозначения «а», «б» – по выбору исполнителя	

К условным обозначениям приборов и средств автоматизации для входных и выходных сигналов *линии связи* допускается подводить с любой стороны, в том числе сбоку и под углом. Линии связи допускается изображать с разрывом при большой протяженности и (или) при сложном их расположении (смотрите примеры чертежей). Места разрывов линий связи нумеруют арабскими цифрами в порядке их расположения в прямоугольнике с заголовком «Приборы местные».

Допускается пересечение линий связи с изображениями технологического оборудования. Пересечение линий связи с обозначениями приборов не допускается.

На линии связи указывают предельные (max и min) рабочие значения измеряемых (регулируемых) величин согласно положению о допуске единиц величин [56] или в единицах шкалы выбираемого прибора. Для обозначения разрежения ставят знак «-» (минус). Для приборов, встраиваемых непосредственно в технологическое оборудование и не имеющих линий связи, эти значения указывают рядом с обозначением приборов.

Линии связи отображаются сплошной тонкой линией. Расстояние между соседними линиями связи не менее 3 мм. При необходимости указания направления передачи сигнала, на линиях связи допускается наносить стрелки.

## Приложение Д (обязательное)

### Требования к оформлению принципиальных электрических схем

Принципиальные электрические схемы выполняют без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных частей изделия не учитывают. Графическое обозначение элементов и соединяющие их линии связи следует располагать на схеме таким образом, чтобы обеспечивать наилучшее представление о структуре изделия и взаимодействии его составных частей.

Схемы выполняют для изделий, находящихся в отключенном положении. В технически обоснованных случаях допускается отдельные элементы схемы изображать в выбранном рабочем положении с указанием на поле схемы режима, для которого изображены эти элементы.

Элементы и устройства изображают на схемах совмещенным или разнесенным способом. 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.

Возможны случаи, когда возникает необходимость в применении каких-либо графических изображений, не предусмотренных стандартом. Тогда допускается применять нестандартизированные графические обозначения, приводя при этом необходимые пояснения на схеме.

При выполнении схем рекомендуется пользоваться строчным способом. При этом условные графические обозначения элементов или их составных частей, входящих в одну цепь, изображают последовательно друг за другом по прямой, а отдельные цепи – рядом, образуя параллельные (горизонтальные или вертикальные) строки. Таким образом, схема в целом должна читаться слева направо и сверху вниз. При выполнении схемы строчным способом допускается нумеровать строки арабскими цифрами.

Устройства, имеющие самостоятельную принципиальную схему (например, кнопочный пост, блоки Б5300 и т. д.), выполняют на схемах в виде фигуры сплошной линией, равной по толщине линии связи.

Функциональную группу или устройство, не имеющее самостоятельной принципиальной схемы, выполняют в виде фигуры из контурных штрихпунктирных линий, равных по толщине линии связи. Таким же образом допускается

разграничивать элементы, расположенные в разных помещениях с указанием наименования помещения.

Расстояние между двумя соседними линиями графического изображения должно быть не менее 1 мм, между соседними параллельными линиями связи – 3 мм, между отдельными условными графическими обозначениями – 2 мм.

Условные графические обозначения (УГО) элементов принципиальной схемы и их размеры заданы в ГОСТ 2.721–ГОСТ 2.756. Выдержки из ГОСТ 2.721–ГОСТ 2.756 для наиболее употребляемых элементов приведены в таблице Д.1. Буквенные обозначения элементов приведены в таблице Д.2.

Графические обозначения на схемах следует выполнять линиями той же толщины, что и линии связи. Условные графические обозначения элементов изображают на схеме в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах, или повернутыми на угол, кратный  $90^\circ$ , если в соответствующих стандартах отсутствуют специальные указания. Допускается условное графическое обозначение поворачивать на угол, кратный  $45^\circ$ , или изображать зеркально повернутыми, если только при этом не нарушится смысл или удобочитаемость обозначения.

Таблица Д.1 – Условные графические обозначения, наиболее широко применяемые в принципиальных электрических схемах проекта автоматизации

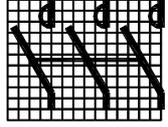
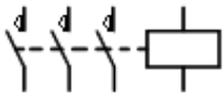
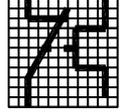
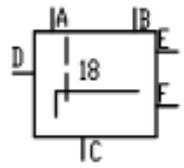
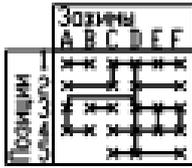
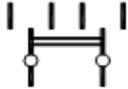
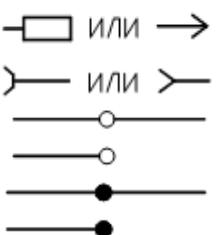
Наименование	Обозначение	Размеры (1 клетка = 1 мм)
ГОСТ 2.755–87 Устройства коммутационные и контактные соединения		
Базовые обозначения контактов:		
закрывающих		
размыкающих		
переключающих		
переключающих с нейтральным положением		

## Продолжение таблицы Д.1

<p>Квалифицирующие символы, используемые для пояснения принципа работы коммутационных устройств:</p> <p>функция контактора  функция выключателя  функция разъединителя  функция выключателя-разъединителя  автоматическое срабатывание</p> <p>функция путевого или концевого выключателя  самовозврат  отсутствие самовозврата  дугогашение</p> <p>Обозначения 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 помещают на неподвижных контактах-деталях, а 5 и 6 на подвижных контактах-деталях</p>		
<p><i>Примеры построения обозначений</i></p> <p>Контакт без самовозврата:  замыкающий</p> <p>Размыкающий</p> <p>Контакт переключающий с нейтральным центральным положением, с самовозвратом из левого положения и без возврата из правого положения</p> <p>Контакт контактора:  замыкающий</p> <p>размыкающий</p> <p>замыкающий дугогасительный</p> <p>замыкающий с автоматическим срабатыванием</p>		



## Продолжение таблицы Д.1

Наименование	Обозначение	Размеры
<p>посредством вторичного нажатия кнопки</p>		
<p>посредством вытягивания</p>		
<p>Выключатель ручной</p>		
<p>Выключатель электромагнитный (реле)</p>		
<p>Контакт теплового реле</p>		
<p>Переключатель однополюсный многопозиционный (пример шестипозиционного)</p>		
<p>Переключатель со сложной коммутацией изображают на схеме одним из следующих способов: общее обозначение (пример обозначения 18-типозиционного роторного переключателя с шестью зажимами, обозначенными от А до F)</p>		
<p>обозначение, составленное согласно конструкции</p>		
<p>Третий способ</p>		
<p>Переключатель двухполюсный, трехпозиционный с нейтральным положением</p>		
<p>Контакт контактного соединения: разъемного соединения: штырь гнездо разборного соединения неразборного соединения</p>		

## Окончание таблицы Д.1

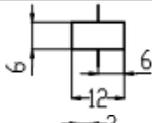
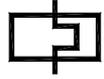
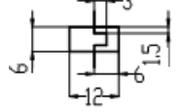
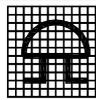
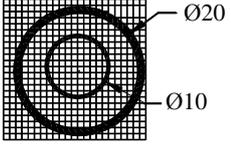
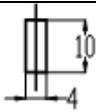
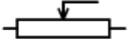
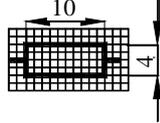
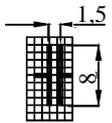
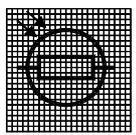
Наименование	Обозначение	Размеры
ГОСТ 2.756–76 Воспринимающая часть электромеханических устройств		
Катушка электромеханического устройства. Общее обозначение		
Воспринимающая часть электротеплового реле		
ГОСТ 2.732–68 Источники света		
Лампа накаливания сигнальная		
ГОСТ 2.741–68 Приборы акустические		
Звонок электрический. Общее обозначение		
ГОСТ 2.722–68 Машины электрические		
Статор		
Ротор		
ГОСТ 2.727–68 Разрядники, предохранители		
Предохранитель плавкий		
ГОСТ 2.728–74 Резисторы, конденсаторы		
Резистор постоянный; переменный; регулируемый	  	 
Конденсатор постоянной емкости. Общее обозначение		
ГОСТ 2.730–73 Приборы полупроводниковые		
Диод. Общее обозначение		 
Фоторезистор		
Фотодиод		
Светодиод		

Таблица Д.2 – Буквенные коды позиционных обозначений элементов по ГОСТ 2.710–81 на принципиальных электрических схемах

Однобуквенный код	Группа видов элементов	Пример вида элементов	Двухбуквенный код
1	2	3	4
А	Устройство	Усилители, приборы, регуляторы	–
В	Преобразователи неэлектрических величин в электрические или наоборот; аналоговые или многозарядные преобразователи или датчики, используемые для указания или измерения	Громкоговоритель Сельсин-приемник Тепловой датчик Фотоэлемент Микрофон Датчик давления Пьезоэлемент Датчик скорости Датчик частоты вращения (тахогенератор)	ВА ВЕ ВК ВЛ ВМ ВР ВQ ВV ВR
С	Конденсаторы		
Д	Микросхемы интегральные, микросборки	Микросхемы интегральные аналоговые Микросхемы интегральные цифровые, логические элементы Устройство хранения информации Устройство задержки	DA DD DS DT
Е	Элементы разные	Нагревательный элемент Лампа осветительная Пиропатрон	EK EL ET
Ф	Разрядники, предохранители	Предохранитель плавкий Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия	FU FA
Г	Генераторы, источники питания	Батарея	GB
Н	Устройства индикационные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации Индикатор символьный Прибор световой сигнализации	HA HG HL
К	Реле, конденсаторы, пускатели	Реле указательное Реле токовое Реле электротепловое Контактор, магнитный пускатель Реле поляризованное Реле времени Реле напряжения	KH KA KK KM KP KT KV
Л	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	LL
М	Двигатели		

## Продолжение таблицы Д.2

1	2	3	4
P	Приборы, измерительное оборудование	Амперметр Счетчик импульсов Частотомер Счетчик реактивной энергии Счетчик активной энергии Омметр Регистрирующий прибор Часы Вольтметр Ваттметр	PA PC PF PK PJ PR PS PT PV PW
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях (энергоснабжение, питание и т. д.)	Выключатель автоматический Разъединитель Короткозамыкатель	QF QS QK
R	Резисторы	Терморезистор Потенциометр	RK RP
S	Устройства коммутационные в цепях измерительных, управления и сигнализации	Выключатель или переключатель Выключатель кнопочный Выключатель автоматический Выключатели, срабатывающие от различных воздействий: от уровня от давления от положения (путевой) от частоты вращения от температуры	SA SB SF  SL SP SQ SR SK
T	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока Трансформатор напряжения Электромагнитный стабилизатор	TA TV TS
U	Устройства связи и преобразования электрических величин в электрические	Модулятор Демодулятор Дискриминатор Преобразователь частотный	UB UR UJ UZ
V	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон Прибор электровакуумный Транзистор Тиристор	VD VL VT VS

## Окончание таблицы Д.2

1	2	3	4
W	Линии и элементы СВЧ		
X	Соединения контактные	Токосъемник, контакт скользящий Штырь Гнездо Соединение разборное Соединение неразборное Гнездо испытательное Штырь испытательный Соединитель высокочастотный	XA XP XS XT XW XSJG XPJG XW
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит Тормоз с электромагнитным приводом Муфта с электромагнитным приводом	YA YB YC
Z	Устройства оконечные, фильтры, ограничители	Ограничитель Фильтр кварцевый	ZL ZQ

Линии связи выполняют толщиной от 0,2 до 1,0 мм в зависимости от форматов схемы и размеров графических обозначений. Рекомендуемая толщина линий от 0,3 до 0,4 мм. Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь наименьшее количество изломов и взаимных пересечений (в отдельных случаях допускается применять наклонные отрезки линии связи, длину которых следует по возможности ограничивать). Линии связи, переходящие с одного листа на другой, следует обрывать за пределами изображения схемы без стрелки. Рядом с обрывом линии связи должно быть указано обозначение или наименование, присвоенное этой линии, и в круглых скобках номер листа схемы и зоны, при ее наличии, при выполнении схемы на нескольких листах, например лист 5 зона 6 (Л5.6), или обозначение документа, на который переходит линия связи, при выполнении схем самостоятельными документами. Линии связи в пределах одного листа, если они затрудняют чтение схемы, допускается обрывать. Обрывы линий связи заканчивают стрелками. Около стрелок указывают места обозначений прерванных линий и необходимые характеристики цепей (полярность, потенциал).

Существуют несколько групп обозначений на чертеже принципиальной электрической схемы (рисунок Д.1):

**1. Позиционное обозначение** в общем случае состоит из трех частей: вид элемента, его номер и функция; определяется ГОСТ 2.710 [55]. Вид элемента и его номер являются обязательной частью обозначения и должны быть присвоены всем элементам и устройствам. Указание функции не является обязательным.

В первой части записывают одну или несколько букв для указания вида элемента (таблица Д.2), во второй части записывают одну или несколько цифр для указания номера элемента и в третьей (при необходимости) – одну или несколько букв функции элемента.

Позиционные обозначения элементам следует присваивать в пределах изделия. Порядковые номера элементам (устройствам) следует присваивать, начиная с единицы, в пределах группы элементов (устройств), которым на схеме присвоено одинаковое буквенное позиционное обозначение, в соответствии с последовательностью расположения элементов или устройств на схеме сверху вниз в направлении слева направо. При необходимости допускается изменять последовательность присвоения порядковых номеров в зависимости от размещения элементов в изделии, направления прохождения сигналов или функциональной последовательности процесса. Позиционные обозначения проставляют на схеме рядом с условными графическими обозначениями элементов и устройств с правой стороны или над ними. Если в состав изделия входит несколько одинаковых устройств, то позиционные обозначения элементам следует присваивать в пределах этих устройств. Допускается в качестве кода вида применять однобуквенное обозначение, например, когда в схеме магнитного пускателя не содержится реле, то пускатель можно обозначить буквой К (хотя он имеет и двухбуквенный код КМ).

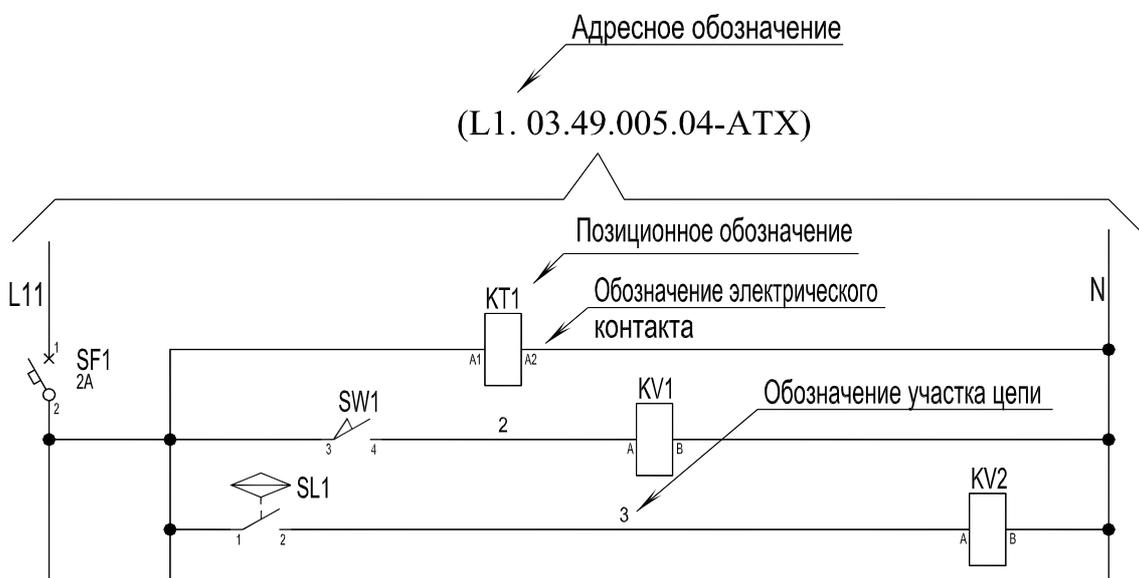


Рисунок Д.1 – Группы обозначений на чертеже принципиальной электрической схемы

При разнесенном способе изображения иногда целесообразно отдельно изображенные части элементов соединять линией механической связи, указывая тем самым на принадлежность их к одному элементу.

**2. Обозначение электрического контакта.** Для обозначения электрического контакта в общем случае используют комбинацию букв и цифр. Обозначение контакта должно повторять маркировку контакта, нанесенную на объекте или указанную в документации этого объекта. Если обозначение контактам присваивают при разработке объекта, то следует обозначить их номерами. Если контакты конструктивно сгруппированы в несколько групп, то допускается обозначать их по группам.

**3. Обозначение участков цепей.** Обозначение участков цепей в схемах служит для их опознавания, может отражать их функциональное назначение и создает связь между схемой и устройством. При обозначении используют прописные буквы латинского алфавита и арабские цифры, выполненные одним размером кегля. Участки цепи, разделенные контактами аппаратов, обмотками машин, резисторами и другими элементами, должны иметь разное обозначение. Соединения, проходящие через неразборные, разборные и разъемные контактные соединения, обозначают одинаково (допускаются в обоснованных случаях разные обозначения). Последовательность обозначения должна быть, как правило, от ввода (источника питания) к потребителю. Разветвляющиеся цепи обозначают сверху вниз в направлении слева направо. Для удобной ориентации в схемах при обозначении участков цепей допускается оставлять резервные номера или некоторые номера пропусков.

Обозначение цепи переменного тока состоит из обозначения участков цепей фазы и последовательного номера (1-я фаза – L1, L11, L12, L13 и т. д.; 2-я фаза – L2, L21, L22, L23 и т. д.; 3-я фаза – L3, L31, L32, L33 и т. д.). Пример обозначения показан на чертеже.

Допускается, если это не вызовет ошибочного подключения, обозначать фазы соответственно буквами А, В, С.

Цепи постоянного тока обозначают нечетными числами на участках положительной полярности и четными числами на участках отрицательной полярности. Входные и выходные участки цепи обозначают с указанием полярности «L+» и «L-»; допускается применять только знаки «+» и «-».

Цепи управления, защиты сигнализации обозначают последовательными числами в пределах изделия или установки.

Для обозначения цепей по функциональному признаку может быть рекомендовано для цепей управления, регулирования и измерения использовать группу чисел 1–399, для цепей сигнализации – 400–799, для цепей питания – 800–999. Вместо групп цифр функциональная принадлежность цепей принципиальной схемы может быть выражена и условно, принятыми буквами.

На схеме обозначение проставляют около концов или в середине участка цепи: слева от изображения цепи – при вертикальном расположении цепи; над изображением цепи – при горизонтальном расположении цепи.

**4. Адресное обозначение в общем случае состоит из трех частей:** обозначение документа, с которым сопрягается данный документ; номер листа документа, с которым сопрягается данный лист документа; адрес другой части объекта (или ее изображение), с которой сопрягается данная часть объекта. Все части данного адресного обозначения записывают в указанном порядке и отделяют друг от друга точкой. Адресное обозначение применяется, например, для обозначения разрыва линий связи при переходе с листа на лист.

Данные об элементах принципиальной электрической схемы должны быть записаны в *перечень элементов*, который помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа и оформляют в виде таблицы, заполняемой сверху вниз.

В графе «Позиционные обозначения» указывают позиционные обозначения элементов, устройств и функциональных групп; в графе «Наименование» – для элемента (устройства) – наименование в соответствии с документом, на основании которого этот элемент (устройство) применен, и обозначение этого документа (ГОСТ, ОСТ, ТУ), для функциональной группы – наименование; в графе «Примечание» – рекомендуется указывать технические данные элемента (устройства), не содержащиеся в его наименовании.

Элементы в перечень записывают группами в алфавитном порядке буквенно-позиционных обозначений, а в группах по порядку номеров.

Запись элементов, входящих в каждое устройство (функциональную группу), начинают с наименования устройства или функциональной группы, которое записывают в графе «Наименование» и подчеркивают. Ниже наименования устройства (функциональной группы) должна быть оставлена одна свободная строка, выше – не менее одной свободной строки.

При выполнении перечня элементов на первом листе схемы его располагают, как правило, над основной надписью.

Расстояние между перечнем элементов и основной надписью должно быть не менее 12 мм.

Продолжение перечня элементов помещают слева от основной надписи, повторяя головку таблицы.

Характеристики некоторых технических средств автоматики и аппаратуры управления рассмотрим ниже.

### Характеристика термометров сопротивления

Термометры сопротивления платиновые (ТСП) и медные (ТСМ) предназначены для измерения температур в диапазоне, указанном в таблице Д.3, и для измерения разности температур в составе теплосчетчиков и других приборов учета тепловой энергии в различных отраслях народного хозяйства.

Таблица Д.3 – Характеристика термометров сопротивления ТСМ и ТСП, изготавливаемых НП ООО «Энергоприбор»

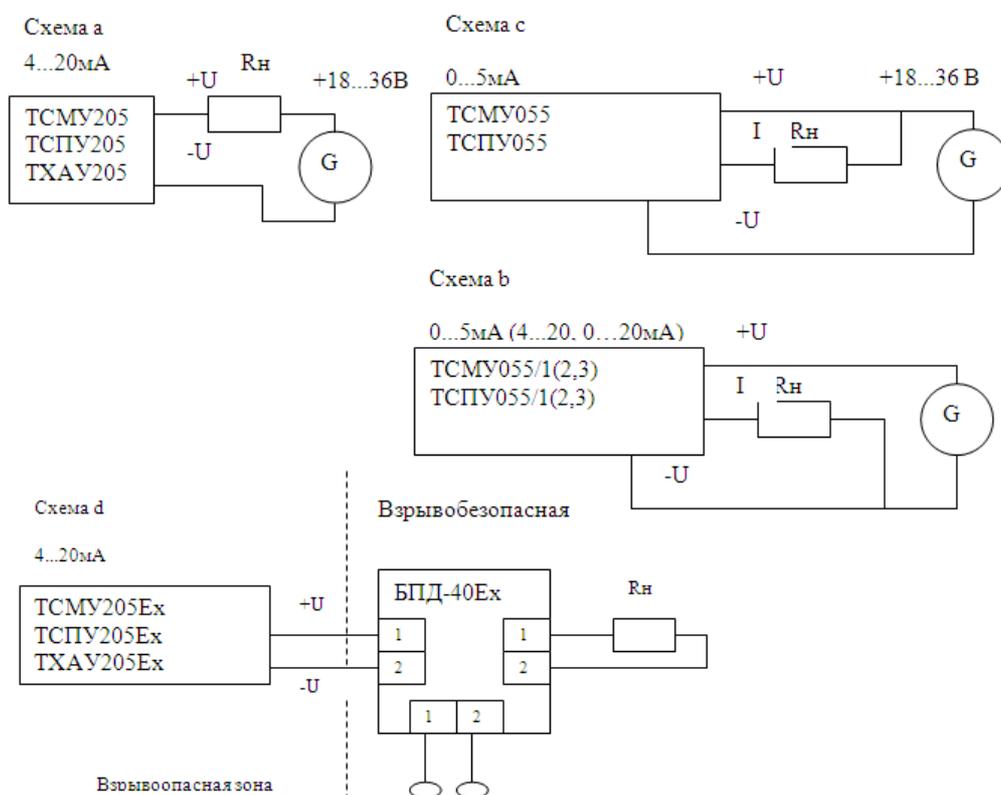
Вид, тип	Пределы измерения, °С	Показатель тепловой инерции, с	Число чувствительных элементов
Медные			
ТСМ-1098	0–160	30	Один
ТСМ-1098К	Диапазон разности 3–155	120	Два
ТСМ-1199-11(...14, 21, 22, 23, 31, 32)	–50...+180	40 (20)	Один
ТСМ-1199-41(42, 44, 45)	–50...+150	12	Один
ТСМ-1199-5(6)	–50...+100 (+180)	16	Один
Платиновые			
ТСП-1098	0...160	20	Один
ТСП-1098К1	Диапазон разности 3–155	80	Два
ТСП-1199-11(...14, 21, 22, 23, 31, 32)	–50...+400 (–50...+600, –50...+200)	40 (20)	Один
ТСП-1199-41(42, 44, 45)	–50...+200	12	Один
ТСП-1199-43	–50...+300	8 (12)	Один
ТСП-1199-5(6)	–50...+100 (+180)	16	Один

Термопреобразователи с унифицированными сигналами предназначены для преобразования значения температуры различных нейтральных сред в унифицированный токовый выходной сигнал (таблица Д.4). Чувствительный элемент первичного преобразователя (100П или 100М, для ТХАУ-К) и встроенный в головку датчика чувствительный преобразователь ИП в виде герметичной «таблетки» преобразует измеряемую температуру в токовый сигнал, что дает возможность построения систем АСУТП без применения дополнительных нормирующих преобразователей. Термопреобразователи работают в комплексе с любыми вторичными приборами, воспринимающими входные унифицированные сигналы 0–5, 0–20, 4–20 мА.

Таблица Д.4 – Технические данные термопреобразователей с унифицированными сигналами

Тип и код исполнения датчиков	Диапазон преобразуемых температур, °С	Показатель тепловой инерции, с	Выходной унифицированный сигнал, мА	Схема подключения	Сопротивление нагрузки $R_n$ , Ом
ТСМУ-055	-50–50 0–100 0–180	30	0–5	3-проводная (b)	до 2500
ТСМУ-205		20	4–20	2-проводная (a)	До 1000
ТСМУ-205Ех		10	4–20	2-проводная (d)	Определяется блоком питания
ТСПУ-055	-50–50 0–100 0–200 0–300 0–500	20	0–5	3-проводная (b)	До 2500
ТСПУ-205			4–20	2-проводная (a)	До 1000
ТСПУ-205Ех			4–20	2-проводная (d)	Определяется блоком питания
ТХАУ-055	0–600 0–900	10	0–5	3-проводная (b)	Определяется блоком питания
ТХАУ-205			4–20	2-проводная (a)	
ТХАУ-205Ех			4–20	2-проводная (d)	

Схема внешних подключений термопреобразователей с унифицированными сигналами приведена на рисунке Д.2.



Структура условного обозначения термопреобразователей с унифицированными сигналами: ТСМУ-205Ех-4/160 – 0–100 °С – 0,25%, где ТСМУ-205Ех – тип и код исполнения датчика; 4/160 – номер рисунка подключения/длина погружаемой части; 0–100 °С – диапазон преобразуемых температур; 0,25 % – предел допустимой погрешности.

### **Автоматические выключатели**

Автоматические выключатели служат для нечастых размыканий и замыканий электрической цепи, а также для автоматического размыкания цепи при появлении в ней различных ненормальных условий.

Автоматические выключатели изготовляют с тепловыми, электромагнитными и тепловыми расцепителями, с регулировкой тока несрабатывания тепловых расцепителей в пределах 0,9–1,15 номинального и кратностью уставки электромагнитного расцепителя в зоне короткого замыкания 3, 5, 7, 10, 12 по отношению к номинальному току теплового расцепителя.

Автоматические выключатели с одним электромагнитным расцепителем применяются в случаях установки на вводе в щит управления, если они заменяют вводной рубильник и предохранитель. Автоматы с комбинированным расцепителем используют в случаях защиты электродвигателя от перегрузки и токов короткого замыкания.

В системах автоматического управления широко используют автоматические выключатели АЕ-2000 с комбинированным или электромагнитным расцепителем с номинальным током до 100А и А-3700 свыше 100 А (таблица Д.5).

#### *Характеристика автоматических выключателей АЕ20*

Структура условного обозначения

АЕ20XXXX-XXX-XXXX-X,

где АЕ – выключатель автоматический;

20 – номер разработки;

X – величина выключателя в зависимости от номинального тока (2 – 16 А; 3 – 25 А; 4 – 63 А; 5 – 100 А; 6 – 160 А);

X – число полюсов в комбинации с максимальными расцепителями тока (3 – трехполюсные с электромагнитными максимальными расцепителями тока; 4 – однополюсные с электромагнитными и тепловыми максимальными расцепителями тока; 6 – трехполюсные с электромагнитными и тепловыми максимальными расцепителями тока; 9 – трехполюсные с тепловыми максимальными расцепителями тока);

X – наличие буквы М для выключателей модернизированных (АЕ2030М; АЕ2040М; АЕ2050М);

X – наличие буквы П для выключателей с повышенной предельной и одно-разовой коммутационной способностью (для выключателей АЕ2040МП, АЕ2050МП);

X – наличие свободных контактов (1 – без свободных контактов; 2 – один замыкающий свободный контакт; 3 – один размыкающий свободный контакт; 4 – один замыкающий и один размыкающий свободные контакты);

X – дополнительные расцепители (0 – без дополнительных расцепителей; 2 – независимый расцепитель);

X – температурная компенсация и регулировка номинального тока теплового расцепителя (Р – регулировка номинального тока тепловых расцепителей и температурная компенсация; Н – регулировка номинального тока тепловых расцепителей без температурной компенсации; Б – без регулировки номинального тока тепловых расцепителей и температурной компенсации для распределительных пунктов (с уменьшенными габаритными размерами); 0 – без регулировки номинального тока тепловых расцепителей и температурной компенсации);

XX – степень защиты (00 – IP00; 20 – IP20, 54 – IP54 (для выключателей типа АЕ2040М);

XX – климатическое исполнение У, Т категории размещения 3 (в оболочке степени защиты IP00), а также исполнения У, Т, УХЛ категории размещения 2 (в оболочке степени защиты IP54) по ГОСТ 15150–69;

X – класс износостойкости (А – первый; Б – второй).

Таблица Д.5 – Технические данные автоматических выключателей серии АЕ

Параметр	Значение
Номинальный ток максимальных расцепителей тока I для выключателей, А:	
АЕ2020	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16
АЕ2030М	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25
АЕ2040; АЕ2040ХХБ	10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63
АЕ2043М; АЕ2043МП; АЕ2046М; АЕ2046МП	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25;* 31,5; 40; 50; 63
АЕ2049М	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63
АЕ2050МП	10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80;
АЕ2053ММ; АЕ2056ММ	80; 100
АЕ2060	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160

## Окончание таблицы Д.5

Параметр	Значение
Номинальное напряжение переменного тока главной цепи, В: для однополюсных выключателей  для трехполюсных выключателей	До 440, частотой 50, 60 Гц  До 380, частотой 50, 60 и 400 Гц; До 660, частотой 50, 60 Гц
Уставка по току срабатывания электромагнитного расцепителя, кратная I	12
Мощность, потребляемая одним полюсом выключателя с тепловым и электромагнитным расцепителем, Вт: АЕ2020; АЕ2030М АЕ2040 АЕ2040М; АЕ2040МП АЕ2050МП; АЕ2050ММ АЕ2060	4 12 8 15 20
Номинальный ток свободных вспомогательных контактов, А	2,5
Коммутируемый ток свободных контактов при напряжении переменного и постоянного тока 24 В, мА	25
Номинальное напряжение переменного и постоянного тока независимого расцепителя, В	24; 36; 110; 127; 220; 380
Напряжение срабатывания независимого расцепителя от $U$ , %	70–120
Срок службы выключателя, лет	10

В последнее время широко используют модульные автоматические выключатели ВА47 с установкой на DIN-рейку при монтаже (таблица Д.6).

**Характеристика автоматических выключателей ВА47.** Структура условного обозначения:

ВА47-Х-XXX-Х-Х,

где ВА47 – серия выключателя автоматического;

Х – величина выключателя в зависимости от номинального тока (29 – 63 А; 100 – 100 А);

Х – число полюсов: 1, 2, 3, 4;

- X – условное обозначение типа расцепителя: B, C, D;  
 X – номинальный ток расцепителей;  
 X – климатическое исполнение;  
 X – техническое условие.

Таблица Д.6 – Технические данные автоматических выключателей серии ВА47-29

Параметр	Значение
Номинальное напряжение частотой 50 Гц, В	230/400
Номинальный ток расцепителя $I_{\text{ном.расц}}$ , А	0,5; 1,6; 2,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 13; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63
Номинальная отключающая способность, А	4500
Напряжение постоянного тока, В/полюс	48
Характеристики срабатывания электромагнитного расцепителя	B, C, D
Число полюсов	1, 2, 3, 4
Условия эксплуатации	УХЛ4
Степень защиты выключателя	IP20
Электрическая износостойкость, циклов включения-отключения, не менее	6000
Механическая износостойкость, циклов включения-отключения, не менее	20000
Максимальное сечение присоединяемых проводов, мм <sup>2</sup>	25
Масса 1 полюса, кг	0,1

### Тепловые реле

Реле серии РТЛ (таблица П.7) предназначены для защиты трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором от перегрузок недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз. Реле применяются в схемах управления электроприводами, реле типов РТЛ-1000 и РТЛ-2000 могут устанавливаться индивидуально с помощью клеммников КРЛ-104 и КРЛ-204 соответственно, а также крепиться непосредственно к пускателям серии ПМЛ. Реле имеют: три полюса; температурный компенсатор; механизм для ускоренного срабатывания при обрыве фазы; регулятор тока несрабатывания; ручной возврат; один размыкающий и один замыкающий контакты или один размыкающий; переднее присоединение внешних проводников; несменные нагревательные элементы.

Структура условного обозначения:

РТЛ-XXXX X4 C,

где РТЛ – серия;

X – исполнение по номинальному току реле (1 – на 25 А, 2 – на 80 А, 3 – на 200 А);

XXX – исполнение по току несрабатывания (по таблице);

X4 – климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150–69 и ГОСТ 15543.1–89;

C – наличие одного размыкающего контакта. Отсутствие буквы означает исполнение реле с одним размыкающим и одним замыкающим контактами.

Таблица Д.7 – Технические данные тепловых реле серии РТЛ

Типоисполнение	Номинальный ток реле $I_{ном}$ , А	Диапазон регулирования номинального тока несрабатывания $I_{ном. неср}$ , А	Максимальный ток продолжительного режима при температуре окружающего воздуха +40 °С, А	Мощность, потребляемая одним полюсом реле, Вт
РТЛ-1001	25	0,10–0,17	0,17	2,15
РТЛ-1002		0,16–0,26	0,26	2,25
РТЛ-1003		0,24–0,40	0,40	2,05
РТЛ-1004		0,38–0,65	0,65	1,99
РТЛ-1005		0,61–1,00	1,00	2,0
РТЛ-1006		0,95–1,60	1,60	2,0
РТЛ-1007		1,5–2,6	2,6	1,8
РТЛ-1008	80	2,4–4,0	4,0	1,87
РТЛ-1010		3,8–6,0	6,0	1,84
РТЛ-1012		5,5–8,0	8,0	1,68
РТЛ-1014		7,0–10,0	10,0	1,75
РТЛ-1016		9,5–14,0	14,0	2,5
РТЛ-1021		13–19	19	3,0
РТЛ-1022		18–25	25	3,0
РТЛ-2053	80	23–32	32	2,43
РТЛ-2055		30–41	41	3,03
РТЛ-2057		38–52	52	3,3
РТЛ-2059		47–64	64	3,69
РТЛ-2061		54–74	74	4,38
РТЛ-2063		63–86	86	5,62

## Электромагнитные пускатели

Электромагнитные пускатели выполняют функции аппаратов дистанционного управления и отключения токоприемников при понижении напряжения, блокировку и реверсирование.

**Характеристика пускателей серии ПМЛ.** Пускатели электромагнитные серии ПМЛ предназначены для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором при напряжении переменного тока до 660 В, частотой 50 Гц. В исполнении с трехполюсными тепловыми реле серии РТЛ (ТУ 16-523.54982) – для защиты управляемых электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз. Пускатели могут комплектоваться ограничителями перенапряжений типа ОПН. Пускатели, комплектуемые ограничителями перенапряжения, пригодны для работы в системах управления с применением микропроцессорной техники.

Структура условного обозначения:

ПМЛ-XXXXXXXXXX,

где ПМЛ – серия;

X – величина пускателя по номинальному току (1 – 10 А; 2 – 25 А; 3 – 40 А; 4 – 63 А);

X – исполнение пускателей по назначению и наличию теплового реле (1 – нереверсивный пускатель без теплового реле; 2 – нереверсивный пускатель с тепловым реле; 5 – реверсивный пускатель без теплового реле с механической блокировкой для степени защиты IP00, IP20 и с электрической и механической блокировками для степени защиты IP40, IP54; 6 – реверсивный пускатель с тепловым реле с электрической и механической блокировками; 7 – пускатель с переключением со звезды на треугольник, степень защиты IP54);

X – исполнение пускателей по степени защиты (ГОСТ 1425480) и наличию кнопок управления и сигнальной лампы (0 – IP00; 1 – IP54 без кнопок; 2 – IP54 с кнопками «Пуск» и «Стоп»; 3 – IP54 с кнопками «Пуск», «Стоп» и сигнальной лампой (изготавливается только на напряжение 127, 220 и 380 В, 50 Гц); 4 – IP40 без кнопок; 5 – IP40 с кнопками «Пуск» и «Стоп»; 6 – IP20);

X – число и вид контактов вспомогательной цепи: 0 – 1з на 10–25 А, 1з + 1р на 40–60 А, переменный ток; 1 – 1р на 10–25 А, переменный ток; 2 – 1з на 10–25 А и 40–63 А, переменный ток; 5 – 1з на 10–25 А, постоянный ток; 6 – 1р на 10–25 А, постоянный ток;

X – сейсмостойкое исполнение пускателей (С);

X – исполнение пускателей с креплением на стандартные рейки Р2-1 и Р2-3 по ОСТ 160.684.42382 (М);

XX – климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150–69 и ГОСТ 15543.1–89.

Пускатели серии ПМЛ открытого исполнения на токи 10, 25, 40 и 63 А допускают установку одной дополнительной контактной приставки ПКЛ (таблица Д.8) или пневмоприставки ПВЛ (таблица Д.9). Номинальный ток контактов ПКЛ 16 А и ПВЛ 10 А. Пневмоприставки имеют замыкающий и размыкающий контакты.

Таблица Д.8 – Характеристика контактных приставок ПКЛ

Тип контактной приставки	Количество контактов		Исполнение пускателей по защищенности и назначению				
	замы- кающих	размы- кающих	Нереверсивные		Реверсивные		
			IP00, IP20, IP54 (без кнопок управления)	IP54 (с кнопками управления)	IP00, IP20, IP54 (без кнопок управления)	IP54 (с кнопками управления)	Y/Δ
ПКЛ-1104	1	1	+	+	+	+*	+
ПКЛ-2004	2	0	+	+	+	+*	+
ПКЛ-2204	2	2	+	–	+	–	–
ПКЛ-4004	4	0	+	–	+	–	–
ПКЛ-0404	0	4	+	–	+	–	–

Примечание – Знаком «\*» обозначается, что для пускателей на токи 10 и 25 А приставки должны быть установлены.

Таблица Д.9 – Характеристика пневмоприставок ПВЛ

Тип контактной приставки	Диапазон выдержки времени, с	Род выдержки времени	Возможность установки пневмоприставки ПВЛ для пускателей на 10, 25, 40 и 63 А					
			IP00, IP20	IP54				Y/Δ
				Нереверсивные		Реверсивные		
				Без кнопок управления	С кнопками управления	Без кнопок управления	С кнопками управления	
ПВЛ-1104	0,1–30	При	+	–	–	+*	+*	+*
ПВЛ-1204	10–180	включе- нии	+	–	–	+*	+*	+*
ПВЛ-1304	0,1–15		+	–	–	+*	+*	+*
ПВЛ-1404	10–100		+	–	–	+*	+*	+*
ПВЛ-2104	0,1–30		При	+	–	–	+*	+*
ПВЛ-2204	10–180	отклю- чении	+	–	–	+*	+*	+*
ПВЛ-2304	0,1–15		+	–	–	+*	+*	+*
ПВЛ-2404	10–100		+	–	–	+*	+*	+*

Примечание – Знаком «\*» обозначается, что контактные приставки предназначены только для пускателей на токи 40 и 63 А.

### Промежуточные реле

Промежуточные реле применяют для коммутации цепей управления и маломощных двигателей.

*Характеристика реле серии РПЛ.* Структура условного обозначения:

РПЛ-ХХ 04,

где РПЛ – серия;

Х – количество замыкающих контактов (2, 3, 4);

Х – количество размыкающих контактов (0, 1, 2, 4);

04 – климатическое исполнение и категория размещения.

### Кнопки управления

Выключатели кнопочные предназначены для коммутации электрических цепей управления. Выключатели применяются в подвижных и неподвижных стационарных установках.

Структура условного обозначения:

КЕ ХХХ ХХХХ,

где КЕ – обозначение серии;

ХХ – исполнение по виду управляющего элемента и наличию специальных устройств: от 0,1 до 21;

Х – количество контактных элементов: 1 – 1 или 2; 2 – 3 или 4;

ХХХ – климатическое исполнение по ГОСТ 15150–69: У, ХЛ, Т для выключателей Каменец-Подольского электромеханического завода; У, В для выключателей завода пускорегулирующей аппаратуры «Реостат»;

Х – категория размещения по ГОСТ 15543.1–89: 2 – для выключателей со степенью защиты IP54; 3 – для выключателей со степенью защиты IP40.

**Приложение Е**  
(рекомендуемое)

**Зависимость коэффициента  $m$  от коэффициента мощности**

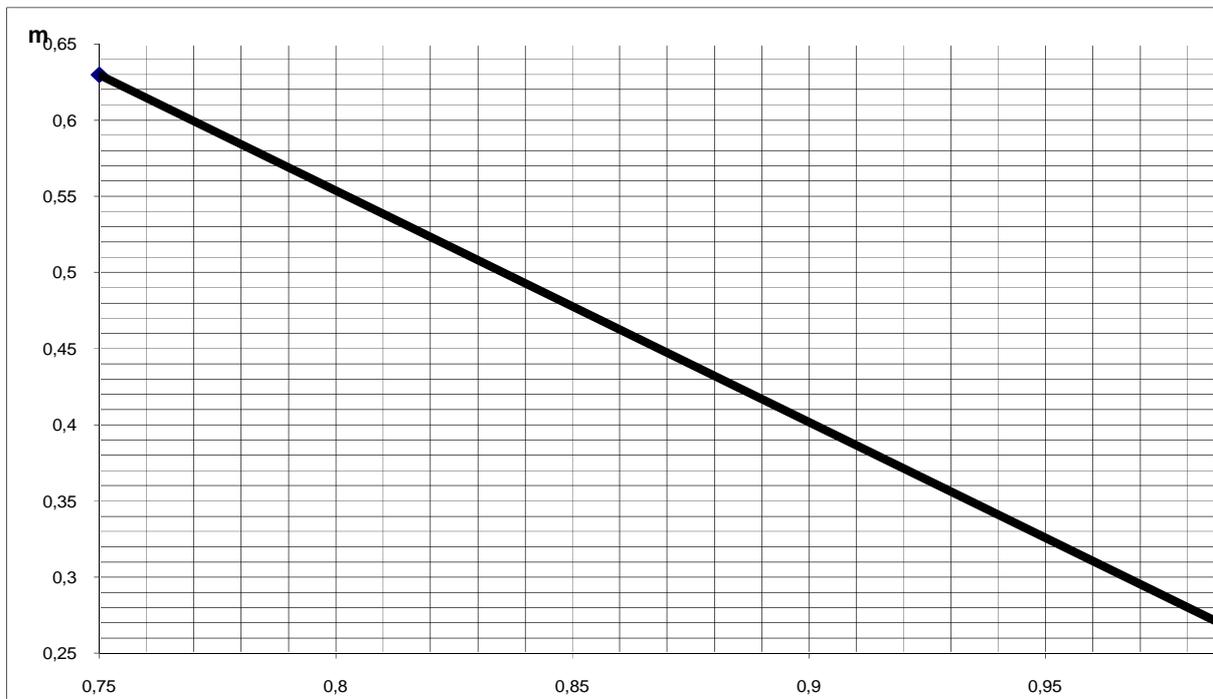


Рисунок Е.1 – Зависимость коэффициента  $m$  от коэффициента мощности

## Приложение Ж (рекомендуемое)

### Требования к оформлению документации на щиты автоматики

Документация, разрабатываемая на щиты и пульты, должна содержать специфические особенности проектируемой системы автоматизации. Состав, содержание и порядок оформления документации, разрабатываемой в проекте для изготовления щитов, определяются РМ4–107–82 «Щиты и пульты систем автоматизации технологических процессов. Требования к выполнению технической документации, предъявляемой заводу-изготовителю».

Чертеж общего вида единичного щита должен в общем случае содержать:

- перечень составных частей;
- вид спереди (фронтальная плоскость), фрагменты вида (при необходимости);
- вид на внутренние плоскости, фрагменты вида (при необходимости);
- технические требования;
- таблицу надписей на табло и в рамках.

Допускается выполнять другие изображения: виды, разрезы и т. д.

На чертежах общих видов единичные щиты изображают в масштабе 1:10. Масштаб на чертежах в этом случае не указывают. В обоснованных случаях (например, для узлов крепления, вырезов и т. д.) могут применяться другие масштабы по ГОСТ 2.302–68, которые проставляются над изображением узла по ГОСТ 2.316–68.

На чертежах общих видов щиты, приборы, средства автоматизации, аппараты, элементы их крепления и т. п. изображают упрощенно в виде внешних очертаний сплошными основными линиями по ГОСТ 2.303–68.

Шкафам, панелям, панелям с каркасом, корпусам пультов, вспомогательным элементам, поворотным рамам, а также приборам и средствам автоматизации, аппаратам, линиям и символам мнемосхем, вводам электрических и трубных проводок, монтажным изделиям, элементам крепления внутрищитовой аппаратуры, устанавливаемым на фасадах и внутри щитов, присваивают номера позиций в порядке записи их в перечень составных частей. Номера позиций наносят на полках линий-выносок по правилам ГОСТ 2.109–73.

При простановке позиций с целью сокращения числа линий выносок на чертежах, содержащих большое число однотипных аппаратов (сигнальной арматуры, кнопок управления или реле одного типа, отличающихся набором контактов и вводами), их рекомендуется изображать условными знаками по правилам обозначения одинаковых отверстий по ГОСТ 2.307–68.

Рассмотрим требования к *изображению вида спереди*. Изображение вида спереди (см. рисунок 3.55) в общем случае выполняют на листе формата А4 по ГОСТ 2.301–68. На фронтальной плоскости единичного щита показывают приборы и средства автоматизации, элементы мнемосхем, изделия для нанесения надписей о назначении того или иного прибора.

На фронтальной плоскости единичного щита проставляют габариты щита и размеры, координирующие установку всех приборов и средств автоматизации, монтируемых на ней. Размеры по вертикали проставляют от нижнего края фасадной панели щита, столешницы пульта или двери малогабаритного щита, принимаемого за базу. Размеры по горизонтали проставляют от вертикальной оси симметрии фасадной панели щита, столешницы пульта или двери малогабаритного щита.

Всем шкафам, стойкам, корпусам пультов, вспомогательным элементам, рамам, приборам и средствам автоматизации, аппаратуре и монтажным изделиям, устанавливаемым на фасадах и внутри щитов (составным частям щита), присваиваются номера позиций, начиная с цифры 1, в порядке записи их в перечень составных частей. Перечень элементов на чертеже общего вида щита нумеруется совместно с перечнем элементов на чертеже вида на внутренние плоскости. Под полкой линии выноски, на которой проставлен номер позиции, указывают обозначение установочного чертежа. В качестве установочных чертежей должны применяться типовые монтажные чертежи. При отсутствии для какого-либо прибора типового монтажного чертежа в проекте должен быть разработан чертеж установки этого прибора.

На фронтальной плоскости единичного щита показывают также изображение табло и рамок. Каждой рамке присваивают номер, начиная с единицы, и указывают его внутри контура рамки. Присваивают номера, как правило, слева направо, сверху вниз, сначала надписям на табло, а затем – в рамках.

При вводе проводок в щиты шкафные и шкафные малогабаритные сверху на поле чертежа размещают вид на крышку щита, на котором координируют и указывают вводы для электрических и трубных проводок в соответствии со сборником 72 «Вводы в щиты и пульты по ОСТ 36.13–90».

Требования к *изображению вида на внутренние плоскости щита*. Вид на внутренние плоскости (см. рисунок 3.55) щита изображают на листе не более формата А3 по ГОСТ 2.301–68. Над изображением щита помещают заголовок «Вид на внутренние плоскости (развернуто)».

Для щитов и стивов на чертеже вида изображают условно развернутыми в плоскости чертежа боковые стенки, поворотные рамы, крышки, находящиеся в разных плоскостях.

Для пультов вид на внутренние плоскости дается по стрелкам.

На внутренних плоскостях щитов (передних и боковых стенках), поворотных рамах, дверях малогабаритных щитов показывают:

1) установленные на них приборы, электроаппаратуру и пневмоаппаратуру. Расположение электроаппаратуры должно быть, как правило, систематизировано в зависимости от последовательности буквенно-цифровых позиционных обозначений;

2) изделия для монтажа электропроводок: блоки зажимов, рейки с наборными зажимами, колодки маркировочные, упоры и т. п.;

3) изделия для монтажа, трубных проводок; трубопроводная арматура (краны, вентили);

4) элементы для крепления внутрищитовой аппаратуры (рейки, скобы, угольники и тому подобные элементы, которые крепятся непосредственно к стойкам щита), выбираемые по сборникам типовых чертежей. Промежуточные детали для крепления аппаратуры к рейкам и угольникам не изображают.

5) дециметровые шкалы стоек щитов, которые наносятся на стойки условно и служат для координации установленной внутри щитов аппаратуры по вертикали;

б) жгуты электрических и трубных проводок, кроме вертикальных жгутов, прокладываемых в стойках щитов шкафных, панельных с каркасом и стативов.

При размещении внутри щитов аппаратуры необходимо учитывать ее взаимное расположение на различных плоскостях и поворотных конструкциях относительно друг друга и приборов, установленных на фасаде.

При установке внутри щитов изделий, требующих увеличенного изображения (диодов, зажимов наборных ЗН-П, ЗК-2,5, ЗК-7,5, перемычек П, катушек подгоночных, витков питания и т. п.), следует выполнять выносные фрагменты на поле чертежа вида на внутренние плоскости или на последующих листах.

Аппаратуру координируют по горизонтали от краев стоек и между собой.

Для приборов и аппаратуры, а также для труб, устанавливаемых внутри щита, проставляются позиции по перечню составных частей. Допускается не изображать соединители для подключения трубных проводок к приборам и запорной арматуре. Позиции для них проставляются под позициями арматуры.

Для всех приборов, аппаратов, блоков зажимов внутри изображения, над ним или справа от него указывают:

- для приборов – позиции по заказной спецификации;

- для электро- и пневмоаппаратуры – позиционные обозначения по принципиальным электрическим, пневматическим схемам, элементами которых они являются.

К буквенным обозначениям должны добавляться порядковые номера, начиная с единицы в пределах каждой группы изделий, обозначаемых одинаковыми буквами.

Технические требования выполняют согласно ГОСТ 21.105–93 и помещают над основной надписью, как правило, на листе с изображением вида спереди.

Если чертеж общего вида не содержит листа с изображением вида спереди (например, релейный щит или щит зажимов), то технические требования помещают над основной надписью на листе с изображением вида на внутренние плоскости.

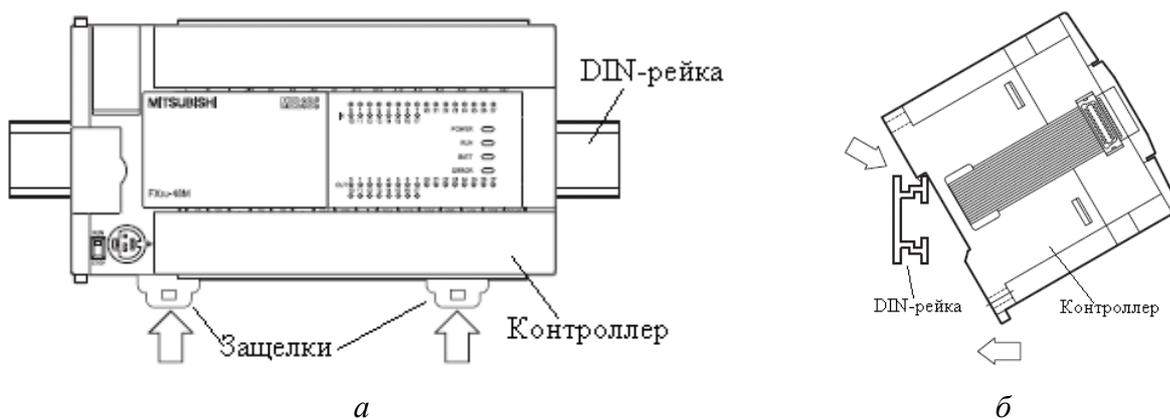
Технические требования в общем случае должны содержать следующий текст:

- «1. \*Размеры для справок;
2. Покрытие – вариант ... ОСТ36.13–90».

При необходимости могут приводиться и другие конкретные требования, например: «Надпись на щите выполнить шрифтом ПО-4С и окрасить в черный цвет».

**Детали для монтажа аппаратов и проводок.** По назначению все детали для монтажа аппаратов и проводок подразделяют на детали, предназначенные для закрепления аппаратов в щитах, станинах и пультах (рейки, скобы, угольники, швеллеры) и детали для выполнения дополнительных функций: подвод проводок, их закрепление и т. п. На все детали для монтажа аппаратов и конструкций выполнены чертежи типовых конструкций (ТК), собранные в специальном сборнике.

Наиболее массовыми деталями для монтажа аппаратов на сегодняшний день являются DIN-рейки (рисунок Ж.1), но также используются угольники У ТК3-286-90 (рисунок Ж.2, поз. 1) и скобы С ТК3-286-90 (рисунок Ж.2, поз. 2).

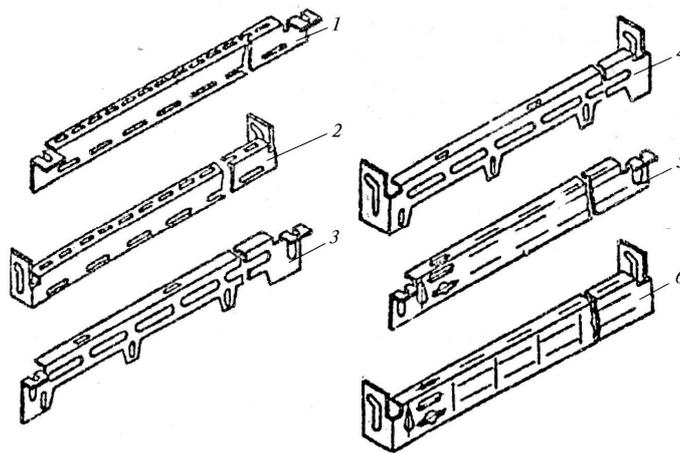


*a* – профиль; *б* – анфас

Рисунок Ж.1 – Монтаж контроллера на DIN-рейке

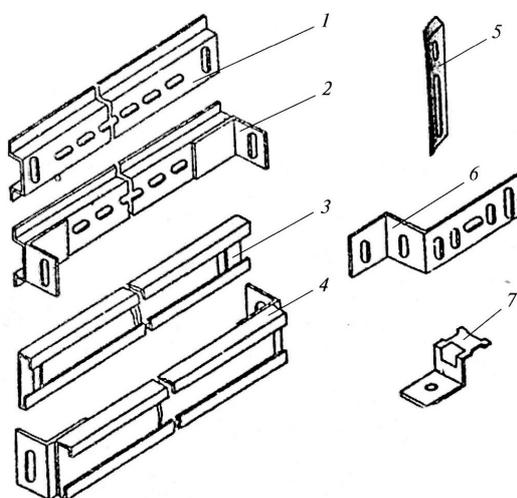
Для установки аппаратов с задним присоединением проводов, с установочными отверстиями снизу и сверху корпуса (в зоне которых расположены контактные выводы) применяют угольники зубчатые УЗ ТК3-128–90 (рисунок Ж.2, поз. 3) и скобы зубчатые СЗ ТК3-125–90 (рисунок Ж.2, поз. 4).

Для установки аппаратов открытого исполнения, установочные отверстия которых находятся в зоне конструктивных выступающих элементов, применяют угольники УФ ТК3-12–90 (рисунок Ж.2, поз. 5) и скобы СФ ТК3-126–90 (рисунок Ж.2, поз. 6).



1 – угольник У; 2 – скоба С; 3 – угольник УЗ; 4 – скоба СЗ; 5 – угольник УФ; 6 – скоба СФ

Рисунок Ж.2 – Детали для монтажа аппаратов и проводов (основные)



1 – рейка Р2 ТКЗ-278–90; 2 – рейка боковая Р2Б ТКЗ-277–90 (для установки аппаратов, имеющих специальные соединительные устройства); 3 – рейка РЗ-1 ТКЗ-265–90; 4 – рейка боковая РЗ ТКЗ-264–90 (для установки наборных зажимов); 5 – кронштейн ТКЗ-105–90 (служит для установки в одном ряду аппаратов с разным межцентровым расстоянием); 6 – кронштейн К114 ТКЗ-106–90 (для закрепления таких изделий; как потолочный патрон и т. п.); 7 – кронштейн К51 ТКЗ-108–90 (для крепления электрических и трубных проводов)

Рисунок Ж.3 – Детали для монтажа аппаратов и проводов, служащие для решения локальных задач

Требования к **таблице надписей**. Таблицу надписей (см. рисунок 3.55), наносимых на изделиях для надписей (табло, рамках, упорах), выполняют на отдельных листах формата А4 по формам 1 и 1а руководящего материала РМ4-107–82. Форма 1а таблицы надписей применяется для последующих листов таблицы. Она отличается от формы 1 только тем, что не имеет надписи назначения (например, «Надписи на табло и в рамках»). Вместо этой надписи над обеими частями таблицы указывается «Продолжение».

Каждой надписи на чертеже присваивают номер, начиная с единицы, указывая его внутри контура изделия для надписей. Надписям присваивают номера слева направо и сверху вниз (сначала надписям на табло, а затем – в рамках).

В таблицу сначала включают надписи на табло в порядке возрастания номеров, а затем надписи в рамках, упорах и т. п.

При заполнении таблицы надписей в графе «Текст надписи» в виде заголовка указывают наименование и тип изделия для нанесения надписи и подчеркивают. Затем в этой же графе против соответствующих номеров надписей записывают относящийся к ней текст. Надписям, имеющим одинаковый текст, присваивают одинаковые номера. При этом в графе «Кол.» указывают общее количество одинаковых надписей. Текст надписей должен быть кратким. При его составлении следует учитывать размеры свободных полей табло и рамок и размеры применяемых шрифтов.

Требования к *перечню составных частей щита*. Перечень составных частей щита выполняют на отдельных листах формата А4 в таблицах по формам 2 (первый лист) и 2а (последующие листы) руководящего материала РМ4-107–82. Все составные части щита вносят в перечень по разделам. Наименование разделов, порядок записи в них составных частей и заполнение граф перечня выполняют по ГОСТ 2.701.

Перечень единичного щита (см. рисунок 3.54), как правило, содержит разделы: «Документация», «Детали», «Стандартные изделия», «Прочие изделия», «Материалы».

В раздел «Документация» включают таблицы соединений и подключения.

В раздел «Детали» включают нетиповые детали для установки приборов и аппаратуры внутри щитов (угольники, скобы, рейки), символы мнемосхем.

В раздел «Стандартные изделия» вносят щитовые конструкции, другие стандартные изделия (угольники, скобы, рейки). В раздел не включают стандартные приборы и аппараты. Наименование щитовых конструкций принимают по РМ3-82–90, а других стандартных изделий – по СТКЗ-19–90 «Установка аппаратов внутри щитов по ОСТ 36.13–90».

В раздел «Прочие изделия» включают все приборы, аппараты (в том числе стандартные) и монтажные изделия группами в последовательности:

1. Приборы и средства автоматизации в порядке их расположения на чертеже слева направо, сверху вниз, сначала по виду спереди, затем по виду с внутренней стороны.

2. Электроаппаратура по функциональным признакам:

– пусковая и защитная аппаратура (кнопки, переключатели, выключатели, пускатели, рубильники, предохранители, щитки электропитания);

– сигнальная аппаратура (арматура сигнальных ламп, табло, звонки, сирены);

– преобразователи и источники электропитания (трансформаторы, стабилизаторы, выпрямители, прерыватели);

– реле;

– резисторы, конденсаторы диоды.

3. Трубопроводная арматура (вентили, краны, блоки вентилей запорных).

4. Монтажные изделия:

– для электромонтажа (блоки зажимов, зажимы наборные, колодки маркировочные, упоры, перемычки);

– для монтажа трубных проводок (соединители переходные, переборочные, тройниковые и т. п.);

– для нанесения надписей.

В раздел «Материалы» включают электрические провода, указанные в таблице соединений, и трубы.

В перечень составных частей не вносят элементы для оконцевания и маркировки проводок (оконцеватели, манжетки, бирки маркировочные и т. п.) и вспомогательные материалы (полоски, пряжки, припой, клей и т. п.). Они выбираются заводом-изготовителем при выполнении монтажа проводок согласно инструкциям на монтаж электрических и трубных проводок.

При заполнении графы «Наименование» соблюдают правила:

1. Для изделий технические условия не указывают.

2. Для приборов и средств автоматизации, кроме поставляемых заводом-изготовителем комплектно со щитами, наименования записывают упрощенно, без указаний технической характеристики (градуировок, пределов измерений и т. п.). Обязательно указывают тип и модификацию прибора.

3. Для приборов и аппаратуры, поставляемых заводом-изготовителем комплектно со щитами, в графе приводят все исчерпывающие характеристики, необходимые заводу для их выбора. Например, для манометров типа МТ указывают пределы показаний, для реле промежуточных – каталожные номера или номера паспортов, напряжение; для реле времени – напряжение питания, диапазоны выдержек времени и др., для кнопок – цвета надписи на толкателях и т. д.

В графе «Обозначение» для приборов, электроаппаратов и трубопроводной арматуры проставляют присвоенные позиционные обозначения.

В графе «Примечание» указывается:

1. Обозначение условного номера по СТКЗ-19–90 «Установка аппаратов внутри щитов по ОСТ 36.13–90» и установочного чертежа для всех приборов, электроаппаратуры и трубопроводной арматуры, устанавливаемых внутри щитов.

2. Цвет окраски символов технологического оборудования мнемосхем.

Нумерация позиций составных частей щита должна быть сквозной в пределах всего перечня.

На первом листе перечня составных частей щита (являющегося первым листом чертежа общего вида) в графе 4 основной надписи записывают наименование чертежа, которое выполняют по следующим правилам: в наименование чертежа включают условный номер единичного щита, присвоенный по чертежу общего вида (например, «Щит1») и наименование документа «Общий вид».

## Приложение И (рекомендуемое)

### Исходные данные для компоновки аппаратов в щитах автоматики

#### Рекомендуемые расстояния на фасадах щитов и пультов по РТМ 25-91–90.

Рекомендуемые расстояния до приборов от края щита и между приборами, устанавливаемыми на фасадах щитов, определены как минимальные расстояния из расчета обеспечения площади, необходимой для разводки и подключения внешних электрических, пневматических и гидравлических линий, возможности доступа к крепежным узлам и деталям и обеспечения достаточной прочности и жесткости фасадных панелей.

Под термином «край щита» понимаются линии, ограничивающие переднюю плоскость каркаса щита справа и слева.

В таблице И.1 находят приборы, между которыми рассчитываются расстояния, и определяют номера групп.

В таблице И.2 по горизонтали и вертикали расположены номера групп приборов, при этом по вертикали расположены номера групп, от которых следует производить отсчет, по горизонтали номера групп приборов, до которых следует производить отсчет, а с четырех сторон указаны рекомендуемые размеры до приборов, расположенных соответственно справа, слева, сверху, снизу.

Определение размера между фланцами соседних приборов производится во всех случаях от прибора с меньшим номером группы до прибора с большим номером.

Определение расстояния между осями приборов производится следующим образом:

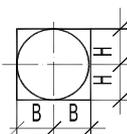
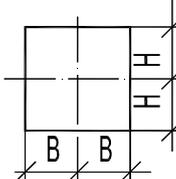
– между вертикальными осями – к размеру, указанному в таблице И.2, соответственно справа и слева следует прибавить сумму размеров «В» сочетаемых приборов из графы 5 таблицы И.1;

– между горизонтальными осями – к размеру, указанному в таблице И.2, соответственно сверху или снизу следует прибавить сумму размеров «Н» сочетаемых приборов из графы 6 таблицы И.1.

Рекомендуемые минимальные размеры от края щита до оси крайнего прибора приведены в графе 4 таблицы И.1.

При расположении круглых приборов в шахматном порядке расстояние между горизонтальными осями следует принимать 0,8 расстояния между вертикальными осями, определенного по таблице И.1 и И.2.

Таблица И.1 – Рекомендуемые размеры монтажной зоны некоторых приборов, устанавливаемых на фасадах щитов

Наименование прибора	Тип	Группа	Размеры от края щита до оси прибора, мм	Размер прибора по фланцу, мм		Размеры монтажной зоны, мм				Обозначение монтажного чертежа
										
				В	Н	В1	В2	Н1	Н2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Приборы вторичные</b>										
Милли- вольт- метры	Ш 4500	14	180	100	50	110	110	50	50	ТМ4-614-81
	Ш 4501									
	Ш 69003	2	140	60	60	70	70	70	70	ТМ4-615-81
	КСУ1	7	180	80	100	110	110	100	100	ТМ4-618-81
	КСУ2	8	230	120	160	140	140	160	160	ТМ4-619-81
	КСУ4		300	200	200	210	210	200	200	ТМ4-620-81
Потенцио- метры	КСП1	7	180	80	100	110	110	100	100	ТМ4-618-81
	КСП2		220	120	160	140	1450	160	160	ТМ4-619-81
	КП140	17	150	70	70	100	80	100	100	ТМ4-622-81
	КСП-4	8	300	200	200	200	230	200	200	ТМ4-620-81
<b>Приборы регулирующие, блоки и элементы функциональных приборов регулирующих, регуляторы, работающие без постороннего источника энергии</b>										
Регуляторы разности температур	РРТ (во встраиваемом кожухе)	6	140	60	80	60	60	110	80	ТМ4-903-80
	РТТ (без встраиваемого кожуха)	6	140	45	75	60	60	75	75	
Регуляторы темпера- туры	РТ-2А, РТ-2Б (во встро- енном кожухе)	6	140	60	80	60	60	110	80	
	РРТ (во встраиваемом кожухе)	6	140	60	80	60	60	110	80	

## Окончание таблицы И.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Аппараты электрические на напряжение до 1000 В										
Переключатели типа «Тумблер»	ТВ1-1	3	60	10	10	25	25	25	25	TM4-1212-75
	ТВ1-2		60	8	8	20	20	20	20	
	ТВ1-4									
	ТВ2-1		60	8	8	15	15	15	15	TM4-1213-75
	ТВ2-1-2									
ТП1-2										TM4-1214-73
Выключатели (переключатели) пакетные	ПВ2-10	13	90	25	25	50	50	50	50	TM4-1223-75
	ПВ3-10									
	ПП2-10									
	ПП3-10		100	45	45	65	65	65	65	TM4-1224-73
	ПВ2-25									
ПВ3-25										
ПП2-25										
ПП3-25										
Кнопки	КЕ-011	4	80	20	21	35	35	25	25	TM4-1148-73
	КЕ-012					40	40			TM4-1149-73
Кнопочные посты	ПКЕ112-1	14	100	37	37	55	55	40	40	TM4-1159-75
	ПКЕ112-2			30	30			70	70	TM4-1160-75
Переключатель шестипа- кетный малогаба- ритный	ПМО	15	120	35	36	75	75	75	75	TM4-1206-73
Универ- сальный переключа- тель	УП5300 (с числом секций до 10)	15	120	34	35	70	70	70	70	TM4-1215-73
	УП5300 (с числом секций 10,17,16)	16								
Арматура сигнальная										
Арматура сигнальная	АС-220	3	80	19	19	25	25	25	25	TM4-1117-73
	АС-53		70	19	34	20	20	20	55	TM4-1131-75
	АЕ		70	19	19	19	19	19	19	TM4-1133-75
	АМЕ		60	14	14	14	14	14	14	TM4-1132-76
	АС	3								
Табло световое	ТСБ/2	1	100	55	23	55	55	23	23	TM4-1124-73
	ТСМ	1	80	28	23	28	28	23	23	TM4-1123-73

Таблица И.2 – Рекомендуемые расстояния между приборами и средствами автоматизации на фасадах щитов

		Группы приборов, до которых ведется расчет										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Группы приборов, от которых ведется расчет	1											
	2	–										
	3	–	–									
	4	–	–	–								
	5	–	–	–	–							
	6	–	–	–	–	–						
	7	–	–	–	–	–	–					
	8	–	–	–	–	–	–	–				
	9	–	–	–	–	–	–	–	–	–		
	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	

		Группы приборов, до которых ведется расчет									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Группы приборов, от которых ведется расчет	1	$40 \frac{40}{100} 40$	$40 \frac{130}{40} 40$	$40 \frac{300}{40} 40$	$30 \frac{30}{30} 30$	$60 \frac{60}{60} 60$	$70 \frac{130}{30} 30$	$40 \frac{130}{40} 40$	$40 \frac{80}{40} 40$	$100 \frac{100}{100} 100$	$100 \frac{100}{40} 100$
	2	$40 \frac{40}{100} 40$	$40 \frac{130}{40} 40$	$40 \frac{300}{40} 40$	$40 \frac{40}{40} 40$	$60 \frac{60}{60} 60$	$70 \frac{130}{40} 40$	$50 \frac{130}{50} 50$	$50 \frac{80}{50} 50$	$100 \frac{100}{100} 100$	$100 \frac{100}{50} 100$
	3	$40 \frac{40}{100} 40$	$40 \frac{130}{40} 40$	$40 \frac{300}{40} 40$	$40 \frac{40}{40} 40$	$50 \frac{50}{50} 50$	$70 \frac{130}{40} 40$	$50 \frac{130}{50} 50$	$50 \frac{80}{50} 50$	$100 \frac{100}{100} 100$	$120 \frac{100}{50} 120$
	4	$40 \frac{40}{100} 40$	$40 \frac{130}{40} 40$	$40 \frac{300}{40} 40$	$40 \frac{40}{40} 40$	$60 \frac{60}{60} 60$	$70 \frac{130}{40} 40$	$50 \frac{130}{50} 50$	$50 \frac{80}{50} 50$	$100 \frac{100}{100} 100$	$120 \frac{100}{50} 120$
	5	$50 \frac{40}{100} 50$	$50 \frac{130}{40} 50$	$50 \frac{300}{40} 50$	$40 \frac{40}{40} 40$	$60 \frac{60}{60} 60$	$70 \frac{130}{40} 40$	$50 \frac{130}{40} 50$	$50 \frac{80}{40} 50$	$100 \frac{100}{100} 100$	$120 \frac{100}{50} 120$
	6	$60 \frac{60}{100} 60$	$50 \frac{130}{50} 50$	$60 \frac{300}{60} 60$	$40 \frac{40}{40} 40$	$60 \frac{60}{60} 60$	$70 \frac{130}{50} 50$	$60 \frac{130}{50} 60$	$60 \frac{100}{60} 60$	$100 \frac{100}{100} 100$	$120 \frac{100}{50} 120$
	7	$60 \frac{60}{100} 60$	$60 \frac{130}{60} 60$	$60 \frac{300}{60} 60$	$60 \frac{40}{40} 60$	$70 \frac{70}{70} 70$	$70 \frac{130}{40} 40$	$60 \frac{130}{60} 60$	$40 \frac{80}{50} 60$	$100 \frac{100}{100} 100$	$120 \frac{150}{70} 120$
	8	$60 \frac{60}{100} 60$	$60 \frac{130}{60} 60$	$60 \frac{300}{60} 60$	$60 \frac{40}{40} 60$	$70 \frac{70}{70} 70$	$60 \frac{130}{60} 60$	$60 \frac{130}{60} 60$	$40 \frac{80}{50} 70$	$100 \frac{100}{100} 100$	$120 \frac{150}{70} 120$
	9	$60 \frac{60}{120} 60$	$40 \frac{130}{40} 40$	$40 \frac{300}{40} 40$	$40 \frac{50}{50} 40$	$60 \frac{60}{80} 60$	$70 \frac{130}{60} 40$	$60 \frac{130}{60} 60$	$50 \frac{100}{50} 50$	$100 \frac{100}{100} 100$	$120 \frac{150}{60} 120$
	10	$60 \frac{60}{200} 60$	$40 \frac{130}{100} 40$	$40 \frac{300}{100} 40$	$40 \frac{40}{100} 40$	$60 \frac{60}{150} 60$	$70 \frac{130}{100} 40$	$60 \frac{130}{60} 60$	$50 \frac{80}{100} 70$	$100 \frac{100}{230} 100$	$120 \frac{150}{100} 120$

Окончание таблицы И.2

		Группы приборов, до которых ведется расчет									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Группы приборов, от которых ведется расчет	11	$50 \frac{100}{100} 50$	$50 \frac{230}{50} 50$	$50 \frac{450}{50} 50$	$50 \frac{100}{50} 50$	$50 \frac{50}{80} 50$	$70 \frac{230}{50} 50$	$60 \frac{250}{60} 60$	$60 \frac{100}{60} 60$	$200 \frac{160}{100} 100$	$100 \frac{250}{50} 100$
	12	-	$40 \frac{130}{130} 40$	$40 \frac{300}{130} 40$	$40 \frac{40}{130} 40$	$60 \frac{60}{160} 60$	$70 \frac{130}{130} 40$	$50 \frac{150}{150} 50$	$60 \frac{80}{130} 60$	$100 \frac{100}{230} 100$	$120 \frac{150}{130} 120$
	13	-	-	$40 \frac{300}{300} 40$	$40 \frac{40}{300} 40$	$60 \frac{60}{300} 60$	$40 \frac{130}{300} 100$	$60 \frac{150}{300} 60$	$60 \frac{80}{300} 60$	$100 \frac{100}{380} 100$	$120 \frac{150}{300} 120$
	14	-	-	-	$40 \frac{0}{0} 40$	$60 \frac{60}{60} 60$	$70 \frac{130}{40} 40$	$50 \frac{150}{50} 50$	$60 \frac{100}{60} 60$	$100 \frac{100}{100} 100$	$120 \frac{150}{60} 120$
	15	-	-	-	-	$60 \frac{60}{60} 60$	$120 \frac{130}{50} 50$	$60 \frac{160}{60} 60$	$60 \frac{100}{60} 60$	$140 \frac{140}{140} 140$	$150 \frac{150}{60} 150$
	16	-	-	-	-	-	$60 \frac{130}{130} 60$	$50 \frac{160}{130} 50$	$50 \frac{100}{130} 80$	$100 \frac{100}{200} 160$	$180 \frac{150}{130} 180$
	17	-	-	-	-	-	-	$60 \frac{100}{160} 60$	$60 \frac{100}{150} 60$	$100 \frac{100}{220} 100$	$120 \frac{150}{150} 120$
	18	-	-	-	-	-	-	-	$70 \frac{70}{70} 70$	$100 \frac{100}{160} 100$	$120 \frac{150}{80} 120$
	19	-	-	-	-	-	-	-	-	$130 \frac{130}{130} 130$	$180 \frac{230}{100} 180$
	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	$240 \frac{160}{130} 240$

Если рассчитанный размер между осями приборов не достаточен для размещения надписей или прокладки пакетов (жгутов) проводов или труб, его нужно увеличить до требуемого.

Следует иметь в виду, что рамки для надписи или шильдики рекомендуется устанавливать на расстоянии 15–20 мм от фланца прибора. Для крупногабаритных приборов это расстояние может быть увеличено.

При расчете места для пакетов жгутов проводов или труб диаметр провода по изоляции принимается равным 3,4 мм, а диаметр труб – по фактическим их размерам.

В технически обоснованных случаях допускается сокращение размеров между приборами, приведенными в таблице И.2. Такими случаями могут быть сочетание крупногабаритных приборов с малогабаритными, что увеличивает жесткость панели и т. д.

*Монтажные зоны аппаратов, устанавливаемых в щитах и в станинах  
по ОСТ 36.13–90*

На рисунке И.3 показаны варианты установки электроаппаратуры. Монтажная зона аппарата, способ установки, количество однотипных аппаратов, устанавливаемых в одном ряду, даны в таблице И.3 и определяются ТМЗ-13-90.

На рисунке И.4 показаны варианты установки блоков зажимов. Монтажная зона аппарата, способ установки, количество однотипных аппаратов, устанавливаемых в одном ряду, даны в таблице И.4 и определяются ТМЗ-165-90.

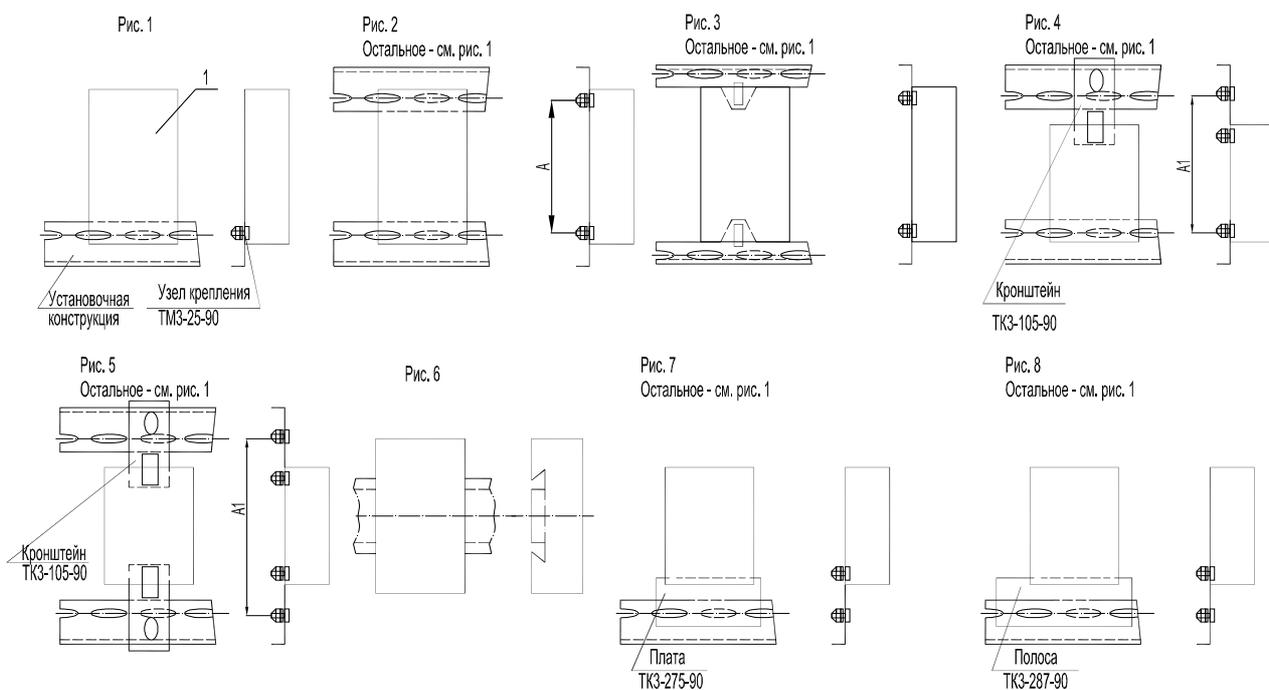


Рисунок И.3 – Варианты установки электроаппаратуры

Таблица И.3 – Монтажные зоны аппаратов, устанавливаемых в щитах

Условное наименование		Рисунок	Аппарат (поз. 1)		Установочная конструкция		Монтажная зона аппарата, мм				Габаритные и установочные размеры аппарата, мм				Максимальное количество однотипных аппаратов в ряду											
											ЩШМ		ЩП, ЩПК, С, СП				Рама поворотная РП для щита									
							L	B	h		h <sub>1</sub>		L <sub>1</sub>	H	B <sub>1</sub>	A			A <sub>1</sub>		400	600	600	800	1000	600
min	max	min	max	min	max																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
1	2,4	Реле	БРЭ-1	ТКЗ-285-90	160	74	140	200	155	134	257	74	230	244	287			-	-	-	-	-	2	4	2	4
2				ТКЗ-286-90														1	2	3	4	5	-	-	-	-
3	1	РТТ-11	РТТ-111	ТКЗ-285-90	85	75	60	60	67	56	75	-	-	-			-	-	-	-	-	4	5	4	5	
4				ТКЗ-286-90													3	5	6	8	10	-	-	-	-	

Продолжение таблицы И.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
5	1	Ре- ле	РТТ-21 РТТ-211	ТКЗ- 285-90	120	76	65		65		91	64	75	-	-	-	-	-	-	-	-	4	5	4	5
6				ТКЗ- 286-90													2	4	5	6	8	-	-	-	-
27	2,4		РВМ12 РВМ13 переднее присоед. проводов	ТКЗ-285- 90	185	168	95	155	95	135	157	158	141	155	195	-	-	-	-	-	2	3	2	3	
28				ТКЗ-286- 90												1	2	3	4	5	-	-	-	-	
29	3		РВМ12 РВМ13 заднее присоед. проводов	ТКЗ- 125-90	170	240	115		230	118	147	168	98	-	-	-	-	-	-	-	2	3	-	-	
30						168			90							2	2/3								
31						240			230							1	2	3	4	5	-	-	-	-	
37	6	Ре- ле	ВС-33-1	ТКЗ- 177-90	50	125	65	65	65	45	70	125	-	-	-	-	-	-	-	-	8	12	8	12	
38				ТКЗ- 278-90												5	8	10	14	18	-	-	-	-	
39	2,4			ТКЗ- 285-90	60	125	65	125	65	45	70	125	60	74	114	-	-	-	-	-	7	10	7	10	
40				ТКЗ- 286-90												4	7	8	11	14	-	-	-	-	
49	6		ВЛ-54 ВЛ-55	ТКЗ- 277-90	60	65	65	65	55	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	10	6	10		
50				ТКЗ- 278-90										4	7	8	11	14	-	-	-	-			
51	2,4			ТКЗ- 285-90	75	125	65	65	55	75	50	64	104	-	-	-	-	-	-	6	8	6	8		

Продолжение таблицы И.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26								
141	1	Реле	РПУ-3М-67	ТКЗ-285-90	150	184	70		70	97	112	184	-	-	-	-	-	-	-	-	3	4	3	4									
142				ТКЗ-286-90			2	3								3	5	6	-	-	-	-											
143			РПУ-3М-131	ТКЗ-285-90			80		80		130					-	-	-	-	-	3	4	3	4									
144				ТКЗ-286-90			2	3	3							5	6	-	-	-	-												
145	2,4		РП321, РП322, РП342 переднее присоед. проводов, РП321, РП141 заднее присоед. проводов	ТКЗ-125-90	165	151	95	155	95	116	157	151	141	155	195	-	-	-	-	-	2	4	2	4									
146				ТКЗ-128-90												1	3	3	4	5	-	-	-	-									
147	3			ТКЗ-125-90	250	290		98	147	195	-					-	-	-	-	2	3	-	-										
148					151	95					-					-	-	-	-	-	2	3											
149				ТКЗ-128-90	170	250	110				290					195	1	2	3	4	5	-	-	-	-								
							-										-	-	-	-	-	-	-										
192	6	Реле		РП-21 с розеткой типа 3	ТКЗ-277-90	50	75	60		50	37					73	-	-	-	-	-	-	-	-	9	12	9	12					
193					ТКЗ-278-90			6	10											11	15	19	-	-	-	-							
194					2,4	ТКЗ-285-90	50	80	70	115	70									48	80	50	67	104	-	-	-	-	-	7	10	7	10
195						ТКЗ-286-90																			4	7	8	11	14	-	-	-	-
208	2,4	Реле	РПЛ с контакт- ной приставкой	ТКЗ-285-90	80	104	50	110	50	44	67	107	50	64	94	-	-	-	-	-	5	8	-	-									
209				ТКЗ-286-90												3	5	7	9	11	-	-	-	-									
210				2,4	Модуль сигналь- но- блокиро- вочный искробе- зопасный	МСБ11-2	ТКЗ-285-90	60	140	70	130	70	40	70	111	62,1	76	116	-	-	-	-	-	7	10	7	10						
211	ТКЗ-286-90	4	7				8												12	15	-	-	-	-									

Продолжение таблицы И.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			
221	2,4	Пускатель	ПМЕ-01М ПМЕ-04М ПМЕ-07М	TK3-285-90	85	140	65	115	65	65	75	122	65	79	119	-	-	-	-	-	5	7	5	7				
222				TK3-286-90												3	5	6	8	11	-	-	-	-				
223			ПМЕ-012М ПМЕ-042М ПМЕ-012М	TK3-285-90	110		90	150	75	83	117		50	64	104	-	-	-	-	-	4	5	4	5				
224				TK3-286-90												2	4	4	6	7	-	-	-	-				
225			ПМЕ-073М	TK3-285-90	170	140	85	145	85	150	110	122	100	114	154	-	-	-	-	-	2	3	2	3				
226				TK3-286-90												1	2	3	4	5	-	-	-	-				
227			ПМЕ-074М	TK3-285-90	175		95	155	95	155	137		122	100		114	154	-	-	-	-	-	2	3	2	3		
228				TK3-286-90														1	2	3	4	5	-	-	-	-		
229			ПМЕ-111	TK3-285-90	110	101	65	125	65	87	72	86		58	72	112		-	-	-	-	-	4	6	4	6		
230				TK3-286-90														2	4	5	6	8	-	-	-	-		
231			ПМЕ-112	TK3-285-90	125	108	105	155	105	102	154	93	58	72		102	-	-	-	-	-	3	5	3	5			
232				TK3-286-90													2	3	4	5	7	-	-	-	-			
233			ПМЕ-113	TK3-285-90	120	125	115	165	115	97	180	108	164		178	218	-	-	-	-	-	3	5	3	5			
234				TK3-286-90													2	3	4	6	7	-	-	-	-			

Продолжение таблицы И.3

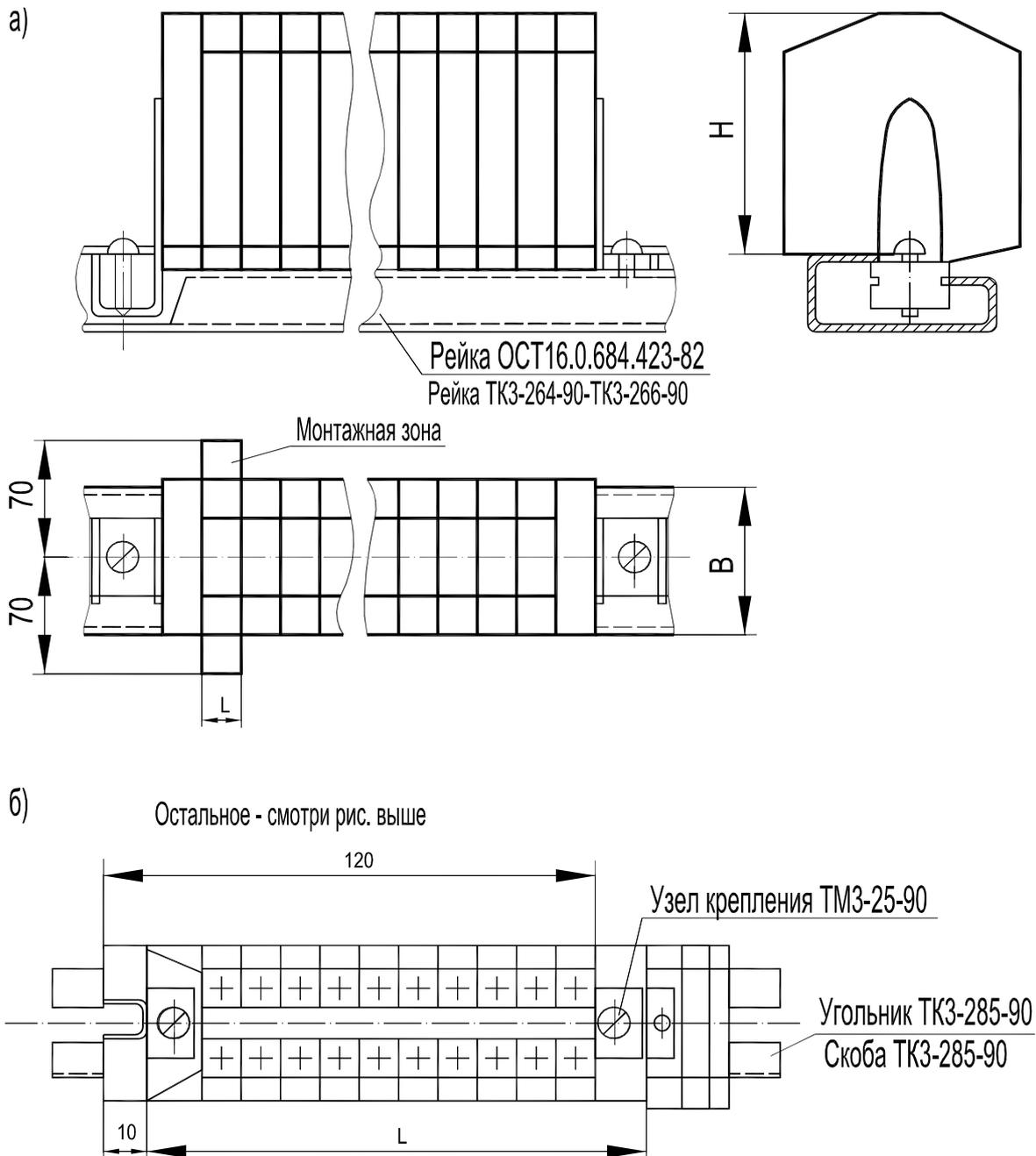
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
235			ПМЕ-114	ТКЗ-285-90													-	-	-	-	-	3	5	3	5
236					ТКЗ-286-90			145	205	145			232		158	172	212	2	3	4	6	7	-	-	-
253			ПМЛ-1100 ПМЛ-1101	ТКЗ-285-90													-	-	-	-	-	7	10	7	10
254					ТКЗ-286-90	65	74	70	130	70	44	67	74	50	64	104	104	4	7	8	11	14	-	-	-
255			ПМЛ-2100 ПМЛ-2101	ТКЗ-285-90													-	-	-	-	-	5	8	5	8
256					ТКЗ-286-90	80	90	70	130	75	56	77	89	50	64	104	104	3	5	6	9	11	-	-	-
257			ПМЛ-3100 ПМЛ-4100	ТКЗ-285-90													-	-	-	-	-	5	7	5	7
258					ТКЗ-286-90	90	110	95	155	95	75	126	107	100	114	154	154	3	5	6	8	10	-	-	-
259			ПЛМ-1501	ТКЗ-285-90													-	-	-	-	-	3	5	3	5
260		2,4			ТКЗ-286-90	125	104	70	130	70	103	73	104		50	64	104	2	3	4	5	7	-	-	-
261			ПЛМ-2501	ТКЗ-285-90													-	-	-	-	-	3	4	3	4
262					ТКЗ-286-90	155	115	80	140	80	128,5	88	115					1	3	3	4	6	-	-	-
263			ПЛМ-3500 ПЛМ-4500	ТКЗ-285-90													-	-	-	-	-	2	3	2	3
264					ТКЗ-286-90	190	137	95	155	95	165	126	137	100	114	154	154	1	2	3	4	5	-	-	-

## Окончание таблицы И.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
265		Пускатель	ПЛМ-3102	ТК3-285-90	110	118	75	135	75	88	102	118	75	89	129	-	-	-	-	-	4	5	4	5	
266				ТК3-286-90												-	2	4	5	6	8	-	-	-	-
267			ПЛМ-32020	ТК3-285-90	115	65	125	65	90	75	82	95	136	-	-	-	-	-	4	5	4	5			
268				ТК3-286-90										-	2	4	5	6	8	-	-	-	-		
277		Выключатель автоматический	ВА16	ТК3-277-90	18	75	65	65	74	75	82	95	136	-	-	-	-	-	24	33	24	35			
278				ТК3-278-90										14	25	30	40	52	-	-	-	-			
279	2,4		ТК3-285-90	-	-	-	-	-	25	32	23	34													
280			ТК3-295-90	13	23	28	38	48																	
281			ВА 51-31-1	ТК3-285-90	25	92,5	80	140	80	25	186	92,5	117	131	171	-	-	-	-	-	17	25	17	25	
282				ТК3-286-90												9	17	20	28	36	-	-	-	-	

Таблица И.4 – Монтажные зоны блоков зажимов

Типы зажимов, блоков зажимов	Крышка торцевая	Перегородка для зажима	Скоба прижимная	Минимальное количество зажимов, блоков в горизонтальном (вертикальном) ряду																	
				Габаритные размеры зажима, блока, мм					ЩШМ					ЩЩ, ЩПК, С, СП							
									Боковая стенка		Задняя стенка	Передняя стенка, стационарная рама		Боковая стенка							
				Количество			Установка														
				1	1	2	вертикальная		горизонтальная										вертикальная		
Условное наименование				L	B	H	600	1000	500	400	600	600	800	1000	600	800	1800	2200			
1. Зажимы наборные ЗН23-4П25-Д/Д У3 ЗН23-4П25-Д/Д Т3 Исполнение 1 ТУ16-526.492-81	–	ПА9У ПА9Т	ПУ ПТ	6,8	36	32,5	35	104	50	35	68	74	104	134	62	90	169	208			
2. Зажимы наборные ЗН24-4П16-В/В У3 ЗН24-4П16-В/В Т3 Тип 1 ТУ16-526.462-79	КТ4У КТ4Т	–	СП1У СП1Т	10,5	34	24	22	65	32	22	42	48	66	86	40	60	108	134			
3. Блоки зажимов БЗ24-4П16-В/В У3-10, БЗ24-4П16-В/В Т3-10 Тип 1 ТУ16-526.462-79	КТ5У КТ5Т	–	–	118	34	33	2	5	2	2	4	4	6	8	3	5	10	12			



*a* – установка на рейку; *б* – установка на угольник

Рисунок И.4 – Варианты установки блоков зажимов

## Список сокращений

- АУУ – автоматическое устройство управления
- КП – курсовой проект
- НП – нормирующий преобразователь
- ПП – первичный измерительный преобразователь
- ПТЛ – поточная технологическая линия
- РКС – релейно-контактная схема
- РПЗ – расчетно-пояснительная записка
- САУ – система автоматического управления
- ТП – технологический процесс
- ТСА – технические средства автоматизации
- ТО – технологическая операция
- ТУ – техническое условие
- УГО – условные графические обозначения

Учебное издание

**Якубовская** Елена Степановна

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.  
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Учебное пособие

Ответственный за выпуск *Н. М. Матвейчук*

Корректор *Д. О. Михеева*

Компьютерная верстка *Д. О. Михеевой*

Дизайн обложки *А. А. Покало*

Подписано в печать 29.12.2023. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.

Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 35,80. Уч.-изд. л. 14,00. Тираж 99 экз. Заказ 289.

Издатель и полиграфическое исполнение:

учреждение образования

«Белорусский государственный аграрный технический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,

распространителя печатных изданий

№ 1/359 от 09.06.2014.

№ 2/151 от 11.06.2014.

Пр-т Независимости, 99–1, 220012, Минск.