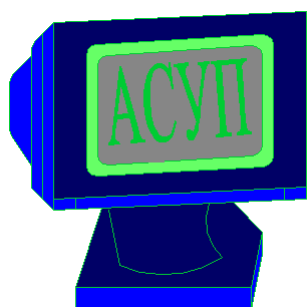


**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ ТЕХ-  
НИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Кафедра автоматизированных систем  
управления производством**



**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*практикум*

Рекомендовано учебно-методическим объединением высших учебных заведений Республики Беларусь по образованию в области сельского хозяйства в качестве практикума для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям

1-74 06 05 – Энергетическое обеспечение сельского хозяйства  
(по направлениям) и 1-53 01 01 09 – Автоматизация технологических процессов и производств  
(сельское хозяйство)

**Минск  
2008**

УДК 631.171 (075.8)  
ББК 40.7я7  
Я 49

Рекомендовано научно-методическим советом агроэнергетического факультета БГАТУ

Протокол № 2 от 5 ноября 2007 г.

Авторы — ст. преподаватель *Е.С. Якубовская*;  
ст. преподаватель *Е.С. Волкова*

Рецензенты: гл. специалист УП «Институт БЕЛГИПРОАГРОПИЩЕПРОМ» *С.С. Войтович*;  
канд. техн. наук, доц. каф. автоматизации производственных процессов  
и электротехники УО БГТУ *О.Г. Барашко*;  
канд. техн. наук, зав. каф. электрооборудования сельскохозяйственных предприятий УО БГАТУ  
*В.А. Дайнеко*

**Якубовская, Е.С.**

**Я49** Автоматизация технологических процессов : практикум / Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск : БГАТУ, 2008. — 320 с.

ISBN 978-985-519-006-7

Практикум освещает вопросы методики и технологии проектирования систем автоматизации технологических процессов. Приведенные задания и примеры позволяют в полной мере освоить технологию инженерного проектирования систем автоматизации технологических процессов на практических занятиях и являются полным справочником для использования при курсовом и дипломном проектировании.

УДК 631.171 (075.8)

ББК 40.7я7

ISBN 978-985-519-006-7

© БГАТУ, 2008

## Введение

Инженерная деятельность, возникнув в связи с необходимостью внедрения, совершенствования и обслуживания техники, до сегодняшнего дня носит инновационный характер. Инженер ответственен прежде всего за совершенствование техники, внедрение новейших технологий в производство. Любая же инновационная техническая разработка, чтобы быть воплощенной на практике, должна быть реализована в проекте. По мнению методологов, проектирование — это выражение идей технического творчества на техническом языке. Поэтому умение проектировать характеризует успешность становления инженера как новатора в сфере техники и технологии.

Современное инженерное проектирование, имеющее сложный, многоаспектный, итерационный характер деятельности, обладает научно-обоснованной технологией, овладение которой обеспечивает основу профессиональной компетентности инженера. Тематически данный практикум охватывает основные технологические операции разработки проекта автоматизации технологических процессов с учетом особенностей проектирования в данной сфере. К основным технологическим операциям относятся такие, как предпроектные исследования и формулирование технического задания (тема 2), выделение концептуального решения (тема 1 и 2), обоснование и выбор приемлемого варианта решения, и синтез системы автоматического управления (САУ) поточной технологической линией (тема 3, 4), реализация системы управления на современной аппаратной базе (тема 5 и 6), оформление технического решения (тема 7 и 8).

Наиболее полное освоение технологии проектирования систем автоматизации позволяет более качественно выполнить курсовое проектирование в рамках дисциплины и более осознанно действовать в ходе дипломного проектирования. Успехов в освоении данно-

го материала и творческого применения технологии проектирования  
в дальнейшей работе!

Репозиторий БГАТУ

## Тема 1 Изучение ГОСТ 21.408–93.

### Разработка схем автоматизации технологического процесса

**Мотивационная характеристика.** Изложение технического решения всегда производится через проектную документацию, которая должна быть полной и отвечать нормативным требованиям. Поэтому каждый инженер, решающий вопросы автоматизации технологических процессов, прежде всего, должен представлять состав проекта автоматизации, основные нормативные требования к документам проекта. Основным документом проекта автоматизации является схема автоматизации, с которой начинают работу над проектом и после детальной проработки технического решения ее уточняют.

**Цель:** получить представление о документации проекта автоматизации технологических процессов и общих требованиях к ним, о содержании и принципах разработки схем автоматизации, изучить назначение, основные требования к оформлению схем автоматизации и отдельных ее элементов, приобрести умения разработки схем автоматизации не сложных технологических процессов.

### Задания

1. Заполните карточку предварительной подготовки к занятию.
2. Перечислите ошибки в оформлении схемы автоматизации по предложенному фрагменту в соответствии с вариантом (приложение 1).
3. Согласно заданию преподавателя, выполните схему автоматизации в соответствии с вариантом (приложение 1). При составлении схемы по варианту следует ответить на следующие вопросы:
  - а) как осуществляется технологический процесс;
  - б) какое оборудование составляет технологическую линию, как оно должно изображаться на схеме автоматизации: что изображается

- упрощенно, что должно изображаться по размерам и в соответствии с условными обозначениями по действующим нормативам;
- в) имеются ли трубопроводы, какие среды по ним движутся, как они должны обозначаться;
- г) каков состав технических средств, позволяющий реализовать возможный вариант управления, где они должны размещаться, как они должны быть обозначены на схеме автоматизации?

### Контрольные вопросы для самоподготовки

1. Каков состав документации проекта автоматизации в соответствии с ГОСТ 21.408–93?
2. Какие документы составляют основной комплект рабочих чертежей систем автоматизации?
3. Что должно отображаться на схеме автоматизации?
4. Каковы требования к изображению технологического оборудования на схеме автоматизации? Технические средств автоматизации? Линий связи?

### Карточка подготовки к занятию

| Разработка схем автоматизации технологического процесса |   |
|---|---|
| 1. Дополните предложения                                | Схема автоматизации – это _____   |
|   | Схема автоматизации является основанием для разработки _____                          |
|   | На схеме автоматизации в общем случае содержатся:<br>1. _____<br>2. _____<br>3. _____ |
|   | Контур контроля, регулирования или управления – это _____                             |

2. Обведите варианты правильных ответов:

|   |   |
|---|---|
| <p>Технологическое оборудование на схеме автоматизации:</p>   | <p>a. должно изображаться детально согласно чертежу установки оборудования;<br/> b. должно изображаться условно в виде прямоугольников с их нумерацией и дальнейшей расшифровкой нумерации;<br/> c. должно изображаться условно в виде прямоугольников с указанием наименования;<br/> d. должно изображаться упрощенно, без указания отдельных технологических аппаратов;<br/> e. изображение должно давать ясное представление о принципах работы оборудования</p> |
| <p>Технологическое оборудование изображают:</p>   | <p>a. сплошной тонкой линией (0,2–0,5 мм);<br/> b. сплошной основной линией (0,5–1,5 мм)</p>  |
| <p>Линию трубопроводов изображают:</p>  | <p>a. сплошной тонкой линией (0,2–0,5 мм);<br/> b. сплошной основной линией (0,5–1,5 мм);<br/> c. двумя тонкими линиями</p>   |
| <p>Линия связи на чертеже должна быть выполнена:</p>  | <p>a. сплошной тонкой линией (0,2–0,5 мм);<br/> b. сплошной основной линией (0,5–1,5 мм);<br/> c. двумя или тремя тонкими линиями в зависимости от числа подключаемых проводников</p>   |
| <p>Нумерация разрывов линий связи должна быть:</p>  | <p>a. последовательной в порядке выхода из прямоугольника щита;<br/> b. последовательной в порядке выведения их от технологического оборудования;<br/> c. последовательность не имеет значения</p>  |
| <p>Обозначение среды в разрыве линии трубопровода формируют из:</p>                                       | <p>a. буквы и цифры;<br/> b. цифрового обозначения;<br/> c. наименования среды</p>  |
| <p>Изображение прибора в виде окружности (10 мм) с разделительной чертой соответствует его установке:</p> | <p>a. на оборудовании;<br/> b. на щите</p>  |
| <p>Обозначение прибора LCA значит:</p>  | <p>a. регулятор давления, выполняющий функцию сигнализации;<br/> b. регулятор уровня, выполняющий функцию сигнализации</p>  |

|   |   |
|---|---|
| Буква S на первом месте в обозначении прибора означает: | a. что он выполняет функцию переключения;<br>b. что он предназначен для измерения скорости            |
| Буква S на втором месте в обозначении прибора означает: | a. что он выполняет функцию переключения;<br>b. что он предназначен для измерения скорости            |
| Обозначение прибора LCA проставляют:                    | a. в верхней части окружности;<br>b. в нижней части окружности;<br>c. в средней части окружности      |
| Позицию прибора проставляют:                            | a. в верхней части окружности;<br>b. в нижней части окружности;<br>d. в средней части окружности      |
| Обозначение позиции прибора состоит :                   | a. из цифрового обозначения;<br>b. из буквенного обозначения;<br>c. из буквенно-цифрового обозначения |

### 3. Приведите обозначение среды

|                            |  |
|----------------------------|--|
| вода горячая для отопления |  |
| перегретый пар             |  |
| вакуум                     |  |
| зерно                      |  |
| известковая вода           |  |
| мазут                      |  |
| картофель                  |  |
| углекислый газ             |  |
| озонированная вода         |  |

### 4. Приведите изображение на схеме автоматизации

|  |  |
|--|--|
| конечного выключателя, фиксирующего положение кормораздатчика (датчик положения) |  |
| регулятора температуры   |  |
| магнитного пускателя   |  |
| пакетного переключателя  |  |
| звонка сигнализации, установленного по месту                                     |  |
| световой сигнализации  |  |



## Краткие теоретические сведения по теме

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

Согласно ГОСТ 21. 408–93 на схеме автоматизации изображают:

- 1) техническое 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.
- 2) упрощенным, при котором на схеме изображают основные функции контуров контроля и управления (без выделения входящих в них отдельных технических средств автоматизации и указания места расположения).

Примеры выполнения схем разными способами приведены в [1].

При упрощенном способе 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. Для контуров системы автоматизированного регулирования, кроме того, 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.

Остановимся более подробно на развернутом способе выполнения схем.

### **Изображение технологического инженерного оборудования и коммуникаций на схемах автоматизации.**


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.

На технологических трубопроводах показывают регулируемую 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. Необходимые виды, разрезы и сечения технологического оборудования даются по ГОСТ 2.305–68, ГОСТ 2.306–68.

Условное обозначение трубопровода состоит из графического упрощенного изображения (ГОСТ 2.784–70) и обозначения транспортируемой среды согласно приложению 3 ГОСТ 14202 (приложение 2).

Линия, изображающая трубопровод, является сплошной основной линией (толщина 0,5–1,5 мм по ГОСТ 2.303–68). Соединение и пересечение трубопроводов изображают:

 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. Например, наименование технологического оборудования: «кормушки» или в месте обрыва трубопровода «к фильтру», «от насосов». 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. Примеры изображения трубопроводной арматуры приведены на рисунке 1.

Некоторые условные графические изображения технологического оборудования, используемые на схемах автоматизации, также как и ссылки на нормативные документы можно найти [3, с. 38–40].

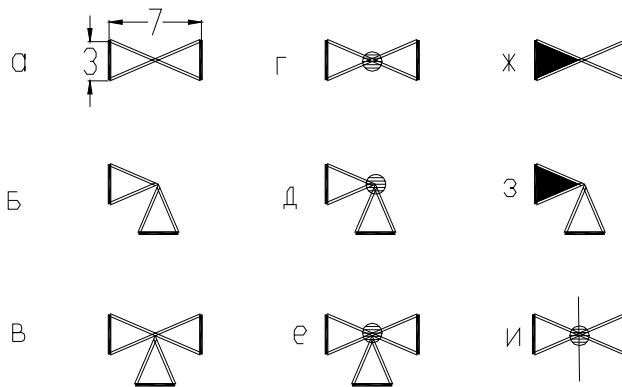


Рисунок 1 — Изображение трубопроводной арматуры:  
*a* — проходной вентиль; *б* — угловой вентиль; *в* — трехходовой вентиль;  
*г* — проходной кран; *д* — угловой кран; *е* — трехходовой кран;  
*ж* — проходной клапан; *з* — угловой клапан; *и* — задвижка

Пример изображения технологического оборудования на схеме автоматизации приведен на рисунке 2.

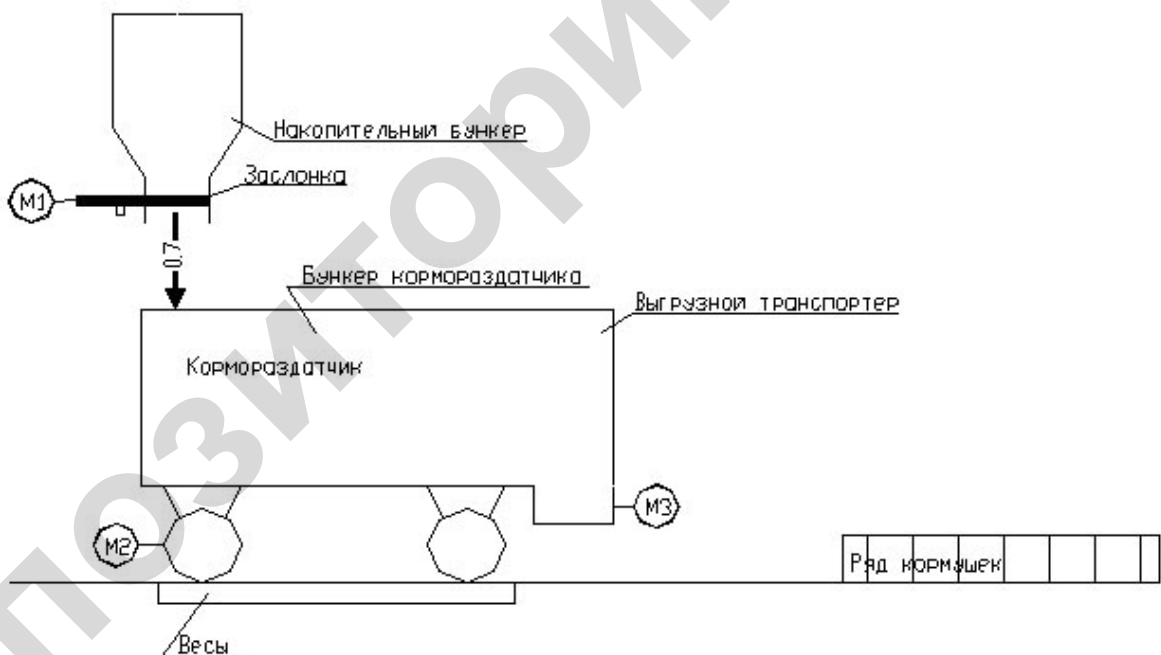


Рисунок 2 — Пример выполнения технологического оборудования на схеме автоматизации

**Изображение приборов и средств автоматизации на схеме автоматизации.** Условные графические и буквенные обозначения приборов и контуров контроля и управления принимают по ГОСТ 21.404–85, выдержки из которого даны в приложении 3.

Согласно стандарту 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, буквенные и цифровые обозначения.

В верхней части графического обозначения наносят буквенные обозначения измеряемой величины и функционального признака прибора, определяющего его назначение.

Основные буквенные обозначения измеряемых величин и функциональных признаков приборов должны соответствовать приведенным в таблице ПЗ.2.

В нижней части графического обозначения наносят цифровое (позиционное) обозначение прибора или комплекта средств автоматизации.

Порядок расположения букв в буквенном обозначении принимают следующим:

- основное обозначение измеряемой величины;
- дополнительное обозначение измеряемой величины (при необходимости);
- обозначение функционального признака прибора.

Дополнительные буквенные обозначения, применяемые для указания дополнительных функциональных признаков приборов,

преобразователей сигналов и вычислительных устройств, приведенные в таблице ПЗ.3 и ПЗ.4 приложения 3.

Порядок построения условных обозначений с применением дополнительных букв принимают следующим: основное обозначение измеряемой величины; одна из дополнительных букв: *E*, *T*, *K* или *Y*.

При построении условных обозначений преобразователей сигналов, вычислительных устройств надписи, определяющие вид преобразователей или операции, осуществляемые вычислительным устройством, наносят справа от графического обозначения прибора.

При построении обозначений комплектов средств автоматизации первая буква в обозначении каждого входящего в комплект прибора или устройства (кроме устройств ручного управления) является наименованием измеряемой комплектом величины.

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 *H*.

**Порядок расположения буквенных обозначений функциональных признаков прибора принимают с соблюдением последовательности (ГОСТ 21.404–85):**

*I* — функция показания,

*R* — функция регистрации,

*C* — функция регулирования,

*S* — функция контактного устройства для включения, отключения, переключения,

*A* — функция сигнализации.

При построении буквенных обозначений указывают не все функциональные признаки прибора, а лишь те, которые используют в данной схеме.

Для обозначения величин, не предусмотренных данным стандартом, допускается использовать резервные буквы. Применение резервных букв должно быть расшифровано на схеме.

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.

Принцип построения условного обозначения прибора приведен на рисунке 3.

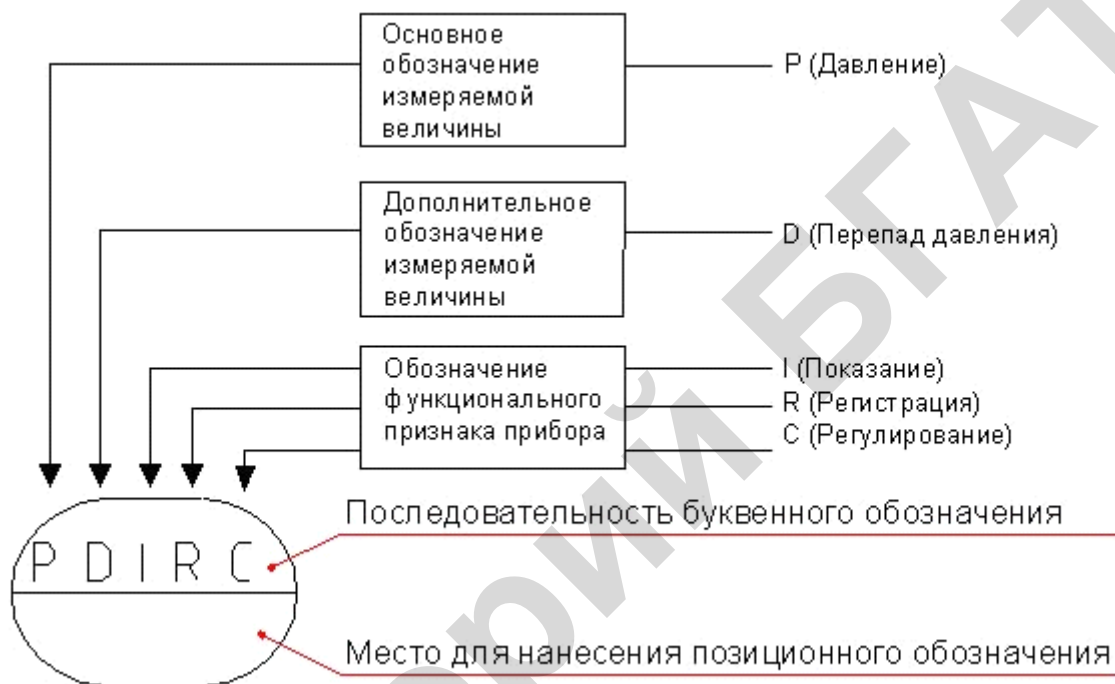


Рисунок 3 — Принцип построения условного обозначения прибора

Буквенно-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», имеющих начертание, похожее на начертание цифр, применять не допускается.

Электроаппараты, входящие в систему автоматизации (звонки, сирены, сигнальные лампы, табло, ЭД и др.), показывают на схеме

условными графическими обозначениями по ГОСТ 2.722, ГОСТ 2.732, ГОСТ 2.741 и присваивают им буквенно-цифровые обозначения по ГОСТ 2.710.

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 внештатные приборы, конструктивно не связанные с технологическим оборудованием, с заголовком «Приборы местные», ниже — прямоугольники, в которых показаны щиты и пульты, а также комплексы технических средств.

Заголовки прямоугольников, предназначенных для изображения щитов и пультов, принимают в соответствии с наименованиями, принятыми в эскизных чертежах общих видов, для комплексов технических средств — в соответствии с их записью в спецификации оборудования.

При необходимости изображения щита на последующих листах одной схемы, прямоугольник щита не замыкается с правой стороны. В этом месте делают соответствующую надпись.

**Требования к изображению линий связи на схемах автоматизации.** 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.

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 араб-



скими 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 по ГОСТ 8.417 или в единицах шкалы выбираемого прибора. Для обозначения разрежения ставят « – » (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.

**Дополнительная информация на схеме.** Таблицу не предусмотренных стандартами условных обозначений, принятых в данной схеме, располагают на первом листе чертежа над основной надписью, по ее ширине сверху вниз. При необходимости эти таблицы можно выполнить на отдельных листах.

Пояснительный текст располагают обычно над основной надписью.

Пример выполнения схемы автоматизации приведен на рисунке 4.

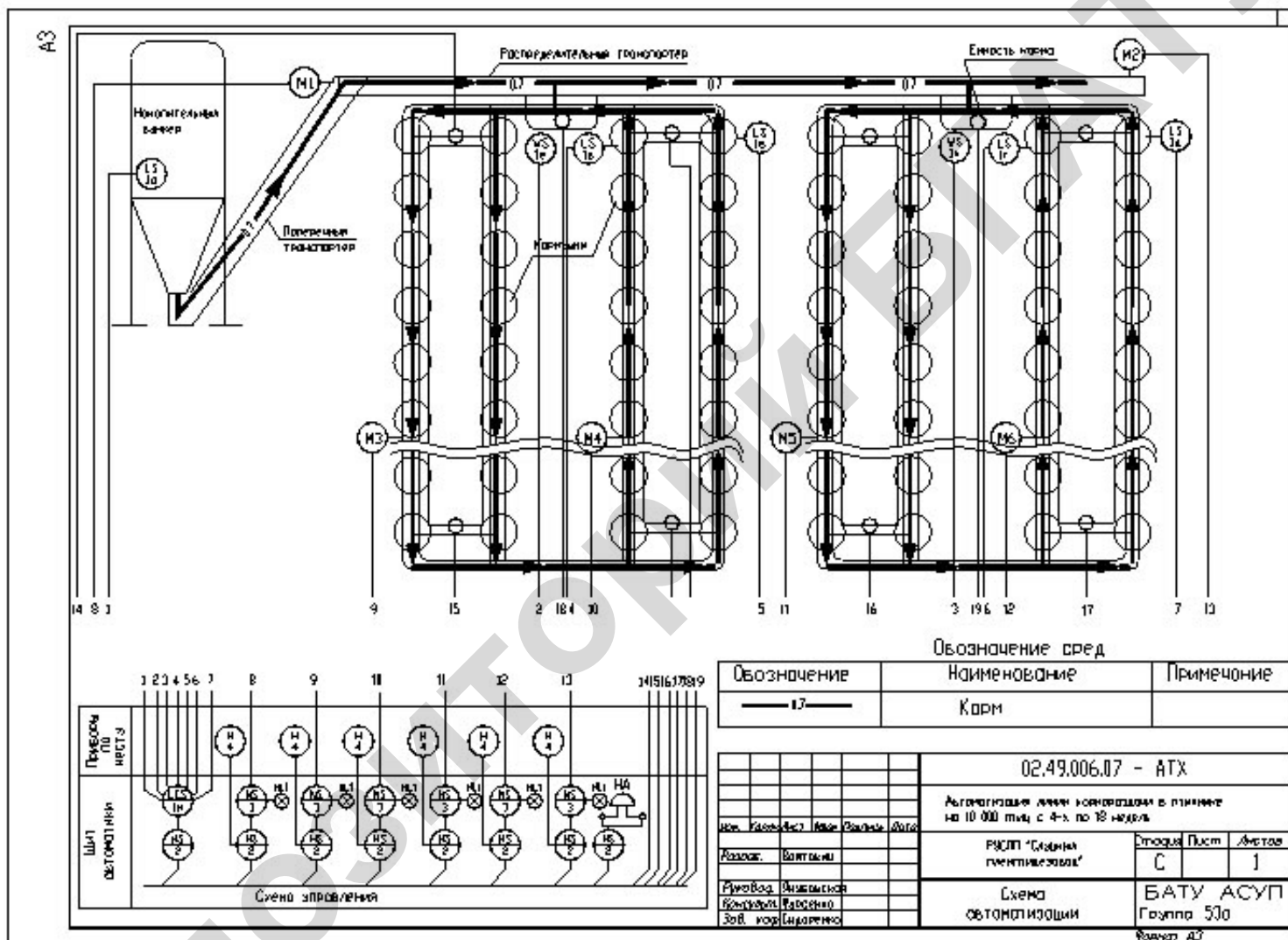


Рисунок 4 — Схема автоматизации линии кормораздачи в птичнике (пример)

## Контрольные вопросы

1. Каковы стадии выполнения проекта автоматизации и какая документация разрабатывается на каждой стадии?
2. Перечислите способы выполнения схем автоматизации. Приведите примеры.
3. Приведите требования к изображению технических средств автоматизации на схеме автоматизации.
4. Приведите требования к изображению линий связи на схеме автоматизации.
5. Приведите принципы формирования обозначения прибора автоматики на схеме автоматизации. Дайте примеры.
6. Каковы принципы разработки схемы автоматизации?

## Литература

1. ГОСТ 21.408–93 СПДС. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов.
2. Фурсенко, С.Н. Разработка проекта автоматизации технологических процессов / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск : БГАТУ, 2003. — 218 с.
3. САПР систем автоматики : метод. указ. Часть 2 / сост. Е.С. Якубовская. — Минск : БГАТУ, 1997. — 53 с.

## Тема 2 Разработка алгоритма управления оборудованием технологической линии

**Мотивационная характеристика.** Разработка варианта управления поточной технологической линии начинается с точного определения алгоритма (алгоритмов) функционирования оборудования. Последний не только должен быть описан словами, но и переведен в символьную форму, которая обеспечивает проверку. Алгоритм является основанием для разработки структуры управления, которая может быть переведена в релейно-контактную схему управления или программу для контроллера.

**Цель:** изучить формы представления алгоритма управления, усвоить основные обозначения символьной записи алгоритма, уяснить принципы разработки алгоритма функционирования поточной технологической линии (ПТЛ) и его проверки на правильность составления и реализуемость, приобрести умения составления алгоритма для не сложных технологических процессов, анализа исходных данных на проектирование систем автоматического управления ПТЛ и опыт выделения концептуального решения проектной задачи.

### Задания

1. Заполнить карточку предварительной подготовки к занятию.
2. Изучить методику разработки требований к схеме управления и применить ее к общему заданию: обосновать вариант автоматического управления и разработать алгоритм управления линией кормораздачи в птичнике на 10 000 кур-несушек родительского стада напольного содержания с 4-й по 18-ю неделю. Последовательность выполнения задания (таблицы для работы с исходными данными в приложении 4):

а) обсуждая в малых группах, проанализировать исходные данные и сформулировать ответы на следующий ряд вопросов:

- способы содержания птицы; приемлемый способ для данных условий, почему данный способ является приемлемым;
- способы кормления птицы; приемлемый способ для данных условий, почему данный способ является приемлемым;
- какова доза корма при заданных условиях, количество и продолжительность кормления в течение суток в заданный период;
- каковы особенности кормления данного вида птицы;
- что должна обеспечивать система кормораздачи, какие процессы (операции) подлежат автоматизации, а какие лучше оставить за операторам;

б) обсуждая в малых группах, выделить возможные варианты автоматизации для анализируемого варианта ПТЛ, достоинства и недостатки применения при данных условиях, определить возможный объем автоматизации и составить схему автоматизации ПТЛ (приложение 4), обсудить варианты устранения недостатков;

в) обсудить в группе наиболее приемлемый при заданных условиях вариант ПТЛ и ее объем автоматизации с учетом устранения недостатков или предложить модификацию ПТЛ;

г) выделить требования к системе автоматического управления линией кормораздачи;

д) задать алгоритм работы оборудования ПТЛ в виде словесного описания и символично.

3. В соответствии с вариантом (приложение 5), заданным преподавателем, составить алгоритм, выполнить проверку и сформулировать основные выводы.

### **Контрольные вопросы для самоподготовки**

1. Дайте определение алгоритма, алгоритма управления, алгоритма функционирования?
2. Что является основанием для разработки структуры управления ПТЛ?
3. На основании чего составляется символическая запись алгоритма управления?
4. Какие вопросы подлежат рассмотрению при обосновании объема автоматизации ПТЛ?

### Карточка подготовки к занятию

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| Разработка алгоритма управления оборудованием технологической линии                        |  |  |  |
| Порядок анализа исходных данных для синтеза САУ ПТЛ задается следующей последовательностью |  | 1. _____<br>2. _____<br>3. _____<br>4. _____<br>5. _____ |  |
| При составлении символической записи алгоритма элементы должны быть обозначены             |  |  |  |
| <b>нормально-разомкнутые контакты:</b>   |  | <b>нормально-замкнутые контакты:</b>                     |  |
| датчиков   |  | датчиков   |  |
| аппаратов ручного воздействия  |  | аппаратов ручного воздействия                            |  |
| реле времени   |  | реле времени   |  |
| промежуточных элементов  |  | промежуточных элементов                                  |  |
| <b>катушки:</b>  |  |  |  |
| магнитного пускателя   |  | реле времени   |  |
| В символической записи алгоритма операции над элементами обозначаются                      |  |  |  |
| элемент меняет свое исходное состояние   |  |  |  |
| элемент возвращается в исходное состояние  |  |  |  |
| одновременное срабатывание нескольких элементов  |  |  |  |
| срабатывание последующего элемента происходит после срабатывания всех параллельных цепочек |  |  |  |
| Дополните:   |  |  |  |
| Под реализуемостью алгоритма понимают  |  |  |  |
| Правило присвоения «вес» элементам в символической записи алгоритма состоит                |  |  |  |

|   |  |
|---|--|
| Правило расчета весового состояния алгоритма следующее  |  |
| Алгоритм составлен верно, если                          |  |
| Алгоритм можно реализовать без промежуточных реле, если |  |

### Краткие теоретические сведения по теме

**Последовательность предпроектных исследований.** Разработку системы автоматизации поточной технологической линии (ПТЛ) начинают с разработки алгоритма управления, в процессе чего определяется объем автоматизации, который показывают на схеме автоматизации. При этом после внимательного рассмотрения технологического процесса решаются следующие вопросы:

- выявление технологических, зоотехнических и др. требований к осуществлению процесса;
- установление технологических параметров, подлежащих автоматическому регулированию и контролю, уточнение пределов их изменений и выбор методов измерения этих параметров с целью выбора технических средств;
- определение оптимального объема автоматизации (получение информации о технологическом процессе, воздействие на технологический процесс для управления им, стабилизация технологических параметров), контроль и регистрация технологических параметров и состояния технологического оборудования);
- определение, каким образом должно происходить управление технологическим оборудованием: автоматически или дистанционно;
- выбор технических средств автоматизации, наиболее полно отвечающих предъявленным требованиям и условиям работы;
- решение вопросов размещения приборов и аппаратов: на щитах, непосредственно агрегатах и т. д.

После решения данных вопросов совместно с технологами, зоотехниками, механизаторами и другими специалистами дается словесное описание алгоритма функционирования технологической линии или вариантов алгоритма с учетом существующего опыта разра-

ботки подобных объектов и научно-технических достижений в данной области.

В ходе разработки 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.

Далее в соответствии с комплексом требований выделяют наиболее эффективный вариант управления, выявляя достоинства и недостатки предложенных вариантов, задают алгоритм символической записью или математической моделью (моделями), разрабатывают структуру управления и реализуют ее на базе современных технических средств автоматики (ТСА). В случае неудовлетворения всех требований существующими модифицируют ТСА либо составляют техническое задание на разработку новых, или возвращаются к пересмотру алгоритма. Структуру управления переводят в полную принципиальную электрическую схему, выбрав устройство управления, дополняя цепями ручного управления, сигнализации, контроля и защиты. Проводят параметрическое моделирование и оптимизацию в проекте. После этого разрабатывают монтажные документы, конструируют щиты автоматики и проводят полное технико-экономическое обоснование варианта управления.

**Пример.** Для примера произведем разработку алгоритма САУ ПТЛ кормораздачи в птичнике на 10 000 кур-несушек родительского стада напольного содержания с 4-й по 18-ю неделю. Комплекс требований к процессу кормления птицы приведен в приложении 4.

Анализируя зоотехнические требования по содержанию птицы, можно выделить требования к процессу кормораздачи:

- обеспечение дозированной кормораздачи, причем норма на одну кормушку изменяется в процессе роста птицы;

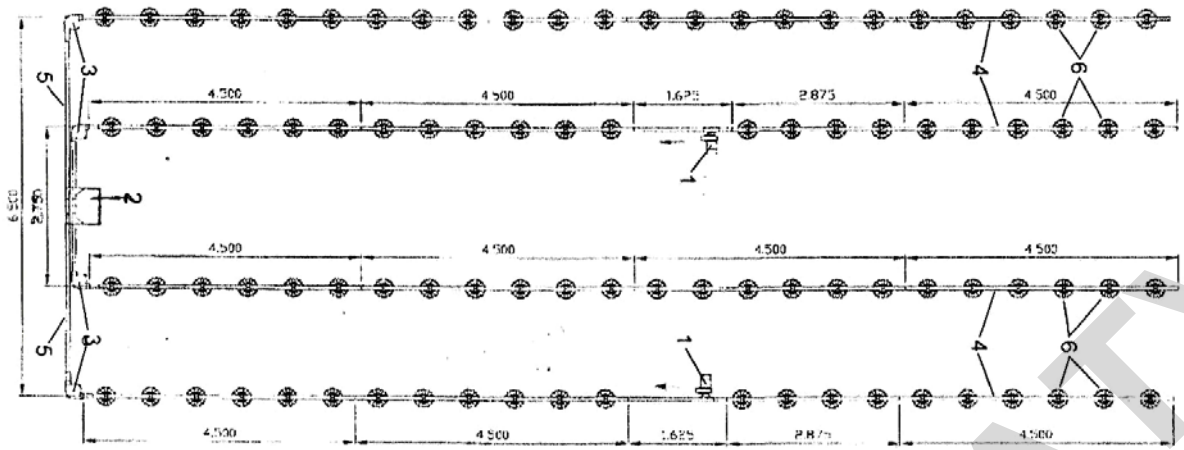


- быстрая раздача с целью избегания стрессов у птицы;
- выдача корма в строго определенное время;
- легкость и синхронность регулировки дозы корма во всех кормушках;
- обеспечение сохранности птицы: отсутствие движущихся частей кормораздатчика.

Эти требования обеспечивают выбор технологического оборудования. Быстроту кормораздачи обеспечивает спиральный круговой кормораздатчик. В состав оборудования для данного кормораздатчика входит (рисунок 5): накопительный бункер, поперечный и распределительный транспортер; бункера дозаторы (на каждую линию кормораздачи); две линии кормораздачи; кормушки. Однако регулировка дозы корма еженедельно здесь не обеспечивается. Это требует модернизации кормораздатчика, для чего можно использовать идею, реализованную в двухконтурном спиральном кормораздатчике (рисунок П4.7).

**Рассмотрим словесное описание** цикла работы линии раздачи корма. Включение линии должно происходить в соответствии с заданным циклом кормления автоматически. Из накопительного бункера через систему транспортеров заполняется бункер дозатор в соответствии с суточной дозой на одну кормораздачу. После этого линия загрузки выключается и включаются приводы кормораздатчиков после установки высоты окна кормушки по высоте спинки птицы (не чаще одного раза в неделю в соответствии с параметрами роста птицы — приложение 4, таблица П4.2). После заполнения последней кормушки кормораздатчик выключается до следующего цикла.

а)



б)

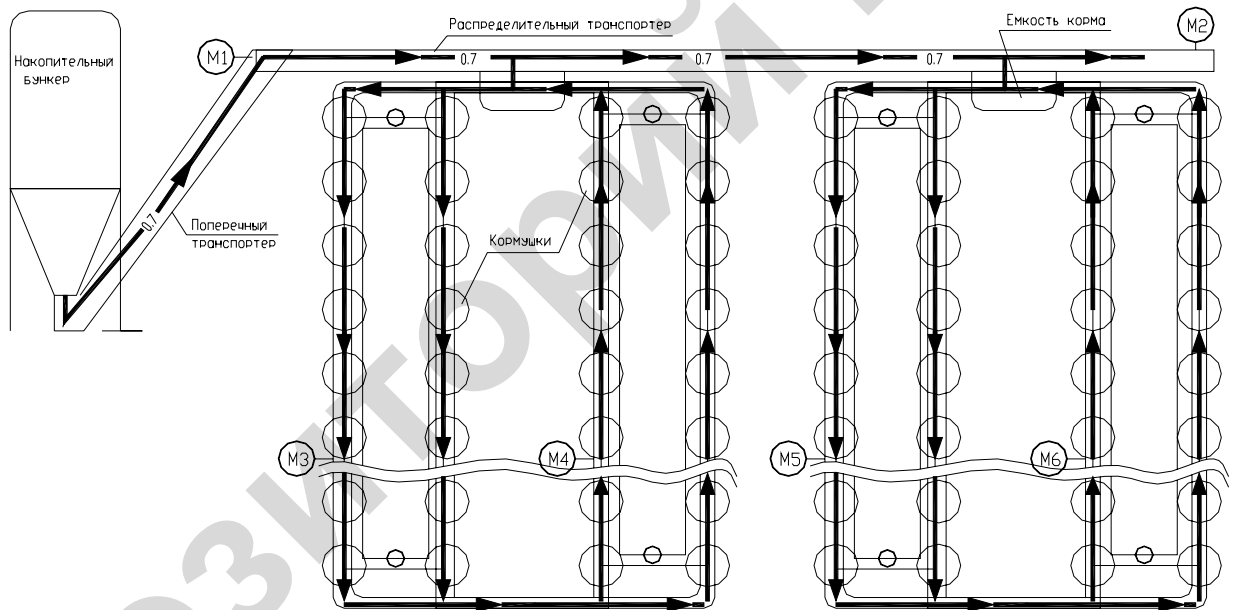


Рисунок 5 — Спиральный круговой кормораздатчик:

*a* — фрагмент вида сверху; *б* — развернутый вид;

*1* — приводы; *2* — бункер-дозатор; *3* — поворотное устройство; *4* — спиральный раздатчик; *5* — распределительный транспортер; *б* — кормушки

Следует заметить, что регулирование дозы корма по индивидуальным кормушкам в данной линии может быть реализовано после переоборудования кормушки: установки исполнительного и дозирующего механизма. Кроме того, регулирование окна кормушки по спинке птицы обеспечивается только вручную, поэтому целесообразно также установить исполнительный механизм, который обеспечит возможность автоматизации данного процесса.

Таким образом, САУ данной ПТЛ должна обеспечить: быструю дозированную кормораздачу (еженедельное автоматическое изменение дозы и высоты окна кормушки) в соответствии с заданным графиком кормления; автоматическое включение линии, блокировку включения линии и аварийную сигнализацию при отсутствии корма в накопительном бункере; работу линии в автоматическом и наладочном режимах.

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, т. е. срабатывания командных аппаратов и исполнительных механизмов должны составлять непрерывную логическую цепочку.

Реализация алгоритма управления обеспечивается устройством управления, которым, как отмечалось ранее, может быть релейно-контактная схема (РКС), контроллер, или устройство на бесконтактных логических элементах. Для данного примера САУ целесообразно реализовать на программируемом логическом контроллере (ПЛК), поскольку еженедельно требуется устанавливать новую дозу и высоту окна кормушки, чего не реализуешь в рамках релейно-контактной схемы из-за неравномерности роста дозы.

Командные приборы и устройства управления являются сложными устройствами. Первые преобразуют неэлектрические и элек-

трические величины в сигналы. Вторые срабатывают под воздействием сигналов и обеспечивают подачу в объект энергии или организационных воздействий с целью перевода материала или продукта из исходного состояния к необходимому конечному состоянию.

В устройстве управления для реализации алгоритма используются исполнительные элементы командных приборов, формирующие информационные сигналы, и элементы устройств управления, воспринимающие эти сигналы.

В релейно-контактных электрических схемах в качестве исполнительных элементов командных аппаратов используются размыкающие и замыкающие контакты, в качестве воспринимающих элементов исполнительных устройств — катушки магнитных пускателей, электромагнитов.

Для **формализации алгоритма ТП** применим следующие буквенные обозначения:

$a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  — исполнительные элементы командных приборов ручного воздействия;

$b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$  — исполнительные элементы командных приборов технологического воздействия;

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  — воспринимающие элементы исполнительных устройств;

$Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n$  — привода реле времени;

$z'_1, z'_2, z'_3, \dots, z'_n$  — исполнительные элементы реле времен (как командного прибора);

$z'_c$  — контакт суточного реле времени.

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

В таблице 1 приведены символы, обозначающие определенные действия, операции, состояния элементов САУ, вспомогательные обозначения, позволяющие связать отдельные элементы в цепочку причинно-следственных связей.

Таблица 1 — Основные обозначения в символической записи алгоритма

| Наименование операции, условия их осуществления   | Место изображения символа                            | Символ       | Пример  |
|---|--|--------------|---|
| Элемент изменяет исходное состояние   | Перед символом элемента                              | ↑            | ↑ $\theta_1$ , ↑ $X_1$  |
| Элемент возвращается в исходное положение   | То же  | ↓            | ↓ $\theta_1$ , ↓ $X_1$  |
| Воздействие командного элемента на воспринимающий элемент   | Между обозначениями элементов                        | —            | ↓ $\theta_1$ —↓ $X_1$   |
| Выполнение технологической операции (цифрой над символом обозначается наименование технологической операции)  | После обозначения включения воспринимающего элемента | 1, 2, ..., n | $\underline{1}$<br>↑ $X_1$ —↑ $\theta_2$<br>1 — открытые заслонки |
| Одновременное срабатывание нескольких элементов   | Между обозначениями элементов                        |              | ↑ $\theta_1$  |
| Срабатывание последующего элемента происходит после срабатывания всех параллельных цепочек  | То же  |              | ↓ $\theta_3$<br>↑ $X_2$<br>↑ $\theta_n$                           |
| <b>Вспомогательные символы</b>  |  |              |   |
| Включаемый механизм совершает вращение  | Над обозначениями элемента                           |              |   |
| <b>Вспомогательные символы</b>  |  |              |   |
| Поступательные движения назад   | То же  | ←            | ←<br>$X_2$  |
| Поступательные движения вперед  | То же  | →            | →<br>$X_1$  |
| <p>Примечания:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Элементы САУ имеют два состояния (контакт замкнут — разомкнут, исполнительный механизм включен — отключен) и символы (↑, ↓), которые обеспечивают обозначение состояния элементов.</li> <li>2. Вспомогательные символы облегчают чтение алгоритма, однако нанесение их необязательно.</li> <li>3. Наименование технологических операций и требования к ним приводятся дополнительно при разработке алгоритма.</li> </ol> |  |              |   |

**Записи алгоритма с помощью символов должны предшествовать обоснование и выбор командных приборов, при этом следует придерживаться основных принципов:**

- 1) количество командных приборов должно быть таково, чтобы можно было составить логическую цепочку причинно-следственных связей работы САУ ТП;
- 2) САУ ТП должна строиться на базе серийно выпускаемых приборов;
- 3) приборы должны наиболее полно отвечать предъявляемым требованиям и условиям работы автоматизируемого объекта;
- 4) установка приборов не должна влиять на ход технологического процесса и обеспечивать бесперебойность работы оборудования в течение минимум одного цикла;
- 5) должна быть проработана кинематика взаимодействия первичного преобразователя командного прибора с объектом.

Используя словесное описание технологического процесса, условные обозначения и рекомендации, **обоснуем выбор командных приборов и произведем запись алгоритма САУ ТП для нашего примера.**

В соответствии с технологией кормораздачи, предварительно должен быть заполнен кормом накопительный бункер. Следовательно, требуется контролировать наличие минимальной дозы (разовая дача на одно кормление) элементом  $b_1$ , представляющим собой, например мембранный датчик уровня. При наличии дозы в накопительном бункере и наступлении времени кормления должно быть обеспечено включение линии заполнения бункеров-дозаторов. В противном случае должна срабатывать аварийная сигнализация отсутствия корма в бункере. Таким образом, для автоматического включения линии требуется либо суточное реле времени (контакт  $z_1$ ) либо использование функции времени в программе ПЛК. Кроме того, необходимо много-суточное реле времени, отвечающее за еженедельное изменение дозы и высоты окна кормушек, и минутное, отвечающее за время (расстояние) подъема заслонки дозирования и окна кормушки.

Заполнение бункера-дозатора должно производиться до заданной дозы. Для этого необходимо наличие датчика веса (по линиям  $b_2$  и  $b_3$ ) и клапана (по линиям  $X_3$  и  $X_4$ ), обеспечивающего отсечку корма.

Для останова спирального кормораздатчика в последних по линиям кормушках необходимо также установить датчики уровня (по линиям  $b_4$  и  $b_5$ ,  $b_6$  и  $b_7$ ). Кроме этого, требуется контролировать крайние положения дозирующих заслонок и окон кормушки (конечные выключатели  $b_8$  и  $b_9$ ,  $b_{10}$  и  $b_{11}$  на одну линию).

Принятые решения по выбору командных аппаратов оформляются в виде таблицы (таблица 2) или для «зримости» процесса в виде рисунка 6. Второй вариант предпочтительнее.

Таблица 2 — Буквенное обозначение командных приборов и исполнительных устройств

| Обозначение элемента | Наименование командного прибора и исполнительного устройства  |
|----------------------|---|
| $b_1$                | Датчик наличия корма в накопительном бункере  |
| $b_2, b_3$           | Датчики веса в бункерах-дозаторах   |
| $b_4-b_7$            | Датчик наличия корма в последних кормушках линии  |
| $b_8-b_{15}$         | Конечные выключатели, фиксирующие крайние положение дозирующей заслонки и окна кормушки (регулируемой по высоте спинки птицы) по линиям кормораздачи  |
| $b_5$                | Конечный выключатель, фиксирующий закрытое состояние ЗБ   |
| $b_6$                | Конечный выключатель управления приводом выгрузного транспортера  |
| $b_7$                | Конечный выключатель фиксирующий К в конце кормушек   |
| $Z_1-Z_5$            | Реле времени соответственно суточное, обеспечивающее включение линии кормораздачи, многосуточные, подающее сигнал на исполнительный механизм изменения дозы, минутные, обеспечивающие интервал изменения дозы |
| $X_1-X_2$            | Привода распределительного и поперечного транспортеров  |
| $X_3-X_4$            | Клапаны отсечки корма в бункерах дозаторах  |
| $X_5-X_8$            | Привода спиральных кормораздатчиков   |
| $X_9-X_{16}$         | Исполнительные механизмы перемещения заслонок и окон кормушек (реверсивные, поэтому обозначены через два исполнительных элемента на каждый механизм)  |

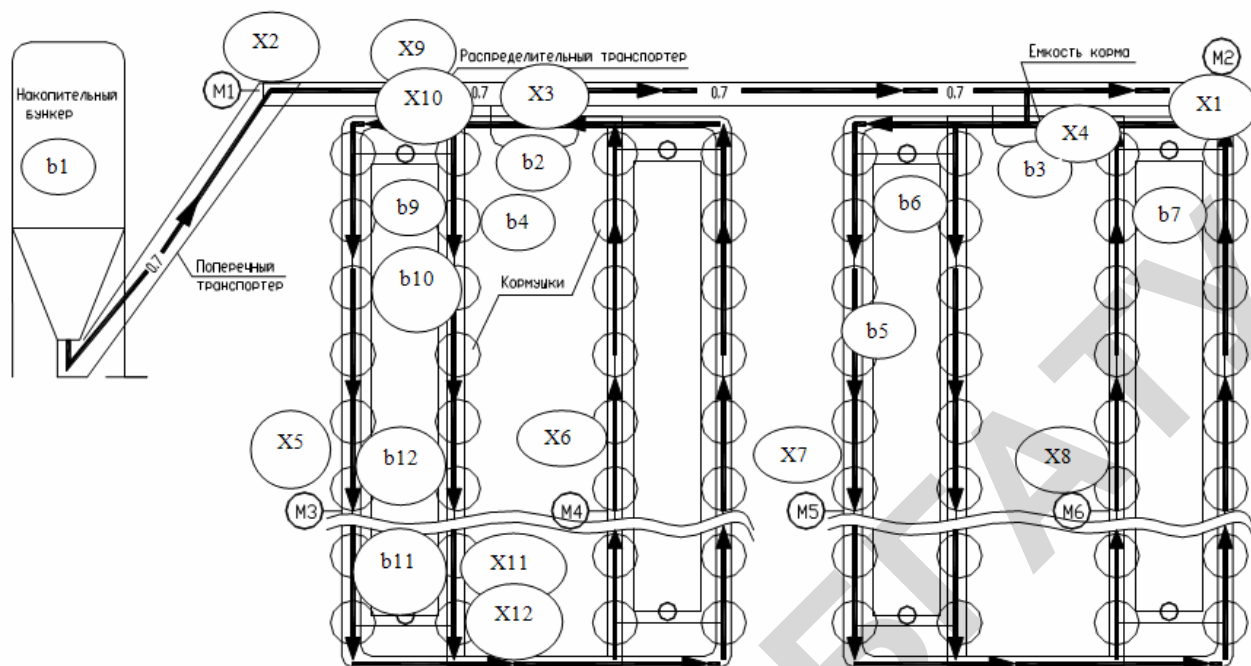


Рисунок 6 — Схема расположения командных приборов и исполнительных устройств на объекте управления

Как отмечалось ранее, при определении количества командных аппаратов следует также установить номенклатуры выпускаемых промышленностью приборов и соответствие их требованиям и условиям работы на автоматизируемом объекте.

Если какой-либо прибор не выпускается промышленностью, следует пересмотреть состав структурной схемы САУ ТП, чтобы обеспечить непрерывность цепочки причинно-следственной связи работы САУ на приборах промышленного производства.

Используя словесное описание технологического процесса и принятые обозначения, составим запись алгоритма для нашего примера для основного оборудования линии:



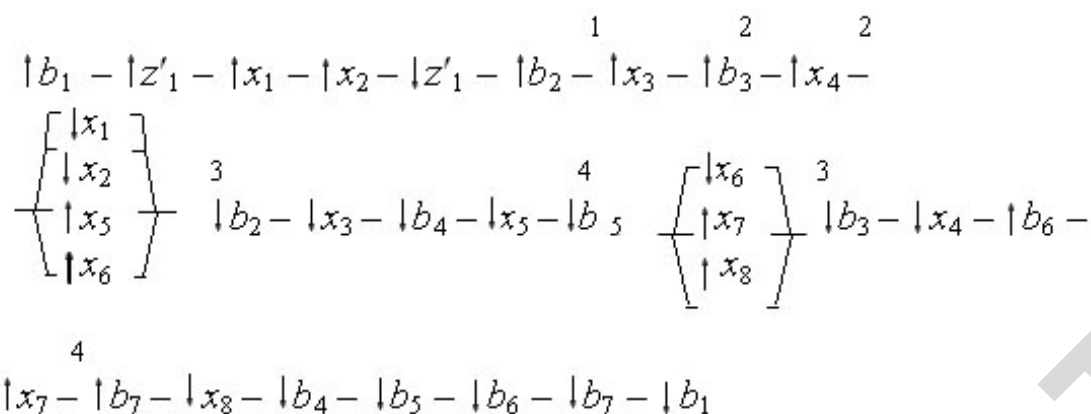


Таблица 3 — Характеристика технологических операций

| Обозначение технол. операции | Наименование технол. операции (ТО)   | Технол. требования к ТО   |
|------------------------------|--------------------------------------|---|
| 1                            | Заполнение кормом бункеров-дозаторов | Отключение привода при отсутствии корма в накопительном бункере |
| 2                            | Отсечка корма при обеспечении нормы  | Обеспечить нормированную раздачу корма                          |
| 3                            | Кормораздача в кормушки линии        | Работа до заполнения последней кормушки                         |
| 4                            | Отключение привода кормораздатчика   | По мере заполнения кормушек линии                               |

Требования к технологическим процессам разрабатываются на начальной стадии проектирования и уточняются в процессе выбора средств автоматизации и разработки принципиальных схем.

Отдельные вопросы защиты оборудования следует решать при разработке алгоритма управления режима работы поточной технологической линии (рисунок 7).

Пуск поточной технологической линии следует производить с конца, против направления перемещения материала:

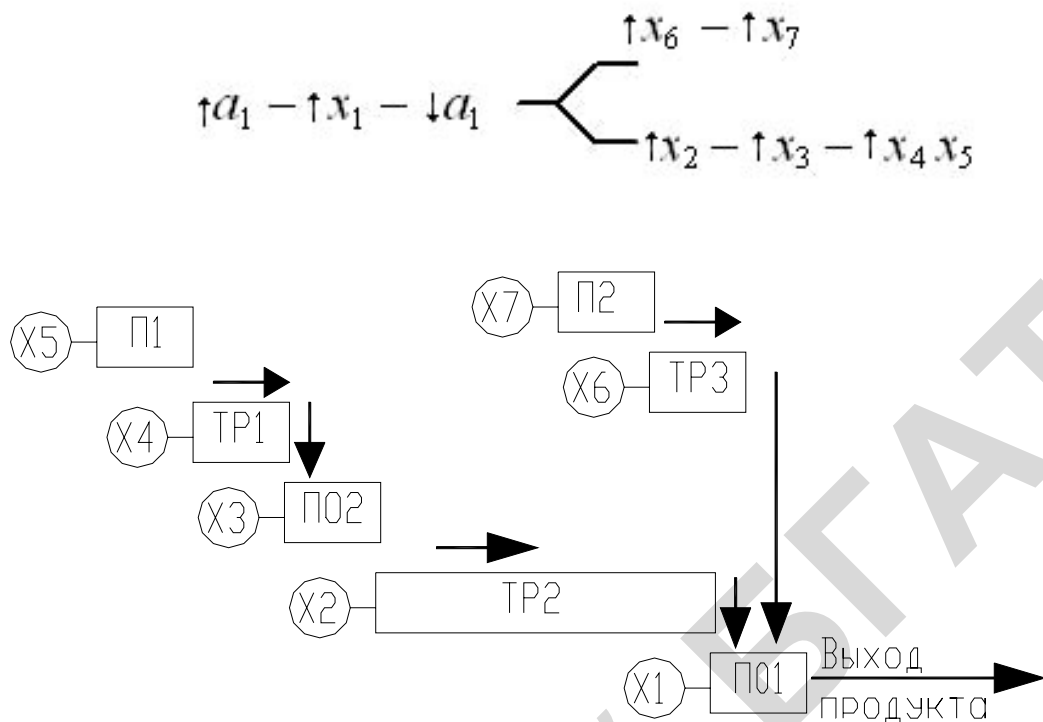


Рисунок 7 — Примерная схема поточной технологической линии:  
 П<sub>1</sub>, П<sub>2</sub> — питатели; ПО1, ПО2 — потребители; ТР1, ТР2, ТР3 — транспортеры; X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, ..., X<sub>7</sub> — исполнительные устройства;  
 → — направление потока материала

При остановке технологической линии вначале следует отключить исполнительные устройства питателей (закрыть заслонки), а затем с выдержкой времени, необходимой для удаления материала из оборудования технологической линии, отключить все оставшиеся исполнительные устройства:

$$\uparrow a_2 \begin{Bmatrix} \downarrow x_5 \\ \downarrow x_7 \\ \downarrow z \end{Bmatrix} \rightarrow \downarrow a_2 - \downarrow z' \begin{Bmatrix} \downarrow x_1 \\ \downarrow x_2 \\ \downarrow x_3 \\ \downarrow x_4 \\ \downarrow x_6 \end{Bmatrix} \rightarrow \downarrow z - \downarrow z'$$

Поочередное отключение исполнительных устройств оборудования технологической линии по мере схода с него материала экономически нецелесообразно, например:

$$t a_2 \left\{ \begin{array}{l} \uparrow x_5 \\ \uparrow z \end{array} \right\} \uparrow z' - \uparrow x_4 - \uparrow z'' - \uparrow x_3 - \uparrow z''' - \uparrow x_2 - \uparrow z'''' - \uparrow x_1 - \uparrow z - \uparrow z' - \uparrow z'' - \uparrow z''' - \uparrow z'''';$$

так как усложняет принципиальную схему, требует больших затрат на реализацию, что делает ее менее надежной в работе и не окупается экономией энергии.

Условие обеспечения аварийной сигнализации в примере при не завершении загрузки бункеров-дозаторов кормом, когда недостаточна загрузка накопительного бункера, требует выражения в символической записи дополнительной цепочки, которую следует рассматривать как ответвление от основной:

$$\uparrow b_1 - \uparrow z'_1 - \uparrow x_1 - \uparrow x_2 - \uparrow z'_1 - \uparrow b_1 \left\{ \begin{array}{l} \uparrow x_2 \\ \uparrow x_c \\ \uparrow x_1 \end{array} \right\}$$

где  $x_c$  — сигнализация.

Условие еженедельного изменения дозы корма требует также рассмотрения отдельных цепей алгоритма, выраженных для одной линии кормораздачи:

$$\begin{array}{l} \uparrow z'_2 \left\{ \begin{array}{l} \uparrow x_9 \\ \uparrow x_{10} \\ \uparrow z_4 \\ \uparrow z_3 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \uparrow b_8 \\ \uparrow b_{10} \end{array} \right\} \uparrow z'_2 - \uparrow z'_3 - \uparrow x_9 - \uparrow z_3 - \uparrow z'_3 - \uparrow z'_4 - \uparrow x_{10} - \uparrow z_4 - \uparrow z'_4 \dots \uparrow b_9 - \\ \uparrow b_{11} - \uparrow z'_5 \left\{ \begin{array}{l} \uparrow x_{11} \\ \uparrow x_{12} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \uparrow b_9 \\ \uparrow b_{12} \end{array} \right\} \uparrow b_8 - \uparrow x_{11} - \uparrow b_{10} - \uparrow x_{12} - \uparrow z'_5 \end{array}$$

Многоточие означает наличие повторяющихся циклов работы оборудования. В данном примере изменение дозы за цикл содержания происходит еженедельно, т. е. раз в неделю срабатывают исполнительные механизмы на подъем заслонки и окна кормушки. Причем поскольку доза прирастает неравномерно, то и выдержки  $\uparrow z'_3$  и  $\uparrow z'_4$  не одинаковы в цикле содержания птицы. Поэтому реализовать данный алгоритм возможно только на ПЛК.

Символическая запись технологического процесса дает полный алгоритм работы схемы и позволяет применить любой инженерный метод синтеза принципиальных схем автоматического управления технологическим процессом.

**Определение реализуемости алгоритма САУ ТП.** Запись алгоритма ТП в виде символов удобно 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 схемы 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.

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 обоснованного варианта управления:

|                  |  |   |   |    |    |    |    |     |     |
|------------------|--|---|---|----|----|----|----|-----|-----|
| Такт             | 1  | 2 | 3 | 4  | 5  | 6  | 7  | 8   | 9   |
| Вес элемента     | 1  | 2 | 4 | 8  | 2  | 16 | 32 | 64  | 128 |
| Запись алгоритма | $\uparrow b_1 - \uparrow z'_1 - \uparrow x_1 - \uparrow x_2 - \downarrow z'_1 - \uparrow b_2 - \uparrow x_3 - \uparrow b_3 - \uparrow x_4 -$ |   |   |    |    |    |    |     |     |
| Вес состояния    | 1  | 3 | 7 | 15 | 13 | 29 | 61 | 125 | 253 |

|   |             |     |     |      |      |      |               |       |      |       |
|---|-------------|-----|-----|------|------|------|---------------|-------|------|-------|
| 1 | 10          | 11  | 12  | 13   | 14   | 15   | 16            | 17    | 18   | 19    |
| 2 | 4/8/256/512 | 16  | 32  | 1024 | 256  | 2048 | 512/4096/8192 | 64    | 128  | 16384 |
| 3 |             |     |     |      |      |      |               |       |      |       |
| 4 | 1009        | 993 | 961 | 1985 | 1729 | 3777 | 15553         | 15489 | 1536 | 31745 |

|   |  |       |       |       |       |       |       |    |
|---|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 1 | 20   | 21    | 22    | 23    | 24    | 25    | 26    | 27 |
| 2 | 4096   | 32768 | 8192  | 1024  | 2048  | 16384 | 32768 | 1  |
| 3 | $-\downarrow x_7 - \uparrow b_7 - \downarrow x_8 - \downarrow b_4 - \downarrow b_5 - \downarrow b_6 - \downarrow b_7 - \downarrow b_1$ |       |       |       |       |       |       |    |
| 4 | 27649  | 60417 | 52225 | 51201 | 49153 | 32769 | 1     | 0  |

Необходимо заметить, что проверке отдельно подвергается основная цепь алгоритма и дополнительная (дополнительные). В данном случае рассмотрена только основная.

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. О необходимости использования промежуточных элементов говорит наличие повторений числовых значений весового состояния алгоритма на протяжении цикла. Введение промежуточных элементов в алгоритм выбирается таким образом, чтобы перекрыть такты с одинаковыми весовыми состояниями. Необходимо иметь в виду, что промежуточный элемент никогда не должен изменять своего состояния сразу после нереализуемого такта. После него обязательно должен быть пропущен хотя бы один такт с другим весовым состоянием, и только после этого можно включить или выключить промежуточный элемент.

Проверка данного алгоритма показала, что 1) алгоритм составлен верно, поскольку значение конечного весового состояния

равно нулю; 2) хотя произошло повторение значений весового состояния алгоритма в тактах 1 и 26, вывод о необходимости промежуточных элементов может быть окончательно сделан после анализа частных тактовых таблиц включения исполнительных механизмов (тема 4).

Дополнительные сведения об объеме автоматизации берутся из требований к схеме управления, где должны быть указаны режимы работы оборудования, объем защиты и сигнализации.

### **Контрольные вопросы**

1. Какова последовательность проведения предпроектного исследования при разработке САУ ПТЛ?
2. Каковы формы представления алгоритма управления оборудованием ПТЛ при разработке САУ ПТЛ?
3. Каковы принципы обоснования и выбора командных аппаратов при разработке алгоритма управления?
4. Каковы технологические требования к пуску приводов ПТЛ?
5. Как обеспечить проверку символической записи алгоритма управления и для чего она необходима?
6. Что понимают под реализуемостью алгоритма?

### **Литература**

1. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов : учеб. пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск : БГАТУ, 2007. — 592 с.

### Тема 3 Алгебра логики и минимизация структурных формул

**Мотивационная характеристика.** Нередко существующая структура управления в применяемых принципиальных электрических схемах или программах логических контроллеров, также как и структура, полученная в результате расчета в соответствии с теорией релейно-контактных схем при синтезе САУ ПТЛ, может быть достаточно сложна и иметь лишние элементы или цепи управления. Хотя при разработке структуры управления для упрощения используются таблицы покрытий или карты Карно, достаточного упрощения можно добиться используя законы алгебры логики. Порой это единственный метод, который можно применить для упрощения. Поэтому овладеть данным методом полезно не только с целью его использования при разработке структуры САУ, но и для упрощения уже существующей структуры управления (будь то схема или программа).

**Цель:** усвоить законы алгебры логики и методику упрощения структуры управления с их помощью, приобрести навыки упрощения структуры управления.

#### Задание

1. Заполнить карточку предварительной подготовки к занятию. Доказать выводимые законы алгебры логики.

2. В соответствии с вариантом (приложение 7) упростить приведенную структуру, записав структурную формулу двумя способами (по выделению видов соединений элементов и по определению множества непрерывных цепей), применив к записи основные законы алгебры логики.

3. Проверить ответ, используя электронный практикум, и показать результат преподавателю. Для этого запустить файл «самостоятельная.ppt» (область документов — **Общая/АСУП/АТП/Миним**), выбрать вариант, ввести ответ в текстовое поле по приведенным на слайде правилам и воспользоваться кнопкой **Проверка**. В случае не-

верного ответа можно обратиться к теории или перейти на исходный слайд, где соответствующей кнопкой просмотреть подсказки, подправить решение и снова ввести ответ. В режиме подсказки доступна демонстрация законов алгебры логики.

### **Контрольные вопросы для самоподготовки**

1. Перечислите структурные элементы схем управления и дайте им определение.
2. Какие виды соединений элементов в схемах управления выделяют и каково их обозначение при записи структурной формулы управления?
3. Какие виды элементов в схемах управления выделяют и каково их обозначение при записи структурной формулы управления?
4. Каковы принципы записи структурной формулы для схемы класса **H**?
5. Каков смысл законов: повторения, нулевого множества, универсального множества, дополненности?
6. Какие положения следуют из законов нулевого и универсального множества, дополненности?



## Карточка подготовки к занятию

| Алгебра логики и минимизация структурных формул   |  |   |
|---|--|---|
| Дополните высказывание:   | Графическая подсказка                                |   |
| <b>1. Элементы устройств управления можно разделить на следующие основные группы:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• приемные (входные) — это элементы, ...</li> <br/> <li>• промежуточные — это элементы, обеспечивающие ...</li> <br/> <li>• исполнительные — это элементы, воздействующие ...</li> </ul> |  |   |
| <b>2. Видами соединений элементов в схеме являются:</b>   | Обозначение при записи в формулу                     | Графическая подсказка                         |
| <i>параллельное</i>   |  |   |
| <i>последовательное</i>   |  |   |
| <b>3. Видами элементов в схеме являются:</b>  | Обозначение при записи в формулу                     | Графическая подсказка                         |
| <i>нормально разомкнутый</i>  |  |   |
| <i>нормально замкнутый</i>  |  |   |
| <b>4. Структурной формуле управления, приведенной в следующей ячейке столбца, будет соответствовать схема (изобразите в ячейках правого столбца)</b>  | $f(Z1) = \bar{a} \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot z1$ |   |
|   | $f(X1) = (\bar{a} + x) \cdot \bar{b} \cdot z1$       |   |
| <b>5. Дополните равенства</b>   | $1 + 1 =$<br>$1 \times 1 =$<br>$1 + 0 =$             | $0 + 0 =$<br>$0 \times 1 =$<br>$0 \times 0 =$ |

| 6. Докажите законы алгебры логики в соответствии с примером                        | Доказательство   | На основании каких законов                              |
|--|--|---|
| <i>Пример.</i> Закон 9а:<br>$a \cdot (a + b) = a$                                  | $a \cdot (a + b) =$<br>$= a \cdot a + a \cdot b =$<br>$= a + a \cdot b =$<br>$= a \cdot (1 + b) = a$ | Распределительный, повторения, универсального множества |
| Закон 9б:<br>$a \cdot (a + b) \cdot (a + c) \dots (a + q) = a$                     |  |   |
| Закон 9в:<br>$a + a \cdot b = a \cdot (1 + b) = a$                                 |  |   |
| Закон 9г:<br>$a + a \cdot b + a \cdot c + \dots + a \cdot q = a$                   |  |   |
| Закон 9д:<br>$a \cdot (\bar{a} + b) = a \cdot \bar{a} + a \cdot b = a \cdot b$     |  |   |
| Закон 9е:<br>$a + \bar{a}b = a + b$  |  |   |
| Закон 10а:<br>$ab + a\bar{b} = a$  |  |   |
| Закон 10б:<br>$(a + b)(a + \bar{b}) = a$   |  |   |
| Закон 10в:<br>$ab + \bar{a}c + bc = ab + \bar{a}c$                                 |  |   |
| Закон 10г:<br>$(a + b) \cdot (a + c) \cdot (b + c) =$<br>$= (a + b) \cdot (a + c)$ |  |   |
| Закон 10д:<br>$(a + b)(\bar{a} + c) = ac + \bar{a}b$                               |  |   |

## Краткие теоретические сведения по теме

**Аналитическая запись структуры схем управления.** Наиболее распространенным способом изображения структуры схем является их графическое вычерчивание, при котором контакты командных (приемных) элементов и исполнительные органы изображаются в виде графических символов. Выражение структуры в программе логического контроллера зависит от применяемого языка программирования. Для языка функциональных блок-диаграмм, например графическое представление структуры рассмотрено в теме 5 и теории электронного практикума (запустить файл «алгебра.ppt» из области документов — **Общая/АСУП/АТП/Миним**), поэтому остановимся более подробно на структуре, реализованной релейно-контактной схемой управления.

При описании схем, изображенных в развернутом начертании, приходится для каждого контакта и исполнительного органа, помимо графических символов, вводить буквенные обозначения. При небольшом усложнении буквенных обозначений можно совершенно отказаться от использования графических символов.

Элементы структурной схемы обозначаются обычно буквами латинского алфавита.

### Примем следующие обозначения:

- приемные элементы —  $A, B, C, \dots, N$ ;
- промежуточные элементы —  $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$ ;
- исполнительные органы —  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ ;
- исполнительное устройство — реле времени —  $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n$ .

Контакты командных, промежуточных элементов и исполнительных органов:

- размыкающие  $\overline{a}, \overline{b}, \overline{c}, \dots, \overline{x_1}, \overline{x_2}, \overline{x_3}, \dots$ ;
- замыкающие  $a, b, c, \dots, x_1, x_2, x_3, \dots$ ;
- контакты реле времени  $z'_1, z'_2, z'_3, z'_n$ ;
- постоянно-замкнутый контакт — 1;
- постоянно-разомкнутый контакт — 0.

При принятых обозначениях структура схемы управления (рисунок 8, а) будет иметь вид, изображенный на рисунке 8, б. Однако во избежание ошибок, связанных с написанием больших и малых букв алфавита, целесообразно использовать комбинированное обозначение (рисунок 8, в).

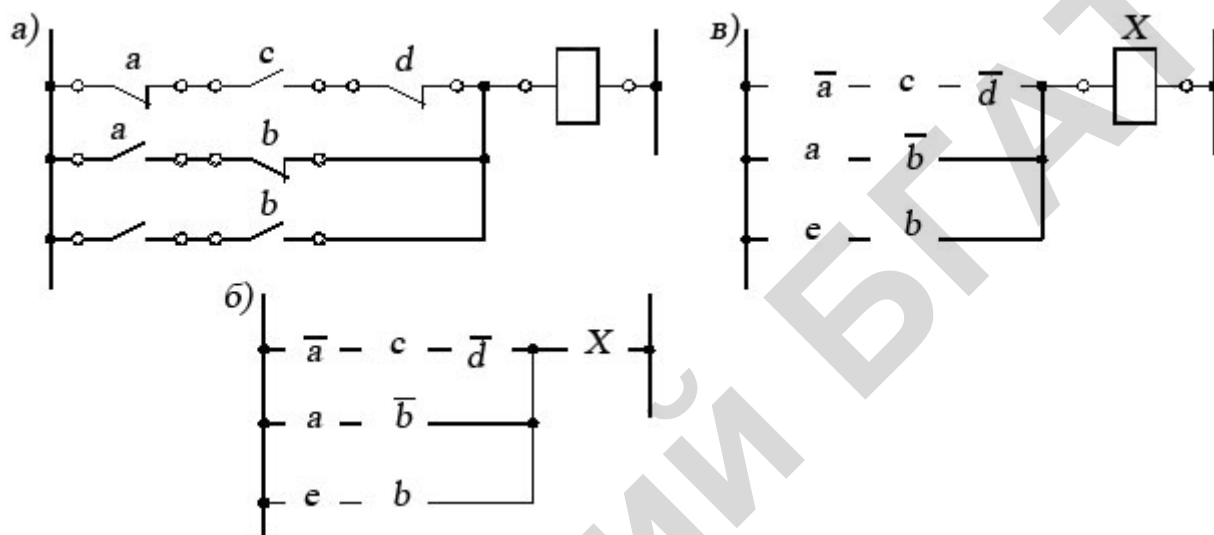


Рисунок 8 — Варианты изображения структуры релейных схем

Если обозначить последовательное соединение знаком умножения (точкой), а параллельное соединение — знаком сложения (плюсом), то структуру релейных схем можно записать в виде аналитических выражений, которые носят название **структурных формул схем**.

Если использовать те же символы, что и при упрощении изображения структурной схемы (рисунок 8, б), то структурная формула будет иметь вид:

$$f(X) = \bar{a} \cdot c \cdot \bar{d} + a \cdot \bar{b} + eb. \quad (1)$$

Правая часть этой структурной формулы выражает контактную схему, контактный двухполюсник. В левой части индекс  $X$  при функции  $f$  указывает, что контактный двухполюсник воздействует на один исполнительный орган  $X$ .

По виду соединений различают параллельно-последовательные схемы (схемы класса **П** — рисунок 8) и с мостиковыми соединениями (рисунок 9). Последние часто называют схемами класса **Н**, так как простейшая схема такого вида, состоящая из пяти структурных элементов, по своему начертанию сходна с буквой **Н** (параллельно-последовательная структура).

Применение мостиковых соединений приводит к существенному сокращению числа контактов.

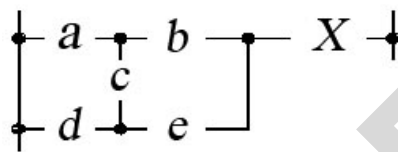


Рисунок 9 — Простейшая мостиковая схема класса **Н**

Из рисунка 9 видно, что в схемах класса **Н** каждый из начальных структурных элементов (в данном случае *a* и *d*) соединен последовательно с каждым из конечных структурных элементов (в данном случае *b* и *e*). Структурные элементы, включенные в мостовое соединение (в данном случае *c*), входят в несколько различных цепей, которые могут образоваться в схеме между ее начальными и конечными полюсами. Поэтому схему можно описать структурной формулой:

$$f(x) = a \cdot b + d \cdot e + a \cdot c \cdot e + d \cdot c \cdot b. \quad (2)$$

При помощи структурной формулы можно выразить структурные схемы, содержащие несколько исполнительных органов.

Пусть в схему должны быть включены исполнительные органы  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , на которые должны воздействовать контакты элементов  $A, B, C, \dots, Q$ .

Для каждого из элементов, исполнительные органы которых должны быть включены в схему, можно написать структурную формулу в следующем виде:

$$f(X_1) = f_1(a, b, c, \dots, q);$$

$$f(X_2) = f_2(a, b, c, \dots, q);$$

$$f(X_n) = f_n(a, b, c, \dots, q).$$
(3)

Условное графическое изображение этих формул представлено на рисунке 10.

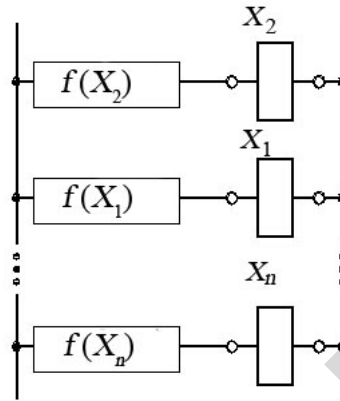


Рисунок 10 — Структура схемы управления

Так как воздействующие контакты включены последовательно с исполнительными органами, а цепи различных исполнительных органов включены между собой параллельно, то структуру всей схемы, изображенной на рисунке 2.10, можно записать в следующем виде:

$$F_{\text{сх.}} = f_1(a, b, c, \dots, q) \bullet X_1 + f_2(a, b, c, \dots, q) \bullet X_2 + f_n(a, b, c, \dots, q) \bullet X_n,$$
(4)

или в общем виде:

$$F_{\text{сх.}} = f(a, b, c, \dots, q; X_1, X_2, \dots, X_n).$$
(5)

Следует различать структурные формулы, содержащие только символы контактов, т. е. выражающие контактные схемы, и структурные формулы, содержащие символы контактов и исполнительных органов, т. е. выражающие релейные схемы в целом.

При записи структурных формул примем следующие обозначения: прописной буквой  $f$  будем обозначать функцию, содержащую только символы контактов, а буквой  $F$  — структурную схему исполнительного органа.

**Основные законы алгебры логики. Упрощение контактных схем.** В процессе синтеза контактных схем могут возникнуть

сложные структуры с большим количеством контактных элементов. В основу существующих методов преобразования заложен математический аппарат так называемой алгебры логики, созданной английским ученым Булем (приложение 6).

Переместительный, сочетательный и распределительный законы соответствуют аналогичным законам обычной алгебры. Поэтому в случае преобразования структурных формул в отношении порядка сложения и умножения членов, вынесения членов за скобки и раскрытия скобок можно следовать правилам, установленным для обращения с обычными алгебраическими выражениями. Остальные законы являются специфическими для булевой алгебры.

Примеры преобразования контактных схем.

**Пример 1.** Требуется преобразовать с целью упрощения контактную схему, изображенную на рисунке 11, а.

**Решение.**

Выделяя виды соединений, напомним структурную формулу контактов исполнительного элемента X:

$$f(x) = (a + b) \cdot [e \cdot (a + d) + \bar{e} \cdot (a + c) + a \cdot \bar{f} \cdot (f + d)] \quad (6)$$

Используя законы булевой алгебры произведем преобразования:

$$f(x) = (a + b) \cdot (e \cdot a + e \cdot d + \bar{e} \cdot a + \bar{e} \cdot c) + a \cdot \bar{f} \cdot f + a \cdot \bar{f} \cdot d,$$

так как  $e \cdot a + \bar{e} \cdot a = a \cdot (e + \bar{e}) = a$ , а  $a \cdot \bar{f} \cdot f = 0$ , то  $f(x)$  примет вид:

$$f(x) = (a + b) \cdot (a + e \cdot d + \bar{e} \cdot c + a \cdot \bar{f} \cdot d),$$

но так как

$$a + a \cdot \bar{f} \cdot d = a(1 + \bar{f} \cdot d) = a,$$

то

$$\begin{aligned} f(x) &= (a + b) \cdot (a + ed + \bar{e} \cdot c) = aa + aed + a\bar{e}c + ab + bed + b\bar{e}c = \\ &= a \cdot (1 + ed + \bar{e}c + b) + b \cdot (ed + \bar{e}c) = a + b \cdot (ed + \bar{e}c). \end{aligned} \quad (7)$$

РКС исполнительного органа X, соответствующая полученной формуле, изображена на рисунке 11, б.

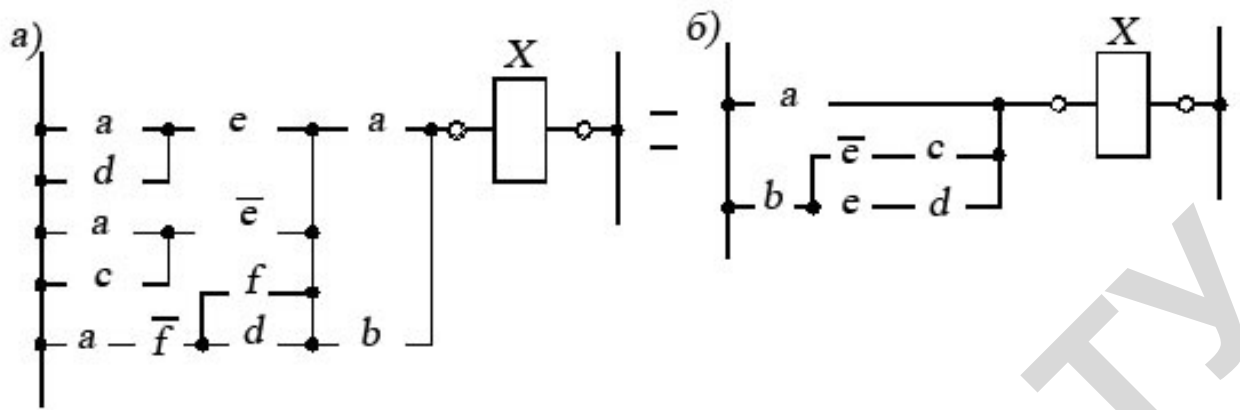


Рисунок 11 — Пример упрощения структуры РКС:  
*a* — исходная структура; *б* — упрощенная структура

**Пример 2.** Требуется преобразовать с целью упрощения контактную схему изображенную на рисунке 12, *a*.

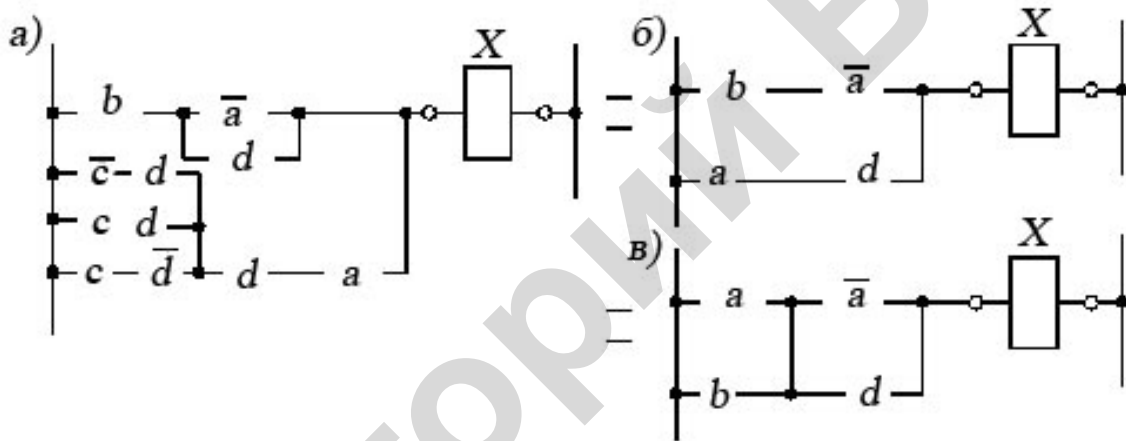


Рисунок 12 — Пример упрощения структуры РКС:  
*a* — исходная структура; *б* — первый вариант упрощения структуры;  
*в* — второй вариант упрощения структуры

$$f(x) = b\bar{a} + bd + \bar{c}dda + cdda + \bar{c}dda, \quad (8)$$

так как  $\bar{c}dda = 0$ , то  $f(x) = b\bar{a} + bd + \bar{c}da + cda$ .

Умножим  $c \cdot d$  на  $\bar{a} + a = 1$ .

$$f(x) = b\bar{a} + bda + bd\bar{a} + da = b\bar{a}(1 + d) + ad(b + 1) = b\bar{a} + ad$$

Схема, соответствующая полученной формуле, изображенная на рисунке 2.19, *б*, по действию равносильна заданной.

К выражению  $f(x) = b\bar{a} + bd + da$  можно также прибавить  $0 = a \cdot \bar{a}$ . Тогда



$$f(x) = \bar{b}\bar{a} + bd + da + \bar{a}\bar{a} = d(a + b) + \bar{a}(a + b) = (a + b)(\bar{a} + d) \quad (9)$$

Схема, соответствующая полученной формуле, изображена на рисунке 12, в. Она также равносильна по действию заданной схеме.

В алгебре контактных схем проще производить запись структуры цепей без скобок, анализируя функциональные возможности цепей и исключая избыточные элементы и постоянно разомкнутые цепи, т. е. структурную формулу контактов (8) можно было получить, не делая предварительных записей структурной формулы контактов (9).

### Контрольные вопросы

1. Каковы методы упрощения структуры схем управления?
2. Поясните принципы записи структурной формулы управления исполнительным элементом принципиальной схемы.
3. Перечислите законы алгебры логики, которые соответствуют законам обычной алгебры.
4. Перечислите специфические законы алгебры логики.
5. В чем состоит методика упрощения структуры управления с помощью алгебры логики?

### Литература

1. Фурсенко, С.Н. Разработка проекта автоматизации технологических процессов / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск : БГАТУ, 2003. — 218 с.
2. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов : учеб. пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск : БГАТУ, 2007. — 592 с.

## **Тема 4 Разработка структуры управления систем автоматического управления технологическим процессом**

**Мотивационная характеристика.** Знание структуры управления позволяет разработать САУ поточными технологическими линиями как на базе релейно-контактных схем (РКС), так и на базе современных микропроцессорных устройств управления. Применение теории РКС позволяет обоснованно и доказательно получить структуру управления, реализующую вариант алгоритма управления ПТЛ.

**Цель:** получить представление о синтезе САУ ПТЛ с использованием теории РКС, усвоить основные принципы, приобрести умения разработки структуры управления САУ ПТЛ.

### **Задания**

1. Заполнить карточку предварительной подготовки к занятию.
2. Проверить усвоение основных положений теории синтеза структуры управления с помощью компьютера в ходе работы с электронным практикумом, выполнив тест и задание по варианту преподавателя (файл «Теория\_РКС.ppt» в области документов — **Общая / АСУП / АТП / Практика**).
3. Разработать структуру управления для варианта алгоритма, полученного в ходе изучения темы 2.

### **Контрольные вопросы для самоподготовки**

1. Что такое алгоритм, алгоритм функционирования?
2. Что является основанием для разработки структуры управления?
3. Каковы основные этапы получения структурной формулы контактов?

4. Каково правило записи структурной формулы контактов по частной таблице включения?
5. Что применяют для упрощения структурной формулы контактов?

### Карточка подготовки к занятию

| Разработка структуры управления систем автоматического управления технологическим процессом  |       |       |       |   |   |  |   |   |   |   |
|--|-------|-------|-------|---|---|--|---|---|---|---|
| 1. Перевод алгоритма в структуру обеспечивается следующими действиями:   | a)    | _____ |       |   |   |  |   |   |   |   |
|  | б)    | _____ |       |   |   |  |   |   |   |   |
|  | в)    | _____ |       |   |   |  |   |   |   |   |
|  | г)    | _____ |       |   |   |  |   |   |   |   |
|  | д)    | _____ |       |   |   |  |   |   |   |   |
|  | е)    | _____ |       |   |   |  |   |   |   |   |
| 2. В таблицу включения берут элементы:   | 1)    | _____ |       |   |   |  |   |   |   |   |
|  | 2)    | _____ |       |   |   |  |   |   |   |   |
|  | 3)    | _____ |       |   |   |  |   |   |   |   |
|  | 4)    | _____ |       |   |   |  |   |   |   |   |
| 3. Общий вид структурной формулы контактов представляет собой:   |       |       |       |   |   |  |   |   |   |   |
| 4. В таблицу покрытий входят такты:  |       |       |       |   |   |  |   |   |   |   |
| 5. Полная структурная схема складывается из...   |       |       |       |   |   |  |   |   |   |   |
| 6. Какие элементы требуется взять в частную таблицу включения для ИЭ $X_5$ основного варианта управления кормораздачей в птичнике (тема 2) |       |       |       |   |   | 1) _____   |   |   |   |   |
|  |       |       |       |   |   | 2) _____   |   |   |   |   |
|  |       |       |       |   |   | 3) _____   |   |   |   |   |
|  |       |       |       |   |   | 4) _____   |   |   |   |   |
| 7. Заполните частную таблицу включения ИЭ $X_5$  | Э     | Вес   | Такты |   |   |  |   |   |   |   |
|  |       |       | 1     | 2 | 3 | 4  | 5 | 6 | 7 | 8 |
|  | $x_5$ | 1     |       |   |   |  |   |   |   |   |
|  |       | 2     |       |   |   |  |   |   |   |   |
|  |       | 4     |       |   |   |  |   |   |   |   |
|  |       | 8     |       |   |   |  |   |   |   |   |
| Весовое состояние  |       |       |       |   |   |  |   |   |   |   |
| 8. Сделайте вывод о реализуемости схемы  |       |       |       |   |   |  |   |   |   |   |
| 9. Зафиксируйте структурную формулу контактов $X_5$ и раскройте выражение под общей инверсией  |       |       |       |   |   | $f(x_5) = f_{cp}(x_5) + X_5 \cdot \overline{f_{отн}(x_5)} =$ |   |   |   |   |

|   |                   |      |            |   |   |  |   |   |   |   |
|---|-------------------|------|------------|---|---|--|---|---|---|---|
| 10. Выразите полученную формулу в структурной схеме   |                   |      |            |   |   |  |   |   |   |   |
| 11. Заполните таблицу покрытий для $X_5$  | №                 | Цепи | Такты      |   |   |  |   |   |   |   |
|   |                   |      |            |   |   |  |   |   |   |   |
|   |                   |      |            |   |   |  |   |   |   |   |
|   |                   |      |            |   |   |  |   |   |   |   |
|   |                   |      |            |   |   |  |   |   |   |   |
| 12. Зафиксируйте окончательные структурные формулу и схему для $X_5$  |                   |      | $f(x_5) =$ |   |   |  |   |   |   |   |
| Повторим разработку структуры управления для $X_7$  |                   |      |            |   |   |  |   |   |   |   |
| 13. Какие элементы требуется взять в частную таблицу включения для ИЭ $X_7$ основного варианта управления кормораздачей в птичнике (тема 2) |                   |      |            |   |   | 1) _____   |   |   |   |   |
|   |                   |      |            |   |   | 2) _____   |   |   |   |   |
|   |                   |      |            |   |   | 3) _____   |   |   |   |   |
|   |                   |      |            |   |   | 4) _____   |   |   |   |   |
| 14. Заполните частную таблицу включения ИЭ $X_7$  | Э                 | Вес  | Такты      |   |   |  |   |   |   |   |
|   |                   |      | 1          | 2 | 3 | 4  | 5 | 6 | 7 | 8 |
|   | $X_7$             | 1    |            |   |   |  |   |   |   |   |
|   |                   | 2    |            |   |   |  |   |   |   |   |
|   |                   | 4    |            |   |   |  |   |   |   |   |
|   |                   | 8    |            |   |   |  |   |   |   |   |
|   | Весовое состояние |      |            |   |   |  |   |   |   |   |
| 15. Сделайте вывод о реализуемости схемы  |                   |      |            |   |   |  |   |   |   |   |
| 16. Зафиксируйте структурную формулу контактов $X_7$ и раскройте выражение под общей инверсией  |                   |      |            |   |   | $f(x_7) = f_{cp}(x_7) + X_7 \bullet \overline{f_{отп}(x_7)} =$ |   |   |   |   |
| 17. Выразите полученную формулу в структурной схеме   |                   |      |            |   |   |  |   |   |   |   |
| 18. Заполните таблицу покрытий для $X_7$  | №                 | Цепи | Такты      |   |   |  |   |   |   |   |
|   |                   |      |            |   |   |  |   |   |   |   |
|   |                   |      |            |   |   |  |   |   |   |   |
|   |                   |      |            |   |   |  |   |   |   |   |
|   |                   |      |            |   |   |  |   |   |   |   |
| 19. Зафиксируйте окончательные структурные формулу и схему для $X_7$  |                   |      |            |   |   | $f(x_7) =$   |   |   |   |   |

## Краткие теоретические сведения по теме

**Теория разработки структуры управления поточными технологическими линиями.** Системы управления поточными технологическими линиями относятся к классу двоичных систем. Все входные, выходные величины и параметры состояний таких систем могут принимать только дискретные значения. Описать алгоритм схем такого класса можно, используя законы Булевой алгебры, теорию автоматов, векторные дифференциальные уравнения, пространственное изображение состояний, Марковские процессы, таблицы автоматов, графы состояний, логические таблицы.

Математическое описание алгоритма системы, обеспечивающей управление соответствующим объектом, позволяет перейти к графическому отображению принципиальной схемы и ее дальнейшей реализации.

Разрабатывается структура управления, как правило, для основного (автоматического) режима работы и затем дополняется элементами и связями, способными реализовать дополнительные режимы работы (ручной, наладочный).

Для математического описания алгоритма дискретных систем управления воспользуемся законами Булевой алгебры и логическими таблицами.

Исходным материалом для составления логических таблиц (частые таблицы включения, таблицы покрытий) служит запись алгоритма работы САУ ТП с помощью символов (тема 2). Перевод алгоритма в структуру управления обеспечивает следующая последовательность действий: составление частной таблицы включения, в соответствии с которой формируется структурная формула контактов, которая на этом этапе является достаточно громоздкой и требует упрощения, например с помощью таблицы покрытия; далее ведется анализ получен-

ной частной структуры управления на соответствие действия алгоритму, исправление состояния некоторых элементов или уточнение алгоритма и повторная реализация управления в частной структуре; в случае положительного исхода анализа всех частных структурных формул реализуется полная структура управления, которую получают через сведение частных структур с выделением общих элементов управления; далее полную структуру управления требуется проанализировать с точки зрения устранения ложных цепочек срабатывания и соответствия алгоритму работы оборудования линии.

**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 управления, во-первых, данный элемент и все те командные и промежуточные элементы, от которых этот элемент срабатывает и отключается и, во-вторых, некоторые другие вспомогательные элементы, необходимые для реализации данной частной таблицы включения, которые добавляются из анализа условий работы данного элемента.

Рассмотрим примеры построения частных таблиц включения и построения по ним первоначальных структурных формул на базе алгоритма управления кормораздачей птичника, описанного в общей теоретической части второй темы.

Для составления частных таблиц включения для всех командных и исполнительных органов используем те же обозначения, что и при символической записи алгоритма.

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 срабатывание или 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 конечные выключатели будут нажаты, а некоторые электромагниты или пускатели будут включены. Поэтому хотя такое состояние элементов не повлияет на результат синтеза, при переходе структурной формулы к реальной схеме контакты конечных 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 получение первоначальных структурных формул для элемента  $x_1$  или исполнительного элемента распределительного транспортера.

В частную таблицу включения элемента  $x_1$  (таблица 4) войдут элементы:

$z'_1$  — элемент пуска кормораздачи;

$v_1$  — элемент, определяющий исходное состояние линии (загрузка кормом накопительного бункера);

$v_3$  — элемент отключения  $x_1$ .

При корректной записи в таблице включения «вес» в последнем такте должен равняться «0».

Таблица 4 — Таблица включений ИЭ  $x_1$

| Э            | Вес<br>Э | Такты |   |    |    |   |    |    |   |   |
|--------------|----------|-------|---|----|----|---|----|----|---|---|
|              |          | 0     | 1 | 2  | 3  | 4 | 5  | 6  | 7 | 8 |
| $x_1$        | 1        | –     | – | –  | ⊕  | + | +  | ⊖  | – | – |
| $z_1$        | 2        | –     | – | ⊕  | +  | ⊖ | –  | –  | – | – |
| $v_3$        | 4        | –     | – | –  | –  | – | ⊕  | +  | ⊖ | – |
| $v_1$        | 8        | –     | ⊕ | +  | +  | + | +  | +  | + | ⊖ |
| Вес<br>схемы |          | 0     | 8 | 10 | 11 | 9 | 13 | 12 | 8 | 0 |

Частная таблица включений проверяется на реализуемость в интервале цикла работы элемента  $X_1$  (такты 2, 3, 4). Если алгоритм 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.

С целью упрощения анализа частной таблицы включения элемента обозначим:

- такт, предшествующий такту включенного состояния ИЭ — **тактом срабатывания** (такт 2);
- такт, предшествующий такту отключенного состоянию ИЭ — **тактом отпускания** (такт 5);
- такты включенного состояния ИЭ называются **рабочими тактами** ИЭ (такты 2–4), остальные такты — холостыми.

**Реализуемость схемы управления без дополнительных элементов** характеризуется повторяемостью весового состояния схемы. В данном случае весовое состояние в рабочих тактах не повторяется, и схема может быть реализована без дополнительных элементов.



Представленная в таблице запись тактов не совсем удобна для ее чтения. В дальнейшем в таблицах включений знаками « $\rightarrow$ » и « $+$ » будем обозначать такты срабатывания элементов, а промежутки между этими тактами заполнять знаками не будем.

Для удобства анализа изменение состояния элемента в таблице обведено кружком.

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

$$f(x) = f_{\text{ср}}(x) + X \cdot \overline{f_{\text{отп}}(x)}, \quad (10)$$

где  $f_{\text{ср}}$  — логическое произведение контактов элементов в такте 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).

Определим цепь включения ИЭ  $X_1$  по таблице включений. ИЭ  $X_1$  в такте срабатывания включается тогда, когда для логического произведения контактов этого такта у элементов  $z_1$  и  $\nu_1$  будут использованы замыкающие контакты (элемент  $\nu_1$  замкнется в такте 1,  $z_1$  — в такте 2), а у элемента  $\nu_3$  будет использован замкнутый контакт.

Таким образом,  $f_{\text{ср}}(x) = z_1' \cdot \overline{b_3} \cdot b_1$ .

В тактах рабочего хода ИЭ  $X_1$  элементы  $z_1$  и  $\nu_3$  изменили свое состояние, а элемент  $\nu_1$  остался в прежнем состоянии, поэтому структурная формула в такте отпускания будет иметь вид:

$$f_{\text{отп}}(x_1) = \overline{z_1'} \cdot b_3 \cdot b_1,$$

а полная структурная формула цепи управления ИЭ  $X_1$ :

$$f(x_1) = z_1' \cdot \bar{b}_3 \cdot b_1 + \overline{z_1' \cdot b_3 \cdot b_1} \cdot X_1.$$

Используя основные законы алгебры логики произведем преобразование структурной формулы контактов ИЭ  $X_1$ , раскрыв по формуле де Моргана выражение под общей инверсией:

$$f(x_1) = z_1' \cdot \bar{b}_3 \cdot b_1 + z_1' \cdot X_1 + \bar{b}_3 \cdot X_1 + \bar{b}_1 \cdot X_1.$$

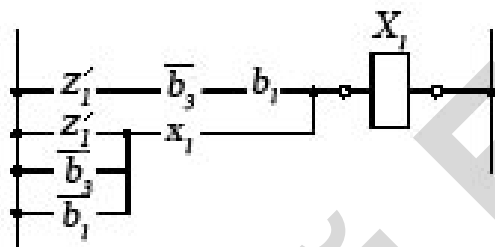


Рисунок 13 — Формула управления, выраженная структурой

В результате преобразований получена структурная формула контактов ИЭ  $X_1$ , состоящая из четырех параллельных цепей. Формула является рабочей, но достаточно громоздкой и требующей упрощения. Для дальнейших действий для удобства анализа можно по формуле нарисовать структуру управления (рисунок 13).

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 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.

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 замыкание всего одной цепи.

Воспользовавшись частной таблицей включений ИЭ  $X_1$  и полученной первоначальной структурной формулой ( $f(x_1)$ ), построим таблицу покрытия для ИЭ  $X_1$  и произведем минимизацию первичной структурной формулы элементов (таблица 5).

Таблица 5 — Покрытия ИЭ  $X_1$

| № | Цепи                                 | Такты |     |     |
|---|--------------------------------------|-------|-----|-----|
|   |                                      | 2     | 3   | 4   |
| 1 | $z'_1 \bullet \bar{b}_3 \bullet b_1$ | $X$   | $X$ | —   |
| 2 | $\bar{b}_3 \bullet x_1$              | —     | $X$ | $X$ |
| 3 | $\bar{b}_1 \bullet x_1$              | —     | —   | —   |
| 4 | $z'_1 \bullet x_1$                   | —     | $X$ | —   |

Цепочка контактов 1 обеспечит замкнутую цепь в тактах 2 и 3 в соответствии с записью начального условия  $f_{cp}(x_1)$ . В такте 4 элемент  $z'_1$  меняет свое состояние, т. е. цепь размыкается.

Цепочка контактов 2 в такте 2 будет разомкнута, так как ИЭ  $X_1$  включается в такте 3, в этом же такте замкнется и его контакт и в цепочке 2 в тактах 3–4 обеспечит замкнутую цепь.

Цепочки 3 не обеспечивает замкнутую цепь ни в одном такте, так как контакт  $\bar{b}_1$  является инверсным контактом  $\mathbf{b}_1$ , который в тактах 2–4 замкнут, значит  $\bar{b}_1$  в этих тактах разомкнут.

Таким образом, замкнутую цепь в тактах 2–4 обеспечат две параллельно соединенные цепочки контактов:

$$f(x_1) = z'_1 \cdot \bar{b}_3 \cdot b_1 + \bar{b}_3 \cdot X_1 = \bar{b}_3 \cdot (z'_1 \cdot b_1 + X_1),$$

при этом обеспечивается «перехват».

В данном случае перехват происходит в такте 3, когда цепочка 1 еще не разомкнулась, а цепочка 2 уже замкнута.

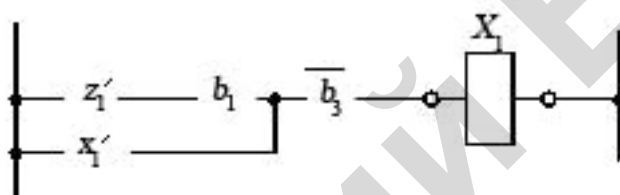


Рисунок 14 — Структурная схема ИЭ  $X_1$

**Проанализируем работу схемы.** Включение ИЭ  $X_1$  произойдет при замыкании контакта  $z'_1$  и выполнении условия заполнения кормом накопительного бункера (при этом замкнется контакт  $\mathbf{b}_1$ ). Распределительный транспортер будет работать. Если контакты  $z'_1$  и  $\mathbf{b}_1$  разомкнутся, ИЭ  $X_1$  не отключится, так как цепь элементов  $z'_1$ ,  $\mathbf{b}_1$  будет заблокирована блок контактом  $X_1$ . Электрическая цепь  $\bar{b}_3 \cdot x_1$  разомкнется после полной загрузки промежуточных емкостей и размыкания контакта  $\mathbf{b}_3$ . Повторного включения распределительного транспортера после заполнения емкости не должно произойти, так как контакт  $z'_1$  будет находиться в разомкнутом состоянии. Однако имеется дополнительная цепочка алгоритма, описывающая работу в неполном технологическом режиме, когда отсутствует корм в накопительном бункере. В этом случае должно выполняться условие отключения транспортера, а в данной структурной схеме этого не произойдет. По-

этому в полной структурной схеме в данную цепь следует включить контакт промежуточного реле (рисунок 15).

Полная структурная схема САУ ТП состоит из структурных схем отдельных исполнительных механизмов (рисунок 15). На данной схеме исполнительные механизмы управления заслонками действуют аналогично, но по сигналам от датчиков второй линии. Однако следует заметить, что данная структура не может быть полноценно переведена в релейно-контактную схему управления, поскольку не решает ряд проблем:

- доза корма в емкости в период содержания птицы с 4-й по 18-ю неделю не постоянна, датчик же настраивается на одну дозу или настройку приходится постоянно изменять;
- также неравномерно в течение периода содержания может меняться интервал времени подъема заслонки в кормушке, как и подъем окна кормушки по спинке птицы.

Однако данных проблем можно избежать, если перевести структуру управления в программу контроллера.

В настоящее время имеется обширная литература, посвященная синтезу релейных схем автоматики, позволяющая кроме разработки обеспечивать минимизацию схемы, однако сокращение командных аппаратов усложняет схему управления и увеличивает затраты на технические средства, а также уменьшает надежность работы САУ. Тот или иной вариант схемы управления, таким образом, должен быть всесторонне проанализирован с учетом возможных критериев.

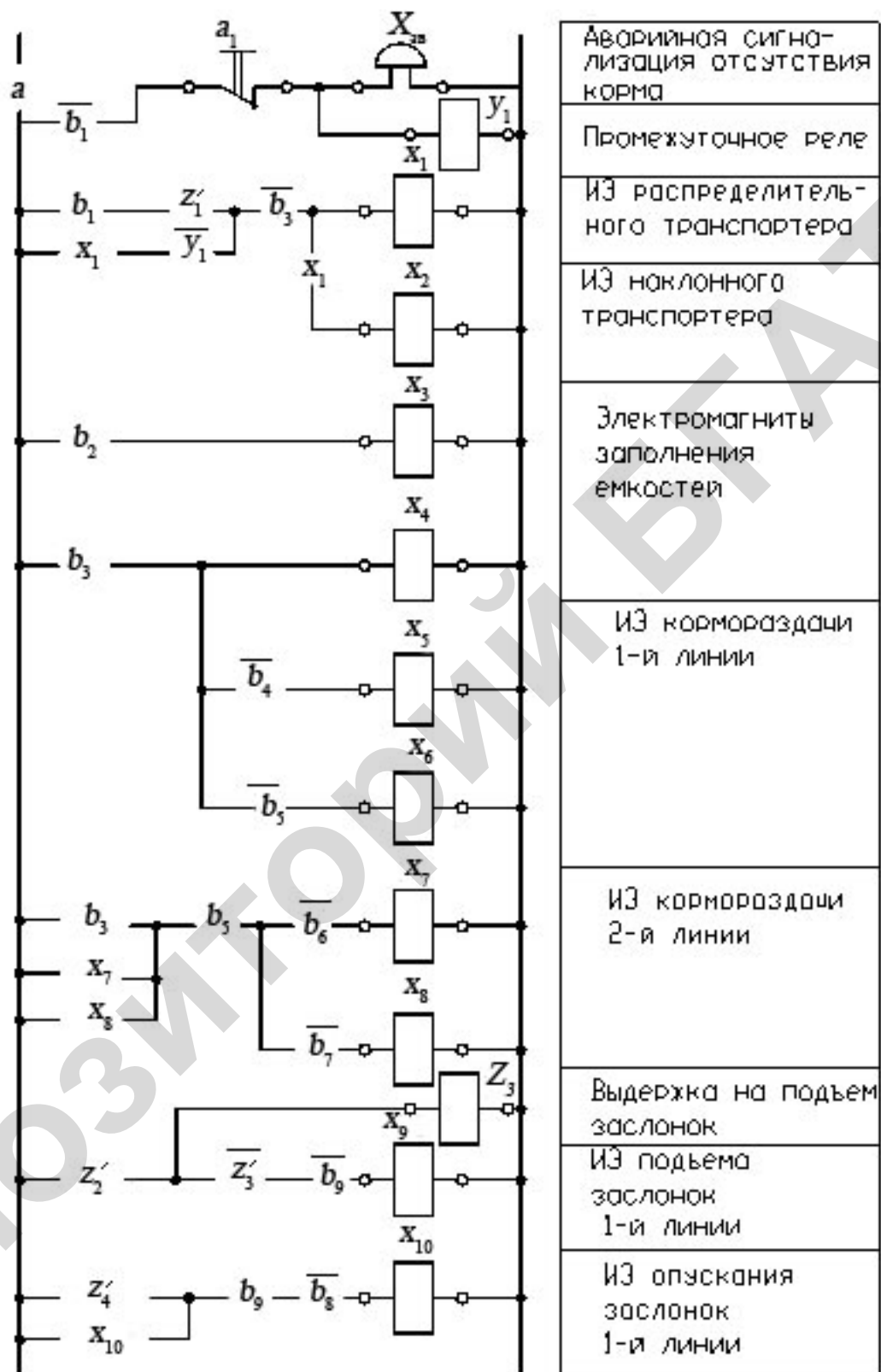


Рисунок 15 — Полная структурная схема управления кормораздачей в птичнике

## Контрольные вопросы

1. К какому классу систем относят САУ ПТЛ?
2. Каковы основные этапы получения структуры управления ПТЛ?
3. Каковы правила составления основных логических таблиц, используемых в процессе разработки структуры?
4. Какова цель разработки структуры управления?

## Литература

1. Фурсенко, С.Н. Разработка проекта автоматизации технологических процессов / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск : БГАТУ, 2003. — 218 с.
2. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов : учеб. пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск : БГАТУ, 2007. — 592 с.

## Тема 5 Разработка полных принципиальных электрических схем

**Мотивационная характеристика.** В современных системах контроля, управления и автоматического регулирования различными технологическими процессами значительное место занимают электрические приборы, аппаратура и устройства. Для изображения взаимной электрической связи приборов и устройств, действия которых обеспечивают решение задач управления, регулирования, защиты, измерения и сигнализации технологических процессов, служат электрические схемы. 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 имеют в составе технической документации одну или несколько принципиальных схем.

**Цель:** приобрести умения перевода структуры управления в полную принципиальную электрическую схему.

### Задания

1. Заполнить карточку предварительной подготовки к занятию.
2. Выбрать устройство управления технологической линией (релейно-контактная аппаратура, регуляторы или контроллер), аргументируя выбор с точки зрения эффективного решения задач управления, полноты реализации алгоритма управления, экономических показателей, надежности, безопасности.



3. Перевести полученную структурную формулу управления в полную принципиальную электрическую схему в соответствии с вариантом, разработанным в ходе изучения темы 4.

### Контрольные вопросы для самоподготовки

1. Каково содержание принципиальных электрических схем САУ ТП?
2. Каковы условия выбора пускозащитной аппаратуры?
3. По каким параметрам подбирают датчики, регуляторы?
4. Каковы требования к простановке обозначений участков цепей на принципиальной схеме?

### Карточка подготовки к занятию

| Разработка полных принципиальных электрических схем   |          |
|---|----------|
| 1. Дополните предложения  |          |
| 1) Принципиальная схема определяет _____  |          |
| 2) Принципиальную схему по функциональному назначению можно разделить на  |          |
| а) _____  | б) _____ |
| в) _____  | г) _____ |
| д) _____  |          |
| 3) К типовым функциональным узлам принципиальной схемы относятся:   |          |
| а) _____  | б) _____ |
| в) _____  | г) _____ |
| д) _____  |          |
| 2. Переведите структурную формулу контактов для магнитного пускателя управления электродвигателем транспортера в принципиальную электрическую схему и расставьте маркировку участков цепей: |          |
| 1) $f(x_1) = z'_1 \cdot \overline{b_3} \cdot b_1$ , если известно, что<br>$z'_1$ — это контакт реле времени;<br>$b_3$ — контакт датчика уровня;<br>$b_1$ — контакт конечного выключателя    |          |
| 2) $f(x_1) = \overline{b_3} \cdot (b_1 + x_1)$ , если известно, что<br>$b_3$ — контакт датчика давления;<br>$b_1$ — контакт конечного выключателя   |          |

## Краткие теоретические сведения по теме

**Назначение и типы принципиальных электрических 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.

**Элементом** схемы называется составная часть схемы, которая не может быть разделена на части, имеющая самостоятельное функциональное назначение (прибор, магнитный пускатель, трансформатор, ключ управления, резистор и т. д.).

Полные принципиальные электрические схемы по функциональному назначению **можно разделить на:** управления технологическими процессами, регулирования, защиты, измерения и сигнализации.

Принципиальные схемы управления состоят из силовых цепей или цепи главного тока и из вспомогательных цепей управления и защиты. 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.

**Разработка полной принципиальной схемы управления, защиты, контроля и сигнализации.** Полная принципиальная схема управления, защиты, контроля и сигнализации разрабатывается в соответствии с требованиями к схеме САУ ТП, которые определяются в начальной стадии проектирования.

На этом этапе определяются режимы работы оборудования (автоматический, ручной, наладочный) и способ функционирования оборудования (исключающий одновременное управление в нескольких режимах), способы защиты технологического процесса и оборудования, виды и объем сигнализации.

При разработке систем управления технологическими процессами сельскохозяйственного производства следует учитывать тот фактор, что оборудование ряда технологических процессов должно работать в режиме реального времени. К таким процессам относятся освещение в птичнике и досветка растений, кормление, доение и температурный режим в помещении и т. д.

Включение системы может обеспечить оператор с помощью тумблера или переключателя кнопочной станции.

Для функционирования САУ ТП без участия оператора используются программные устройства многосуточного действия типа УПУС, ПРУС (для обеспечения светового режима в птичнике) и устройства с суточным циклом работы типа 2РВМ, которое представляет собой часовой механизм, программное устройство которого делает один оборот в 24 часа. Современным средством, обеспечивающим многосуточный многопрограммный цикл автоматической работы оборудования, являются контроллеры [1].

**Переключение режимов работы оборудования.** В соответствии с техническим заданием на проектирование системы автоматического управления технологическим процессом (объектом управления) могут быть заданы кроме автоматического ручной и наладочный режимы работы, при этом исключается возможность одновременного управления в нескольких режимах.

Принципиальная схема управления таким процессом строится в соответствии со схемой, изображенной на рисунке 16.

Переключение режимов работы оборудования производится переключателем SA. В автоматическом режиме напряжение подается на шину 1 и система работает в соответствии с алгоритмом. В ручном режиме напряжение подается на шину 2 и управление обеспечивается вручную с помощью кнопочных блоков. Очередность включения агрегатов определяется технологическими условиями. На схеме (рисунок 16) подача напряжения на катушку магнитного пускателя КМ2 возможна после включения КМ1 и замыкания контакта КМ1 в цепи кнопочного блока SB4, SB5. Кнопочные блоки ручного управления устанавливаются на щите управления.

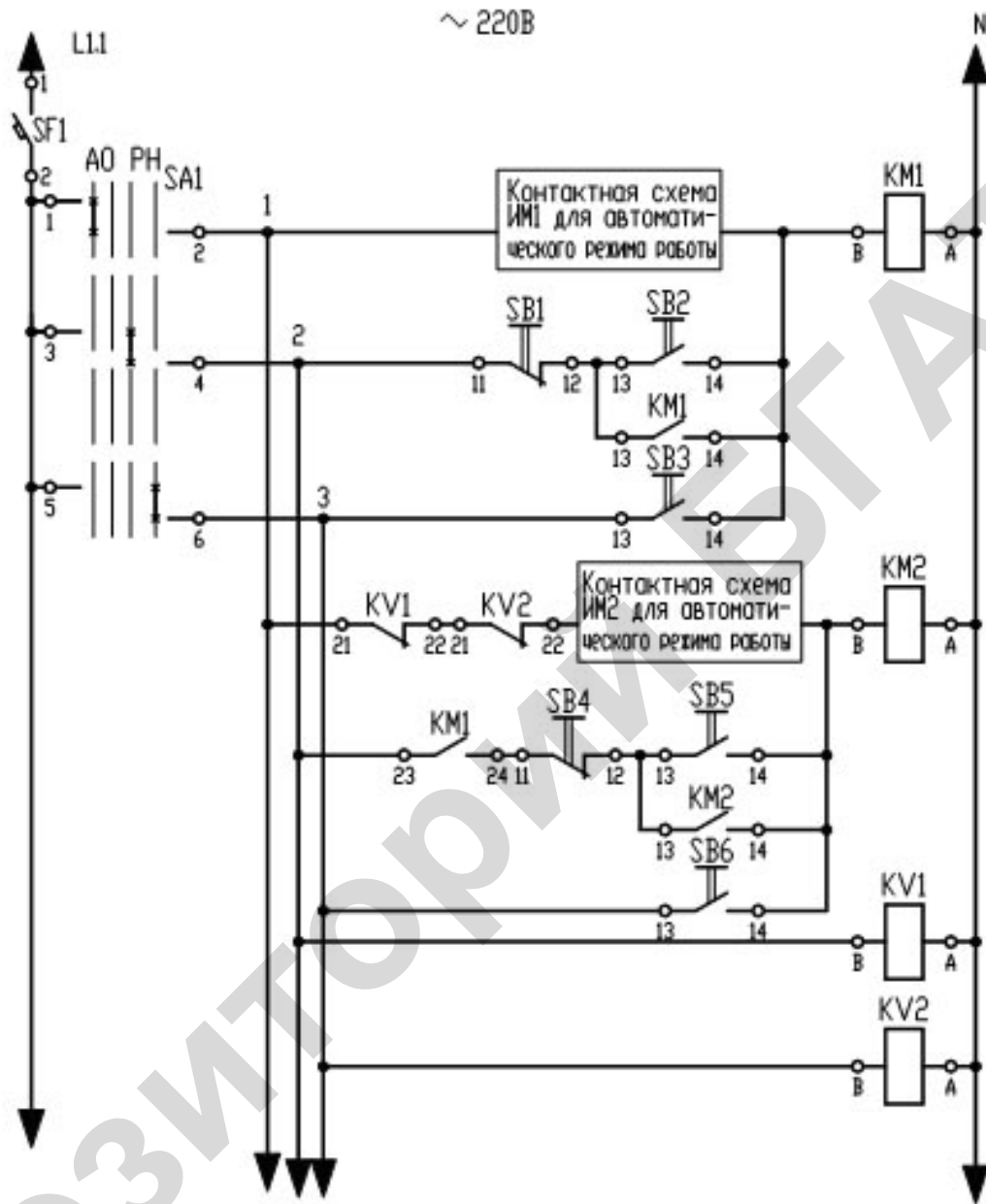


Рисунок 16 — Структура ПЭС для работы в нескольких режимах

При выполнении наладочных и ремонтных работ в отдельных случаях возникает необходимость кратковременного включения исполнительных устройств на месте их установки. На катушку магнитных пускателей KM1 и KM2 в режиме наладки напряжение подается с шины 3 кнопками SB5 и SB6, установленными по месту.

Шинная организация связи может вызвать дополнительные цепи по контактным схемам исполнительных механизмов и шине 1, что вы-

зывает одновременное срабатывание двух и более исполнительных механизмов при подаче управляющего сигнала на один из них в ручном или наладочном режимах. Разрыв дополнительных цепей можно обеспечить размыкающими контактами KV1 и KV2 реле, подключаемых к шинам ручного и наладочного режимов схемы.

**Автоматическая защита** представляет собой совокупность технических средств, которые при возникновении ненормальных и аварийных режимов прекращают контролируемый производственный процесс. Автоматическая защита тесно связана с автоматическим управлением и сигнализацией. Система автоматической защиты (САЗ) динамическая, она преобразует выходную величину объекта защиты в сигнал, сравнивает его с предельно допустимым значением и в случае превышения прекращает подачу энергии к объекту. Исполнительным элементом САЗ является контакт, который используется в принципиальной схеме защиты.

На рисунке 17 приведена схема защиты объекта управления, параметры которого контролируются датчиками SZ1–SZ3. Пуск системы производится контактами SB или КТ, которые затем блокируются контактом реле KV. В нормальных режимах работы объекта контакты датчиков SZ1–SZ3 замкнуты. При возникновении аварийного режима соответствующий контакт датчика размыкается, реле KV обесточивается и управление прекращается. Контакт сработавшего датчика переключается и при этом образуется электрическая цепь в сигнальной лампе аварийного табло. Принципиальная схема может быть использована, если после прекращения производственного процесса остальные датчики не изменяют своего состояния, в противном случае следует применять принципиальную схему защиты и сигнализации изображенную на рисунке 19.

Приведенная схема используется при автоматизации котлоагрегатов. На рабочий режим котлоагрегат выводится вручную, и контакты соответствующих датчиков приводятся в соответствующее положение.

После аварийного отключения котлоагрегата на табло загорается сигнальная лампа датчика, отключающего подачу топлива в котлоагрегат.

На рисунке 18 представлена принципиальная схема защиты агрегата с выдержкой времени на отключение после возникновения аварийного режима.

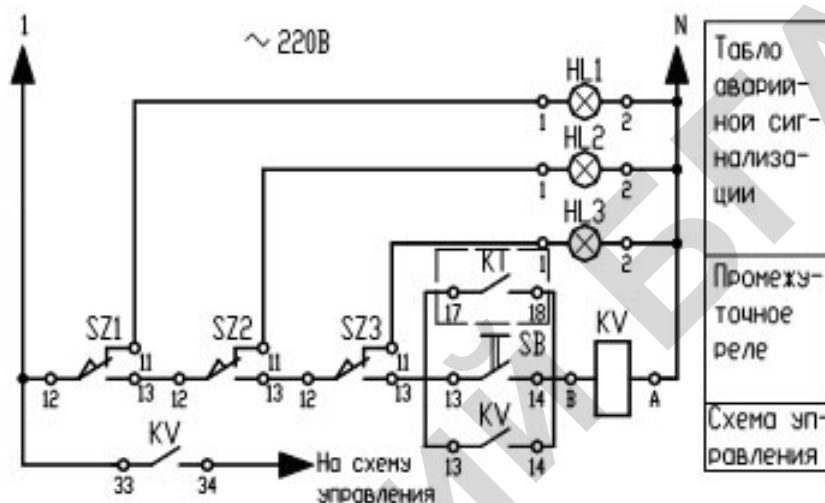


Рисунок 17 — ПЭС защиты объекта управления

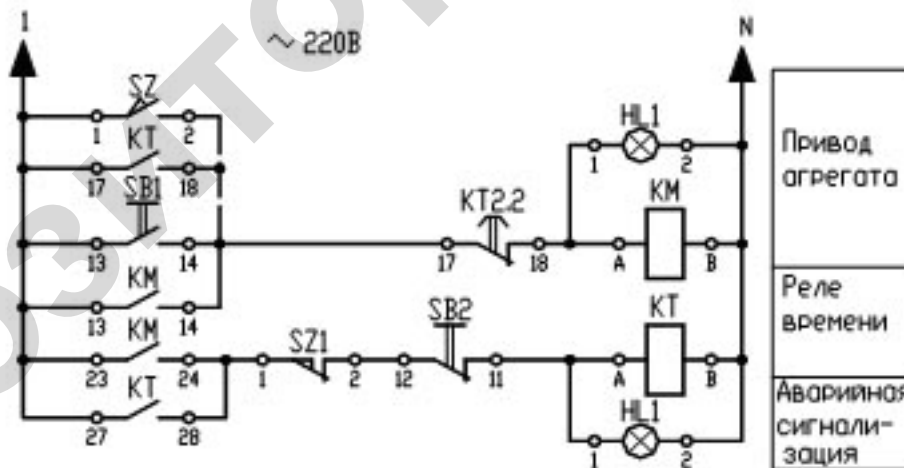


Рисунок 18 — ПЭС защиты агрегата

Пуск агрегата может производиться кнопкой SB1, контактом программного реле времени КТ или технологическим датчиком SZ. При этом подается напряжение на катушку магнитного пускателя КМ исполнительного механизма агрегата. Контакт КМ подает напряжение

на катушку реле времени КТ, которое своим контактом КТ блокирует этот контакт. Если за данный период времени агрегат не выйдет на рабочий режим, датчик аварийного режима SZ1 останется замкнутым, а контакт КТ2 в цепи катушки магнитного пускателя КМ разомкнется и отключит привод агрегата. Реле КТ останется на самоблокировке. Кнопка SB2 предназначена для снятия блокировки после устранения неисправности.

Для управления технологическим процессом в ручном режиме оператору необходима информация о его протекании, об уровне технологических параметров и состоянии механизмов.

В САУ ТП используются следующие типы сигнализации:

- **сигнализация положения**, связанная с исполнительными органами системы управления технологическим процессом (для уменьшения сложности схемы эту сигнализацию выполняют на переменном токе, включив сигнальные лампы параллельно с исполнительными органами);
- **сигнализация положения**, связанная с командными органами, датчиками положения, уровня, потока и т. п.;
- **технологическая сигнализация** о предельных и аварийных состояниях технологического процесса с подачей светового и звукового сигнала;
- **предупреждающая сигнализация** о включении оборудования (рисунок 20, а) или о ненормальных, но пока еще допустимых значениях контролируемых или регулируемых величин (рисунок 20, б). Появление предупреждающих сигналов указывает обслуживающему персоналу о принятии мер предосторожности или о необходимости принятия мер по устранению возникших неисправностей. В первом случае пуск оборудования осуществляется автоматически с помощью контакта КТ суточного реле времени, во втором — датчиком аварийного состояния объекта SZ. Сигнал с выдержкой времени или



подается на объект управления, или снимается. Кнопка SB предназначена для отключения схемы и снятия блокировки.

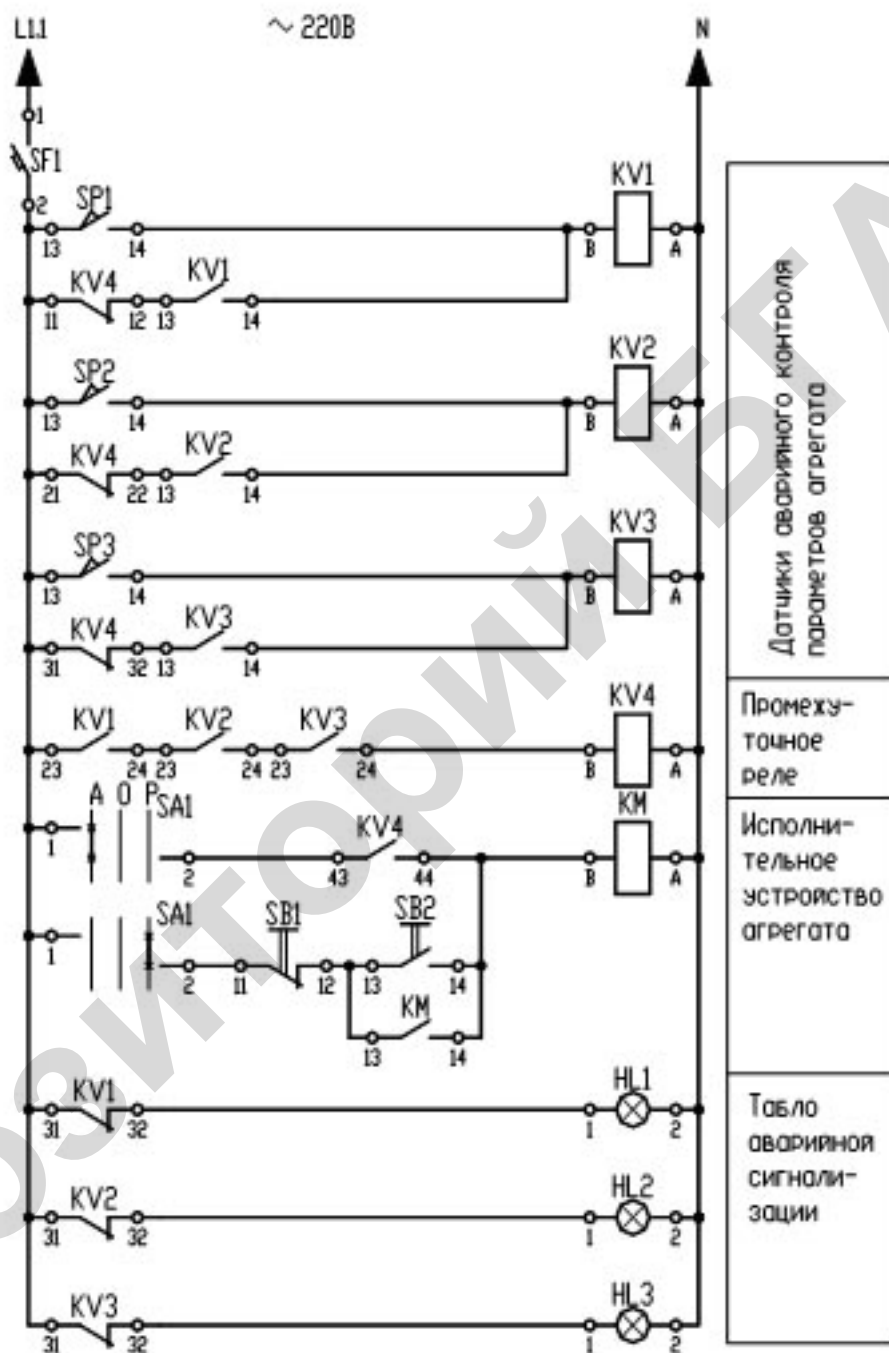


Рисунок 19 — ПЭС защиты и сигнализации

**Разработка отдельных цепочек схем сигнализации.** Для сигнализации о том, что заслонка не закрылась или не открылась, применяют

реле времени КТ (рисунок 21), которое включено параллельно КМ (привод заслонки или последнего в технологической цепочке ИМ). Если заслонка не закрылась (открылась) за определенный промежуток времени (технологический процесс не завершён), то конечный выключатель SQ (датчик завершения процесса SY) не разомкнется. Контакт КТ размыкается цепь в катушке исполнительного механизма КМ и подается аварийный сигнал (НЛ, НА).

**К дополнительным аппаратам аварийного отключения** относятся следующие устройства. Защита схем управления от токов короткого замыкания, отключающая системы управления при кратковременном исчезновении напряжения на шинах щита управления. Благодаря нулевой защите временное снятие напряжение со схем управления приводит к отключению электромагнитных элементов автоматики, но при этом командные органы (датчики, конечные выключатели и т. п.) и двигательные исполнительные механизмы остаются в прежнем состоянии. При повторном появлении напряжения на схеме возможно возникновение аварийных ситуаций из-за повторного включения механизмов. Чтобы избежать этого, в схемах предусматривается реле напряжения (рисунок 20, а), отключающее питание от схемы управления при описанном уменьшении напряжения на шинах щита. При наличии дистанционного ручного или автоматического управления процессом оператор выполняет функцию надзора за правильностью работы оборудования обходя и осматривая его. При обнаружении неисправности, отклонении от заданных параметров или при возникновении аварийной ситуации оператор должен иметь возможность быстро отключить оборудование, обесточив схему управления независимо от режима ее работы. Для этого в производственном помещении в доступных местах устанавливается несколько кнопок аварийного отключения схемы, контакты которых включаются, как правило, в цепь управления реле напряжения (нулевая защита).

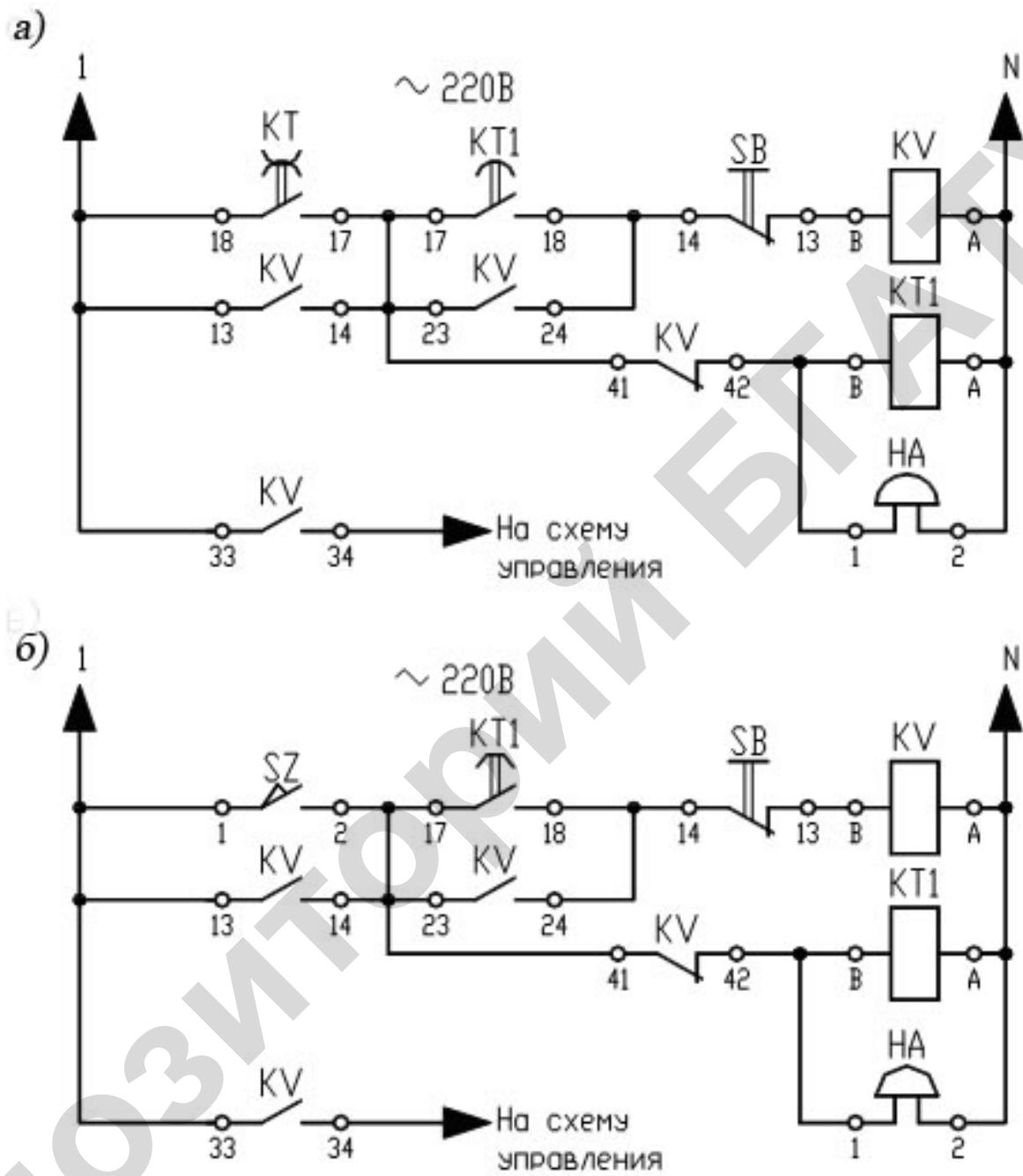


Рисунок 20 — Параметры ПЭС предупредительных сигналов

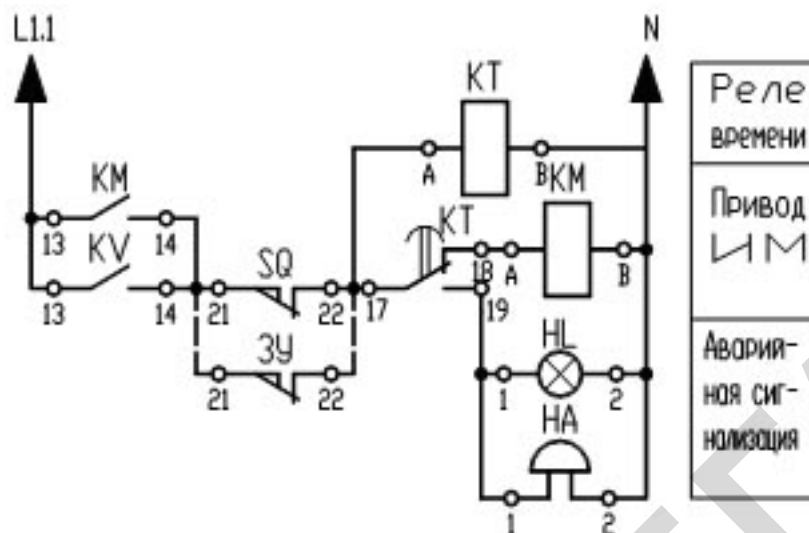


Рисунок 21 — Использование реле времени в схемах сигнализации

**Блокировка цепей катушек реверсивного пускателя.** Чтобы застраховаться от одновременного включения обеих катушек реверсивного магнитного пускателя, приводящего к короткому замыканию, в цепь включения одной катушки подсоединяют размыкающие контакты другой катушки. Это делает невозможным ее включение.

Есть и другие способы электрической и механической блокировки. Однако первый — наиболее универсальный, выполняющий свою функцию при любых режимах работы.

Особенности разработки **принципиальных электрических схем включения регуляторов** обсуждаются в [3].

**Основные требования к оформлению принципиальных электрических схем управления, регулирования контроля и сигнализации.** Принципиальные электрические схемы управления, регулирования, измерения, сигнализации, питания, входящие в состав проектной документации систем автоматизации, выполняют в соответствии с требованиями общих госстандартов [4, 5, 6] по правилам выполнения схем за исключением основной надписи, которую оформляют так же, как и основные надписи других чертежей, входящих в состав проекта автоматизации [7, 8]. В случае выполнения до-

кументации в ходе учебного процесса следует руководствоваться требованиями стандарта предприятия [9].

На чертежах принципиальной электрической схемы системы автоматизации в общем случае должны изображаться:

- все электрические элементы, необходимые для управления, регулирования, измерения, сигнализации, электропитания;
- контакты аппаратов данной схемы, занятые в других схемах, и контакты аппаратов других схем;
- диаграммы и таблицы включений, контактов переключателей, программных устройств, конечных и путевых выключателей, циклограммы работы аппаратуры;
- поясняющая технологическая схема, схема блокировочных зависимостей работы оборудования (при необходимости);
- необходимые пояснения и примечания;
- перечень элементов.

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 по требованиям ряда стандартов, выдержки из которых приведены в [9]. При совмещенном способе составные части элементов или устройств изображают на схеме в непосредственной близости друг к другу. При разнесенном способе составные части элемен-

тов 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.

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.

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.

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 22).

**1. Позиционное обозначение** в общем случае состоит из 3-х частей, указывающих вид элемента, его номер и функцию. Первые два 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 (приложение 1 ГОСТ 2.710–81), во второй части записывают одну или несколько цифр для указания номера элемента, и в третьей (при необходимости) — одну или несколько букв функции элемента (приложение 2 ГОСТ 2.710–81).

Позиционные обозначения проставляют на схеме рядом с условными графическими обозначениями элементов и устройств с правой стороны или над ними.

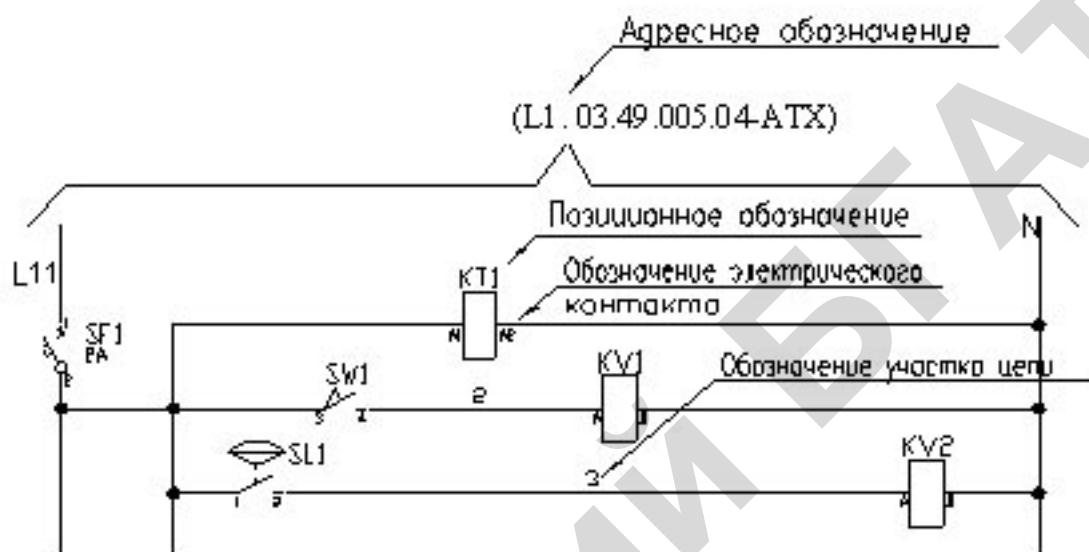


Рисунок 22 — Группы обозначений на чертеже принципиальной электрической схемы

**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.

**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. Соедине-



ния, 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-ая фаза — L1, L11, L12, L13 и т.д.; 2-ая фаза — L2, L21, L22, L23 и т.д.; 3-ая фаза — L3, L31, L32, L33 и т.д.). Пример обозначения показан на чертежах приложения 8.

Допускается, если это не вызовет ошибочного подключения, обозначать фазы соответственно буквами *A, B, C*.

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 распо-

ложении 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.

Пример выполнения принципиальной электрической схемы управления выполненной в соответствии со структурой управления, разработанной в качестве примера в ходе темы 4, представлен в приложении 8 (рисунки П8.4, П8.5, П8.7, П8.8). Причем первый вариант схемы дан для устройства управления, реализованного на релейно-контактной аппаратуре, второй – на базе контроллера. Второй вариант предпочтительнее, так как он позволяет в полном объеме без ограничений реализовать требуемый алгоритм управления.

### **Контрольные вопросы**

1. Как по функциональному признаку могут быть разделены принципиальные электрические схемы?
2. Какими частями следует дополнить переведенную структуру управления, чтобы получить полную принципиальную схему?
3. Какими требованиями следует руководствоваться при выборе режимов управления оборудованием и как их реализовать на принципиальной схеме?
4. Каковы условия выбора аппаратуры, реализующей полную принципиальную электрическую схему?
5. Каковы основные требования к оформлению принципиальных электрических схем?

## Литература

1.  $\alpha$  универсальный контроллер : Руководство пользователя. — MITSUBISHI, 2000. — 33 с.
2. Фурсенко, С.Н. Разработка проекта автоматизации технологических процессов / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск : БГАТУ, 2003. — 218 с.
3. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов : учеб. пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск : БГАТУ, 2007. — 592 с.
4. ГОСТ 2.702–75 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.
5. ГОСТ 2.710–81 ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
6. ГОСТ 2.755–87 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения.
7. ГОСТ 21.408–93 СПДС. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов.
8. ГОСТ 21.101–93 СПДС. Основные требования к рабочей документации.
9. Стандарт предприятия. Общие требования к организации проектирования и правила оформления дипломных и курсовых проектов (работ): Нормативное производственно-практическое издание / сост. В.В. Гурин, Е.С. Якубовская, А.Г. Цубанов, Б.М. Киселев. — Минск : БГАТУ, 2007. — 143 с.

## Тема 6 САУ ТП на бесконтактных логических элементах

**Мотивационная характеристика.** Освоение методики перевода контактных схем на бесконтактные позволяет с успехом применять ту же методику для перевода структуры управления в программу логического контроллера (на языке FBD), что делает данный метод универсальным при проектировании современных систем автоматизации.

**Цель:** получить представление о синтезе систем автоматического управления технологическим оборудованием с помощью аппарата булевой алгебры, усвоить основные логические элементы, приобрести умения синтеза устройств управления на бесконтактных логических элементах.

### Задания

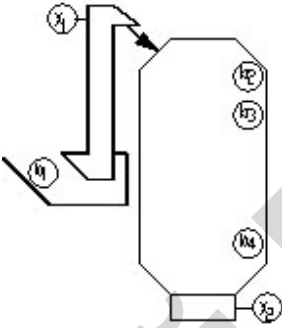
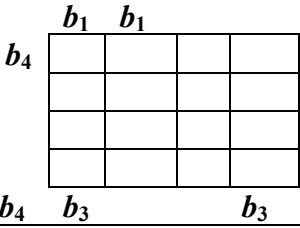
1. Заполнить карточку предварительной подготовки к занятию.
2. Повторить синтез САУ ТП в соответствии с заданием темы 2 (для одного исполнительного механизма) с помощью осваиваемого в ходе занятия метода.
3. Перевести полученную структурную формулу управления и формулу данную в задании (приложение 9) на бесконтактные элементы.
4. Используя программу Alpha Programming набрать полученную схему на языке FBD, симитировать ее работу и показать результат преподавателю.

## Контрольные вопросы для самоподготовки

1. Какие системы автоматики называют дискретными?
2. Что является основой для составления таблицы истинности?
3. Что перечисляется в таблице истинности?
4. Каково правило получения логической функции по таблице истинности?
5. Что такое карта Карно?
6. Для чего применяется карта Карно?
7. Перечислите правила минимизации с помощью карт Карно?

### Карточка подготовки к занятию

| САУ ТП на бесконтактных логических элементах   |       |                     |       |       |                 |       |       |                                |        |       |                                       |
|--|-------|---------------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|--------------------------------|--------|-------|---------------------------------------|
| Дополните высказывание:  |       |                     |       |       |                 |       |       |                                |        |       |                                       |
| <p><b>1. Входные и выходные</b> сигналы дискретных систем автоматики могут принимать два возможных значения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• сигналу «включено» соответствует _____ уровень напряжения и обозначается символом _____</li> <li>• сигналу «выключено» соответствует _____ уровень напряжения и обозначается символом _____</li> </ul> |       |                     |       |       |                 |       |       |                                |        |       |                                       |
| 2. Число строк в таблице истинности должно быть равно  |       |                     |       |       |                 |       |       |                                |        |       |                                       |
| 3. Единицами на карте Карно отметить клетки, соответствующие   |       |                     |       |       |                 |       |       |                                |        |       |                                       |
| 4. Выделенные прямоугольные области на карте Карно должны иметь  |       |                     |       |       |                 |       |       |                                |        |       |                                       |
| 5. Заполните таблицу истинности для операций   |       |                     |       |       |                 |       |       |                                |        |       |                                       |
| И  |       | ИЛИ                 |       |       |                 | И-НЕ  |       |                                | ИЛИ-НЕ |       |                                       |
| $x_1$  | $x_2$ | $Y = x_1 \cdot x_2$ | $x_1$ | $x_2$ | $Y = x_1 + x_2$ | $x_1$ | $x_2$ | $Y = \overline{x_1 \cdot x_2}$ | $x_1$  | $x_2$ | $Y = \overline{x_1} + \overline{x_2}$ |
| 0  | 0     |                     | 0     | 0     |                 | 0     | 0     |                                | 0      | 0     |                                       |
| 0  | 1     |                     | 0     | 1     |                 | 0     | 1     |                                | 0      | 1     |                                       |
| 1  | 0     |                     | 1     | 0     |                 | 1     | 0     |                                | 1      | 0     |                                       |
| 1  | 1     |                     | 1     | 1     |                 | 1     | 1     |                                | 1      | 1     |                                       |

|   |  |                             |   |       |       |       |       |
|---|--|-----------------------------|---|-------|-------|-------|-------|
| 6. Приведите запись логической функции:   |  |                             |   |       |       |       |       |
| $y = a + b$ к базису ИЛИ-НЕ   | $y = a + b$ к базису И-НЕ  | $y = a * b$ к базису ИЛИ-НЕ | $y = a * b$ к базису И-НЕ   |       |       |       |       |
|   |  |                             |   |       |       |       |       |
| <p>7. Опишите в таблице истинности требуемую работу дискретной системы автоматического управления разгрузкой и загрузкой бункера сушки. Должны быть обеспечены следующие требования:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>выгрузка порции зерна осуществляется при срабатывании датчика температуры до нижнего уровня в надсушильном бункере;</li> <li>загрузка порции зерна осуществляется при его наличии в завальной яме после выгрузки до нижнего уровня пока не будет обеспечен верхний уровень</li> </ul> |  <p><math>b_1</math>–<math>b_3</math> – датчики уровня в завальной яме, верхнего и нижнего; <math>b_4</math> – датчик температуры; <math>X_1</math>–<math>X_2</math> – привода нории и выгрузного устройства</p> | $b_1$                       | $b_2$   | $b_3$ | $b_4$ | $X_1$ | $X_2$ |
|   |  | 0                           | 0   | 0     | 0     |       |       |
|   |  | 0                           | 0   | 0     | 1     |       |       |
|   |  | 0                           | 0   | 1     | 0     |       |       |
|   |  | 0                           | 0   | 1     | 1     |       |       |
|   |  | 0                           | 1   | 0     | 0     |       |       |
|   |  | 0                           | 1   | 0     | 1     |       |       |
|   |  | 0                           | 1   | 1     | 0     |       |       |
|   |  | 0                           | 1   | 1     | 1     |       |       |
|   |  | 1                           | 0   | 0     | 0     |       |       |
|   |  | 1                           | 0   | 0     | 1     |       |       |
|   |  | 1                           | 0   | 1     | 0     |       |       |
|   |  | 1                           | 0   | 1     | 1     |       |       |
|   |  | 1                           | 1   | 0     | 0     |       |       |
| 1   | 1  | 0                           | 1   |       |       |       |       |
| 1   | 1  | 1                           | 0   |       |       |       |       |
| 1   | 1  | 1                           | 1   |       |       |       |       |
| 8. В соответствии с правилом по таблице истинности запишите аналитические выражения для функций   | $X_1 =$  | $X_2 =$                     |   |       |       |       |       |
| 9. Заполните карту Карно для обеих функций  |    |                             |  |       |       |       |       |
| 10. Примените правило минимизации для получения окончательного ответа   | $X_1 =$  | $X_2 =$                     |   |       |       |       |       |

## Краткие теоретические сведения по теме

**Описание дискретных систем с использованием таблиц истинности.** Дискретными или логическими системами автоматики называют такие системы, у которых входные и выходные сигналы могут принимать два возможных значения. Обычно одно из этих значений соответствует сигналу «включено» или высокому уровню напряжения (формально обозначается символом логической единицы «1»). Второе значение соответствует сигналу «выключено» или низкому уровню напряжения (формально обозначается символом логического нуля «0»).

Любая дискретная система автоматики может быть рассмотрена как некоторый объект, который преобразует входные сигналы  $x_1 \dots x_n$  в выходной сигнал  $Y = f(x_1 \dots x_n)$ . Логические переменные  $x_1 \dots x_n$ , а также  $Y$  могут принимать значения «0» или «1», причем зависимость выходного сигнала от входных описывается логической функцией  $f$ , которая каждому набору значений входных переменных ставит в соответствие значение выходной переменной.

Логическую функцию задают **таблицей истинности** или логическим выражением. Достоинством способа описания таких систем с помощью таблицы истинности является его простота и наглядность, однако, при большом количестве входных сигналов таблицы получаются громоздкими. В таблице истинности перечисляются все наборы входных сигналов и соответствующие каждому набору значения выходного сигнала или сигналов. Такая таблица составляется на этапе проектирования системы и описывает ее реакции на различные входные воздействия. Основой для составления таблицы истинности является технологический процесс.

Для примера опишем с помощью таблицы истинности работу устройства управления горизонтальным перемещением кормораздатчика (рисунок 23). Сигнал на движение вперед подает кнопка



SB1 (обозначим для записи в таблице истинности как  $x_1$ ). При нажатии кнопки на устройство управления кормораздатчиком (УУК) подается сигнал  $x_1 = 1$ . Останавливает кормораздатчик в крайнем положении сигнал от концевого выключателя SQ1 ( $x_3 = 1$ ) независимо от сигнала  $x_1$ . Аналогично при движении назад задействованы кнопка SB1 ( $x_2$ ) и SQ2 ( $x_4$ ). Одновременное нажатие кнопок или одновременное срабатывание выключателей (в результате их неисправности) должно прекратить движение кормораздатчика.

УУК вырабатывает управляющие сигналы  $Y_1$  — пуск кормораздатчика вперед и  $Y_2$  — пуск кормораздатчика назад. При  $Y_1 = 0$  и  $Y_2 = 0$  кормораздатчик стоит на месте. Комбинация  $Y_1 = 1$  и  $Y_2 = 1$  является **запрещенной**, т. е. такой набор выходных сигналов не может появиться на выходе УУК при любых сигналах на входе.

Пользуясь данным описанием составим таблицу истинности (таблица 6), определяющую работу УУК. Данная таблица одновременно задает две логические функции  $Y_1 = f(x_1, x_2, x_3, x_4)$  и  $Y_2 = f(x_1, x_2, x_3, x_4)$ . Заметим, что число строк в таблице истинности должно быть равно числу всевозможных наборов значений входных сигналов, то есть  $2^n$ , где  $n$  — число входных сигналов.

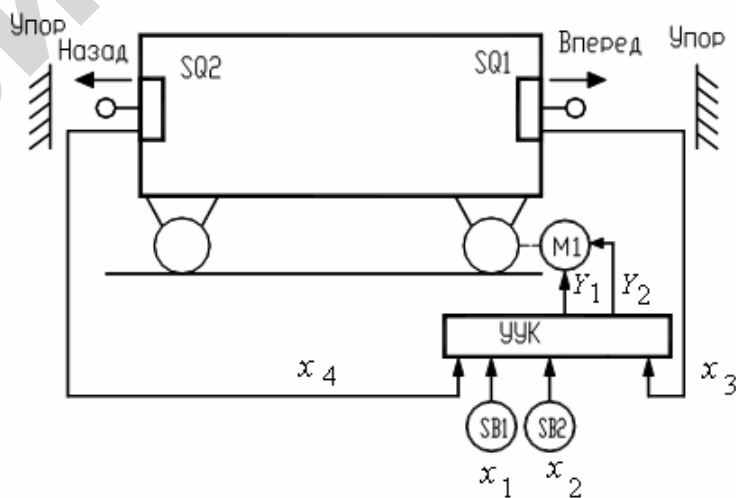


Рисунок 23 — Схема управления горизонтальным перемещением кормораздатчика

Таблица 6 — Таблица истинности работы УУК

| $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $Y_1$ | $Y_2$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 0     | 0     | 0     | 1     | 0     | 0     |
| 0     | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     |
| 0     | 0     | 1     | 1     | 0     | 0     |
| 0     | 1     | 0     | 0     | 0     | 1     |
| 0     | 1     | 0     | 1     | 0     | 0     |
| 0     | 1     | 1     | 0     | 0     | 1     |
| 0     | 1     | 1     | 1     | 0     | 0     |
| 1     | 0     | 0     | 0     | 1     | 0     |
| 1     | 0     | 0     | 1     | 1     | 0     |
| 1     | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     |
| 1     | 0     | 1     | 1     | 0     | 0     |
| 1     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 1     | 1     | 0     | 1     | 0     | 0     |
| 1     | 1     | 1     | 0     | 0     | 0     |
| 1     | 1     | 1     | 1     | 0     | 0     |

**Правило** для получения аналитической записи по таблице истинности формулируется следующим образом:

✓ любая логическая функция записывается в виде суммы (дизъюнкции) логических произведений (конъюнкций)  $Z_i$ , описывающих строки таблицы истинности, в которых функция принимает значение логической единицы;

✓ каждая конъюнкция  $Z_i$  включает все входные переменные, причем переменная  $x_j$  ( $j = 1 \dots n$ ) входит в конъюнкцию без инверсии, если в  $i$ -й строке таблицы истинности она равна логической единице, иначе она входит в конъюнкцию с инверсией.

Обратимся к примеру. Функция  $Y_1 = f(x_1, x_2, x_3, x_4)$  принимает значение логической единицы при  $x_1 = 1, x_2 = 0, x_3 = 0$  и  $x_4 = 0$  (9 строка таблицы) и при  $x_1 = 1, x_2 = 0, x_3 = 0$  и  $x_4 = 1$  (10 строка таблицы). Запишем логические произведения:

$$Z_9 = x_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_3 \cdot \bar{x}_4; \quad (11)$$

$$Z_{10} = x_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_3 \cdot x_4. \quad (12)$$

Логическую функцию  $Y_1$  получим путем логического сложения (11) и (12):

$$Y_1 = Z_9 + Z_{10} = x_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_3 \cdot \bar{x}_4 + x_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_3 \cdot x_4. \quad (13)$$

Применив тоже правило, получим для второй функции:

$$Y_2 = Z_5 + Z_7 = \bar{x}_1 \cdot x_1 \cdot \bar{x}_3 \cdot \bar{x}_4 + \bar{x}_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot \bar{x}_4. \quad (14)$$

Однако получив логические уравнения необходимо еще уметь их упростить. Наряду с алгебраической минимизацией (тема 3) и с помощью таблиц покрытия (тема 4) широко применяется метод, использующий карты Карно (диаграммы Вейча). **Карты Карно** — это графическое представление таблиц истинности. Каждая клетка карты соответствует одной конъюнкции при записи логической функции в совершенной дизъюнктивной нормальной форме — **СДНФ** (в форме дизъюнкции конъюнкций). Поэтому число клеток всегда равно  $2^n$ .

Рассмотрим принципы построения карт Карно и минимизации логических выражений.

Пусть логическая функция задана с помощью таблицы истинности (таблица 7).

Запишем для функции  $Y = f(x_1, x_2)$  аналитическое выражение:

$$Y = \bar{x}_1 \cdot x_2 + x_1 \cdot \bar{x}_2 + x_1 \cdot x_2. \quad (15)$$

Карта Карно в данном случае состоит из 4-х клеток и представлена на рисунке 24. Каждая клетка соответствует определенной комбинации значений переменных  $x_1$  и  $x_2$ . Единицами на карте отмечены те клетки, которые соответствуют конъюнкциям в выражении (6). Левая верхняя клетка соответствует конъюнкции  $x_1, x_2$ , левая нижняя — конъюнкции  $\bar{x}_1 \cdot x_2$ , правая верхняя — конъюнкции  $x_1 \cdot \bar{x}_2$ . На рисунке обведены соседние клетки, содержащие 1.

Таблица 7

| $x_1$ | $x_2$ | $Y$ |
|-------|-------|-----|
| 0     | 0     | 0   |
| 0     | 1     | 1   |
| 1     | 0     | 1   |
| 1     | 1     | 1   |

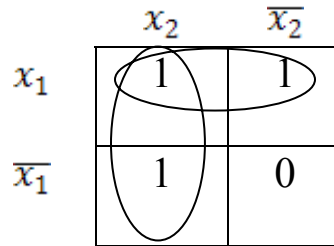


Рисунок 24 — Карта Карно для функции двух переменных

Нетрудно понять, что верхняя строка соответствует функции

$$Y' = x_1 \cdot x_2 + x_1 \cdot \overline{x_2},$$

а левый столбец функции

$$Y'' = x_1 \cdot x_2 + \overline{x_1} \cdot x_2.$$

Тогда, сложив  $Y'$  и  $Y''$  и применив алгебраическую минимизацию, получим:

$$\begin{aligned} Y &= Y' + Y'' = x_1 \cdot x_2 + x_1 \cdot \overline{x_2} + x_1 \cdot x_2 + \overline{x_1} \cdot x_2 = \\ &= x_1(x_2 + \overline{x_2}) + x_2(x_1 + \overline{x_1}) = x_1 + x_2. \end{aligned} \quad (16)$$

В результате получили, что верхняя строка карты описывается функцией  $Y' = x_1$ , а левый столбец — функцией  $Y'' = x_2$ . Тот же ответ следует из карты Карно. Для этого достаточно заметить, что верхняя строка соответствует неизменному значению переменной  $x_1$ , а левый столбец — неизменному значению переменной  $x_2$ , и записать дизъюнкцию этих переменных.

В общем случае **правило минимизации** логических выражений с помощью карт Карно можно сформулировать следующим образом.

1. Записать логическую функцию в СДНФ.
2. Единицами на карте Карно отметить клетки, соответствующие каждой конъюнкции в СДНФ, остальные заполнить нулями.
3. Выделить прямоугольные области из клеток, заполненных единицами. При этом области должны иметь максимально возможные

размеры, а число клеток в них обязательно кратно степени числа 2 (области могут пересекаться).

4. Для каждой области определить переменные, сохраняющие свои значения неизменными, и составить конъюнкции этих переменных.
5. Записать результат минимизации, составив дизъюнкцию конъюнкции, полученных в пункте 4.

Применим данное правило для минимизации функции трех переменных, заданной таблицей 8:

$$Y = \overline{x_1} \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{x_3} + \overline{x_1} \cdot \overline{x_2} \cdot x_3 + \overline{x_1} \cdot x_2 \cdot \overline{x_3} + x_1 \cdot \overline{x_2} \cdot x_3 + x_1 \cdot x_2 \cdot x_3. \quad (17)$$

Таблица 8

| $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $Y$ |
|-------|-------|-------|-----|
| 0     | 0     | 0     | 1   |
| 0     | 0     | 1     | 1   |
| 0     | 1     | 0     | 1   |
| 0     | 1     | 1     | 0   |
| 1     | 0     | 0     | 0   |
| 1     | 0     | 1     | 1   |
| 1     | 1     | 0     | 0   |
| 1     | 1     | 1     | 1   |

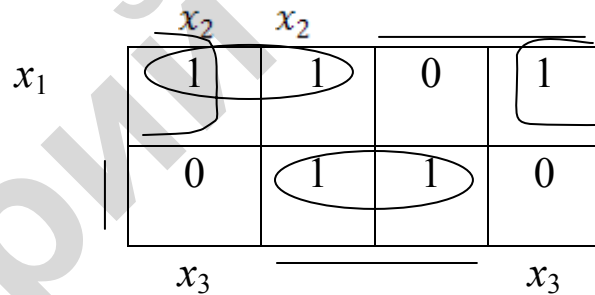


Рисунок 25 — Карта Карно для функции трех переменных (чертой обозначены клетки, соответствующие инверсии переменных)

Прямоугольные области, отмеченные на карте Карно (рисунок 25), позволяют записать минимальное выражение для функции  $Y$  в виде:

$$Y = x_1 \cdot x_2 + \overline{x_1} \cdot \overline{x_3} + x_1 \cdot x_3. \quad (18)$$

Хотя обычно карта Карно для функции трех и четырех переменных изображается на плоскости, как показано на рисунке, с точки зрения формирования прямоугольных групп карту нужно считать трехмерной. Карту с тремя переменными следует рассматривать как цилиндр со склеенными правыми и левыми краями. Поскольку пря-

моугольные группы формируются на цилиндре, на плоском рисунке та или иная группа может оказаться разорванной. На картах с четырьмя переменными нужно считать склеенными не только правый и левый края, но также верхний и нижний. Таким образом, карта с четырьмя переменными должна рассматриваться как поверхность тора.

Иногда при составлении таблицы истинности, описывающей работу проектируемого дискретного устройства, известно, что какие-то комбинации входных сигналов появиться не могут, или если они появляются, то значение сигнала на выходе несущественно. Для таких ситуаций нет необходимости определять значения выходных сигналов. Такая логическая функция называется неопределенной. В соответствующих строках таблицы истинности и клетках карты Карно при этом ставят прочерк. Клетки, в которых стоит прочерк, можно произвольным образом включить в прямоугольные группы единиц.

Вернемся к примеру. Функции  $Y_1$  и  $Y_2$  являются функциями 4-х переменных, поэтому карты состоят из 16 клеток (рисунки 26 и 27).

Выделив прямоугольные области в соответствии с правилом минимизации получим:

$$Y_1 = x_1 \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{x_3}; \quad (19)$$

$$Y_2 = \overline{x_1} \cdot x_2 \cdot \overline{x_4}. \quad (20)$$

|       |       |                  |                  |                  |       |
|-------|-------|------------------|------------------|------------------|-------|
|       | $x_1$ | $\overline{x_1}$ | $\overline{x_2}$ | $x_2$            |       |
| $x_4$ | 0     | 0                | 0                | 0                | $x_2$ |
|       | 0     | 0                | 0                | 0                | $x_2$ |
|       | 0     | 1                | 0                | 0                |       |
| $x_4$ | 0     | 1                | 0                | 0                |       |
|       | $x_3$ | $\overline{x_3}$ | $x_3$            | $\overline{x_3}$ |       |

Рисунок 26 — Карта Карно для функции  $Y_1$

|       |       |                  |                  |                  |       |
|-------|-------|------------------|------------------|------------------|-------|
|       | $x_1$ | $\overline{x_1}$ | $\overline{x_2}$ | $x_2$            |       |
| $x_4$ | 0     | 0                | 0                | 0                | $x_2$ |
|       | 0     | 0                | 1                | 1                | $x_2$ |
|       | 0     | 0                | 0                | 0                |       |
| $x_4$ | 0     | 0                | 0                | 0                |       |
|       | $x_3$ | $\overline{x_3}$ | $x_3$            | $\overline{x_3}$ |       |

Рисунок 27 — Карта Карно для функции  $Y_2$

**Описание дискретных систем логическими функциями.** Данный способ основан на применении аппарата булевой алгебры и позволяет получить аналитическое выражение для логической функции  $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , которое затем применяется при разработке принципиальных схем автоматики. Булева алгебра оперирует с логическими переменными. С ее помощью задают любую логическую функцию, используя элементарные логические операции И, ИЛИ, НЕ.

**Операция И** (конъюнкция) обозначается точкой ( $\cdot$ ), которая может опускаться при записи, или символом  $\wedge$ , например  $Y = x_1 \cdot x_2 = x_1 x_2 = x_1 \wedge x_2$ .

Операция И для двух переменных определяется таблицей истинности (таблица 9).

Операция И легко обобщается на случай  $n$  логических переменных. А именно, переменная  $y = x_1 x_2 \dots x_n$  равна логической 1 только тогда, когда значение каждой переменной  $x_1, x_2, \dots, x_n$  равно логической 1, иначе  $y = 0$ . Логические функции и устройства (логические элементы), реализующие операции И, на схемах изображаются в виде прямоугольника, в левом верхнем углу которого помещен знак конъюнкции «&» (рисунок 28).

Таблица 9 — Таблица истинности для операции И (случай двух аргументов)

| $x_1$ | $x_2$ | $y = x_1 x_2$ |
|-------|-------|---------------|
| 0     | 0     | 0             |
| 0     | 1     | 0             |
| 1     | 0     | 0             |
| 1     | 1     | 1             |

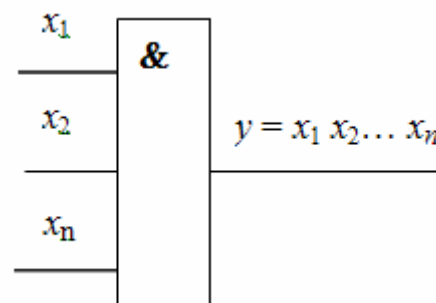


Рисунок 28 — Условное графическое изображение элемента И с  $n$  входами

**Операция ИЛИ** (дизъюнкция) обозначается знаком (+) или символом  $\vee$ . Операция ИЛИ для двух переменных определяется по таблице 10.

Если число входных переменных  $n$ , то функции  $y = x_1 + x_2 + \dots + x_n$ , равна логической 1, если хотя бы одно из переменных  $x_1, x_2, \dots, x_n$  равна логической 1, иначе  $y = 0$ . На рисунке 29 приводится пример условного графического изображения элемента ИЛИ.

Таблица 10 — Таблица истинности для операции ИЛИ

| $x_1$ | $x_2$ | $y = x_1 + x_2$ |
|-------|-------|-----------------|
| 0     | 0     | 0               |
| 0     | 1     | 1               |
| 1     | 0     | 1               |
| 1     | 1     | 1               |

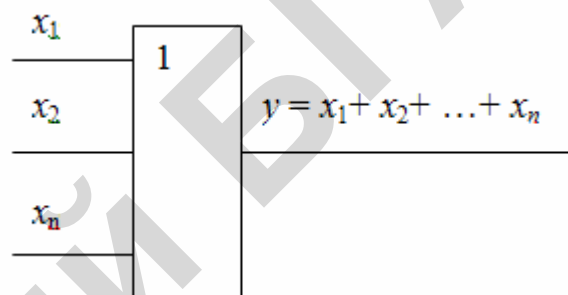


Рисунок 29 — Условное графическое изображение элемента ИЛИ с  $n$  входами

**Операция НЕ**, которую также называют отрицанием или инверсией, обозначается надчеркиванием (инверсия)  $y = \bar{x}$  (таблица 11). Пример условного графического изображения элемента, реализующего операцию НЕ, представлен на рисунке 30.

Таблица 11 — Истинность для операции НЕ

| $x$ | $y$ |
|-----|-----|
| 0   | 1   |
| 1   | 0   |

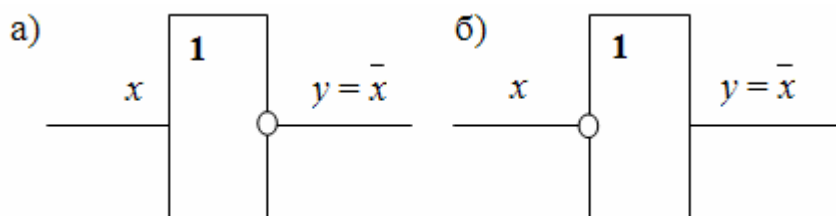


Рисунок 30 — Условное графическое изображение элемента НЕ



На практике наряду с элементами И, ИЛИ, НЕ в схемах автоматики используются элементы, реализующие логические функции И–НЕ и ИЛИ–НЕ (таблица 12)

Любую логическую функцию можно реализовать, имея элементы только ИЛИ–НЕ или только элементы И–НЕ. Необходимость приведения логического выражения к заданному базису возникает в связи с ограниченным ассортиментом устройств, реализующих логические функции (например, современные серии интегральных микросхем не реализуют некоторые логические функции). Рассмотрим примеры подобных преобразований.

Приведем запись логической функции ИЛИ к базису ИЛИ–НЕ, используя закон двойной инверсии:

$$Y_1 = x_1 + x_2 = \overline{\overline{x_1 + x_2}} \quad (21)$$

Выражение под второй инверсией  $\overline{x_1 + x_2}$  и является выражением по заданному базису.

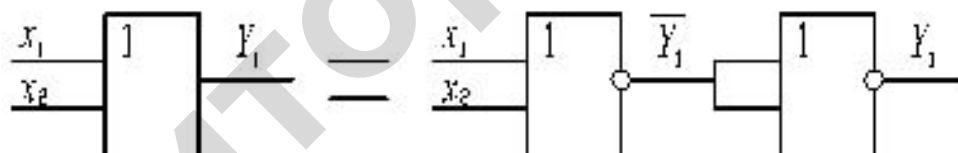


Рисунок 31 — Функциональная схема приведения логической функции ИЛИ к базису ИЛИ–НЕ

В качестве элемента инверсии использован двухвходовый элемент ИЛИ–НЕ, у которого оба входа соединяются, как показано на схеме.

Аналогично, используя законы двойной инверсии и де Моргана, приведем функцию ИЛИ к базису И–НЕ. Схема замены приведена на рисунке 32.

$$Y_1 = x_1 + x_2 = \overline{\overline{x_1 + x_2}} = \overline{\overline{x_1} \cdot \overline{x_2}} \quad (22)$$

Таблица 12 — Основные функции двух переменных

| Функция                        | Таблица истинности |   |   |   |   | Символ. 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 <i>a</i> , и переменная <i>b</i> имеет значение 1 | $f_1(k) = a \cdot b$  |    |    |
| 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                                | $f_2(k) = a + b$  |    |    |
| Инверсия (функция НЕ)          | $f_3$              | 0 | 0 | 1 | 1 | $\bar{a}$           | Функция имеет значение, обратное значению переменной <i>a</i> , и не зависит от значения переменной <i>b</i>         | $f_3(k) = \bar{a}$  |    |    |
| 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                                | $f_4(k) = \bar{a} + \bar{b}$<br>$f_4(k) = \overline{a \cdot b}$ |    |    |
| 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                                | $f_5(k) = \bar{a} \cdot \bar{b}$<br>$f_5(k) = \overline{a + b}$ |  |  |

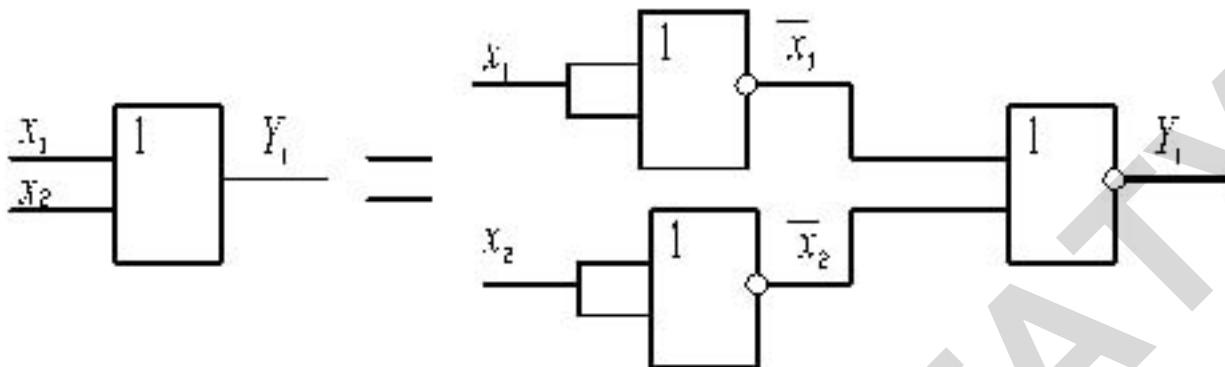


Рисунок 32 — Функциональная схема приведения логической функции ИЛИ к базису И-НЕ

Произведем замену логической функции И на базовые элементы И-НЕ и ИЛИ-НЕ:

$$Y_2 = x_1 \cdot x_2 = \overline{\overline{x_1 \cdot x_2}}; \quad (23)$$

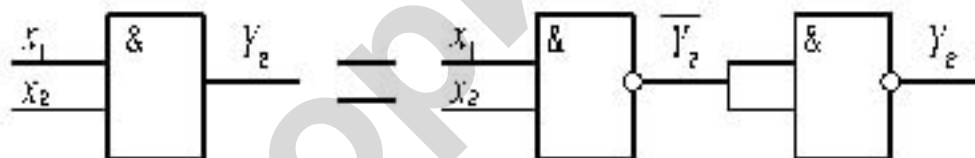


Рисунок 33 — Функциональная схема приведения логической функции И к базису И-НЕ

$$Y_2 = x_1 \cdot x_2 = \overline{\overline{x_1 \cdot x_2}} = \overline{x_1 + x_2}. \quad (24)$$

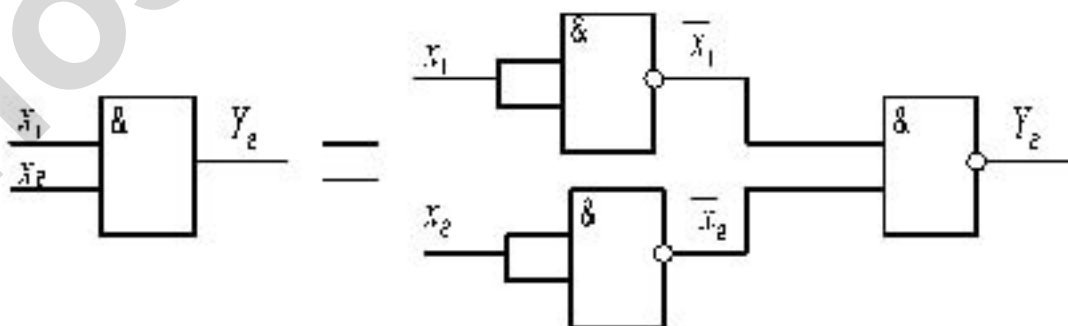


Рисунок 34 — Функциональная схема приведения логической функции ИЛИ к базису И-НЕ

Однако для аналитической записи релейных схем чаще всего используют систему из трех логических функций: инверсии, конъюнкции и дизъюнкции. Логические функции инверсии, конъюнкции и дизъюнкции обладают наиболее простыми и привычными свойствами, почти аналогичными алгебраическим операциям умножения и сложения.

**Методика описания релейно-контактной схемы в виде элементарных логических функций.** Последовательность замены существующих релейно-контактных схем примерно следующая.

1. По имеющейся принципиальной схеме устройства, выполненного на релейных элементах, производится запись структурной формулы контактов цепи включения исполнительного элемента. При записи следует иметь в виду, что параллельное соединение контактов соответствует логической функции ИЛИ, а последовательное — логической функции И.

2. Полученная функция приводится к заданному базису.

3. Разрабатывается функциональная схема устройства.

4. Составляется принципиальная электрическая схема устройства.

Заменим схему управления рисунка 35 на бесконтактное устройство управления.

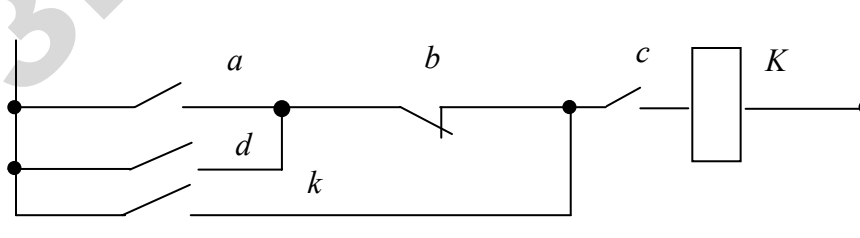


Рисунок 35 — Схема к примеру 1

Запишем структурную формулу контактов исполнительного элемента  $K$ :

$$f(K) = [(a + d) \cdot \bar{b} + k] \cdot c \quad (25)$$

Запись структурной формулы  $f_{(K)}$  в форме логической функции с двумя переменными представлена на рисунке 36.

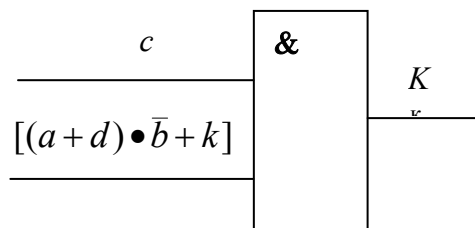


Рисунок 36 — Представление структуры на элементе И

Входная переменная, заключенная в квадратные скобки, является сложной функцией, состоящей из ряда переменных.

Произведем последовательную замену входной переменной функции  $[(a + d) \cdot \bar{b} + k]$  элементарными логическими функциями двух переменных до момента получения на входе элементарных переменных (рисунок 37).

Таким образом, сложную логическую функцию, представленную, например, в виде релейно-контактной схемы, можно всегда представить в виде элементарных логических функций И, ИЛИ, НЕ.

Рассмотрим принципы преобразования функциональной схемы в **принципиальную схему на бесконтактных элементах**. Электронная промышленность выпускает изделия, которые могут реализовать указанные выше логические функции (см. таблицу 12) с помощью бесконтактных электронных схем, условное обозначение которых совпадает с обозначением логических функций.

В электронных схемах данного класса применяются сигналы только двух типов — с ВЫСОКИМ и НИЗКИМ уровнями напряжений и называются **цифровыми схемами**.

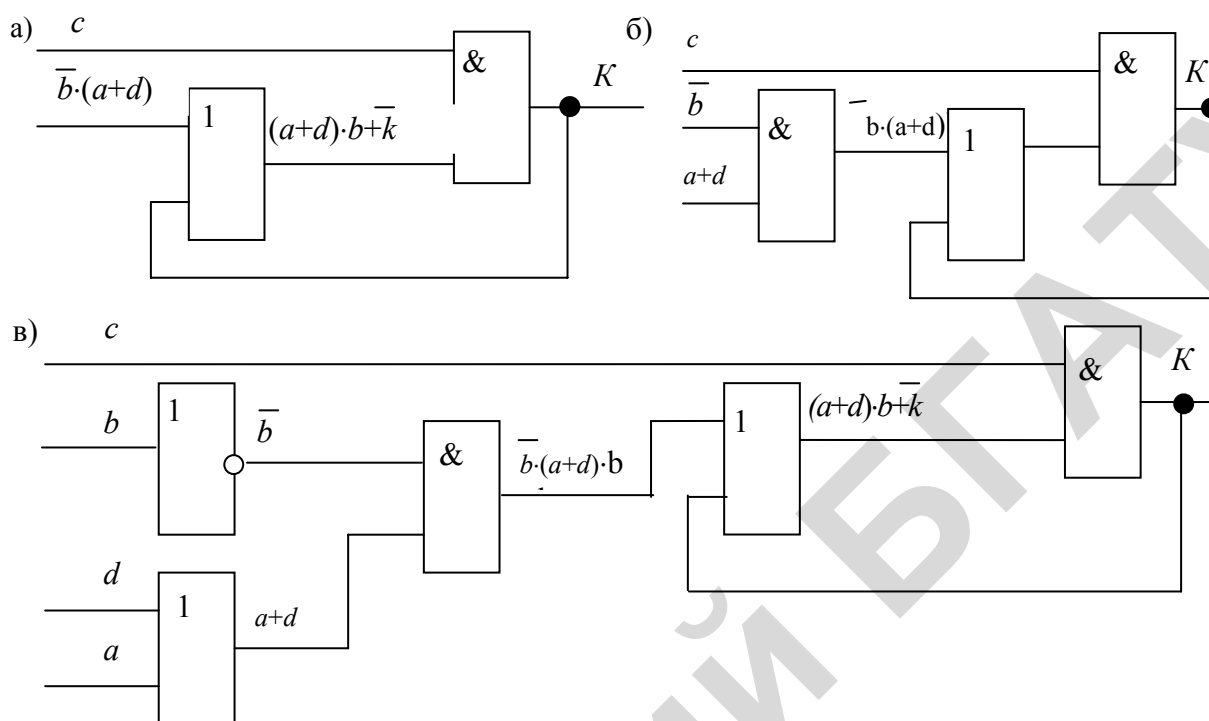


Рисунок 37 — Реализация структуры РКС на логических элементах по этапам:  
*a* — первоначальный этап; *б* — промежуточный этап;  
*в* — окончательный этап

Логической единице (1) логической функции соответствует напряжение высокого уровня, а логическому нулю — напряжение низкого уровня.

Цифровые схемы изготавливаются с применением ТТЛ и КМОП технологий.

Для примера мы используем широко распространенную ранее и снятую с производства ИС серии К155 (приложение 10). Однако функциональные признаки элементов И, ИЛИ, НЕ остаются прежними, и при использовании более современного типа ИС следует только уточнить расположение выводов элементов схемы. Изготовители ИС сопровождают свои изделия схемой расположения выводов (рисунок 38, б-г).

Произведем, например, разработку устройства управления кормораздатчиком (УУК), функциональная схема которого представлена на рисунке 39, на интегральных логических схемах.

Управление кормораздатчиком производится вручную с помощью кнопок SB1, SB2 и SB3. Останов кормораздатчика автоматический конечными выключателями SQ1 и SQ2.

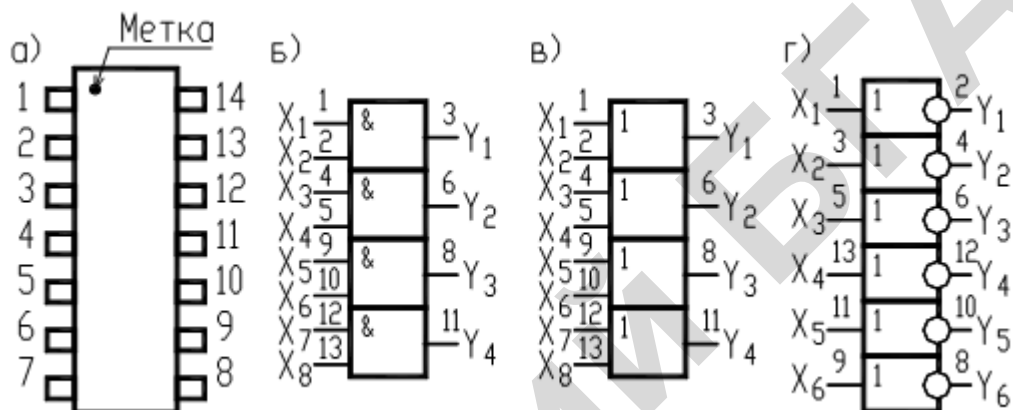


Рисунок 38 — Цифровая ИС:

а — маркировка типичной цифровой ИС; б, в, г, — схемы расположения выводов цифровых схем К155 ЛЛ1, К155 ЛЛ1, К155 ЛН1 соответственно

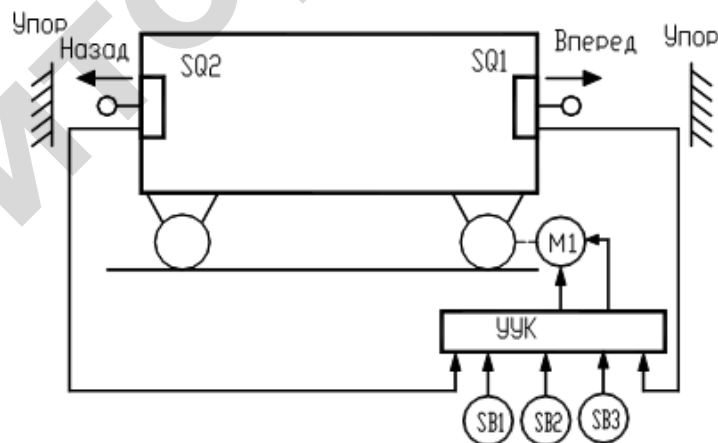


Рисунок 39 — Функциональная схема управления кормораздатчиком

УУК на релейных элементах представлено на рисунке 40.

При нажатии кнопки SB1 замыкается цепь питания катушки магнитного пускателя КМ1. Магнитный пускатель срабатывает и замыкаются контакты КМ1 в цепи электродвигателя М. Кормораздат-

чик начинает перемещаться «вперед». Замыкаются также контакты КМ1.1 и блокируют контакты SB1. Таким образом, при размыкании контактов кнопки SB1 кормораздатчик продолжает перемещаться «вперед». Останов кормораздатчика возможен при размыкании цепи путем ручного воздействия на кнопку SB3, размыкании контакта тепловой защиты электродвигателя КК, а также в крайнем правом положении при воздействии на конечный выключатель SQ1.

Перемещение «назад» осуществляется после замыкания контактов кнопки SB2. Схема работает аналогично. Останов кормораздатчика в крайнем левом положении происходит после срабатывания контактов конечного выключателя SQ2.

Нормально замкнутые контакты КМ2.1 и КМ1.2 вводятся в цепи катушек магнитных пускателей КМ1 и КМ2 соответственно для защиты силовой сети реверсивного электропривода от короткого замыкания. В процессе эксплуатации возможны случаи «залипания» магнитной системы пускателей и такое включение контактов КМ2.1 и КМ1.2 обеспечивает защиту силовой сети от короткого замыкания.

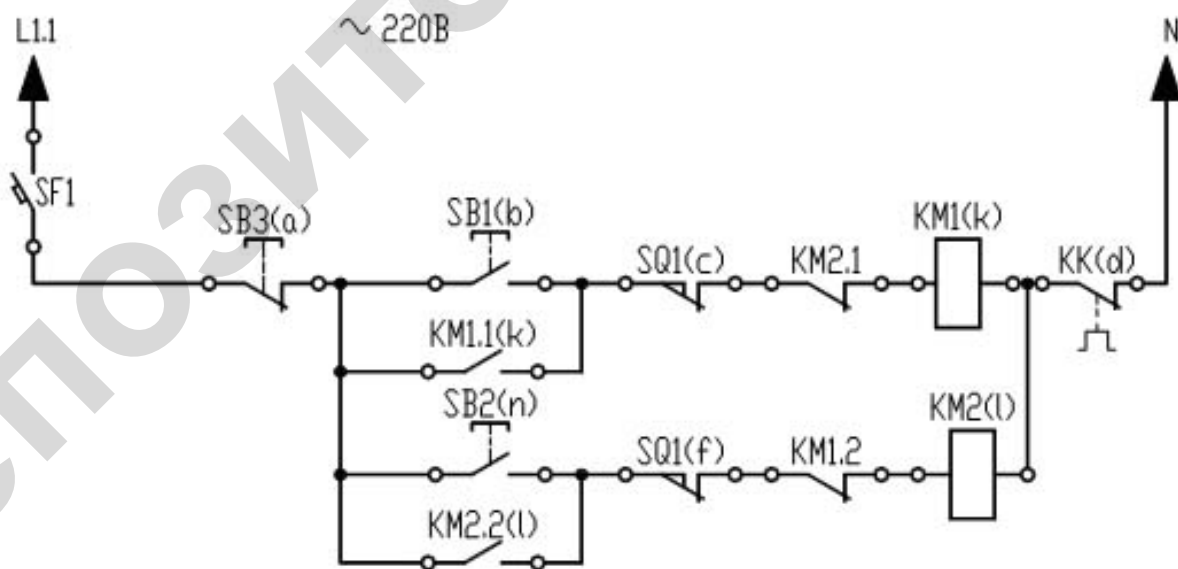


Рисунок 40 — Принципиальная электрическая схема управления перемещением кормораздатчика



Обозначим элементы принципиальной схемы буквами алфавита ( $a, b, c, d, e, f, n$ ) и произведем запись структурных формул контактов исполнительных элементов  $k$  и  $l$ :

$$f(k) = [\bar{a} \cdot \bar{d}] \cdot [\bar{c} \cdot (b + k)];$$

$$f(l) = [\bar{a} \cdot \bar{d}] \cdot [\bar{f} \cdot (n + l)]. \quad (26)$$

Переменные КМ2.1 и КМ1.2 логических функций в структурные формулы ИЭ не входят, так как обладают меньшим быстродействием по сравнению с остальными логическими переменными. Для обеспечения защиты от токов короткого замыкания при реверсе электродвигателя эти контакты следует подключать последовательно с соответствующими катушками магнитных пускателей.

Функциональная схема логического блока, разработанная в соответствии со структурными формулами контактов исполнительных элементов  $k$  и  $l$  кормораздатчика, приведена на рисунке 41.

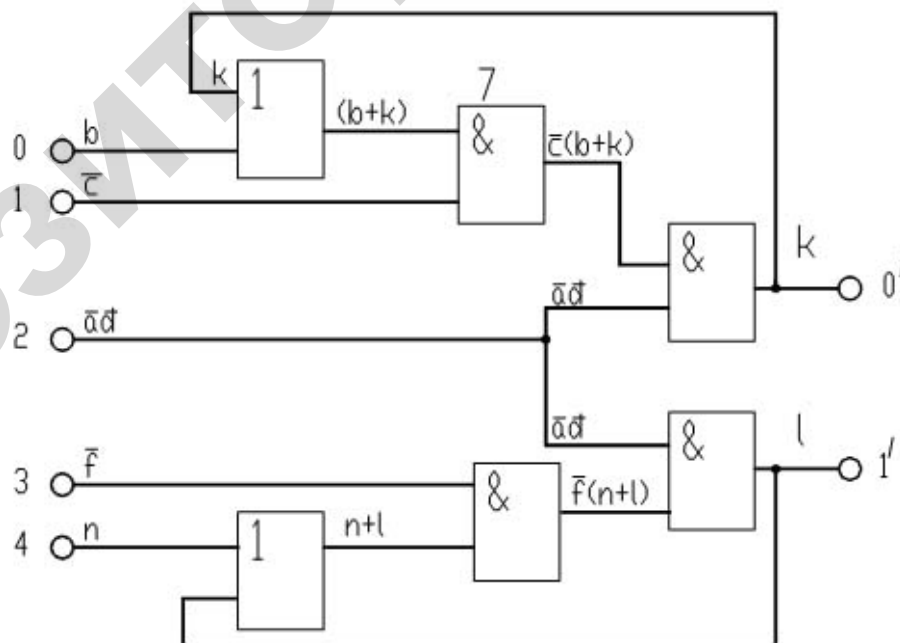


Рисунок 41 — Функциональная схема логического блока управления кормораздатчиком

При разработке принципиальной электрической схемы в соответствии с функциональной схемой следует учитывать, что обозначение логической переменной без инверсии ( $b, n$ ) соответствует напряжению **низкого** уровня, подаваемого на соответствующий вход логической ИС, а обозначение логической переменной с инверсией ( $\bar{c}, \bar{a}, \bar{d}, \bar{f}$ ) — напряжению **высокого** уровня.

На рисунке 42 приведена принципиальная электрическая схема управления кормораздатчиком на логических ИС, которые смонтированы на печатной плате. Схема является аналогом релейно-контактной схемы (см. рисунок 40).

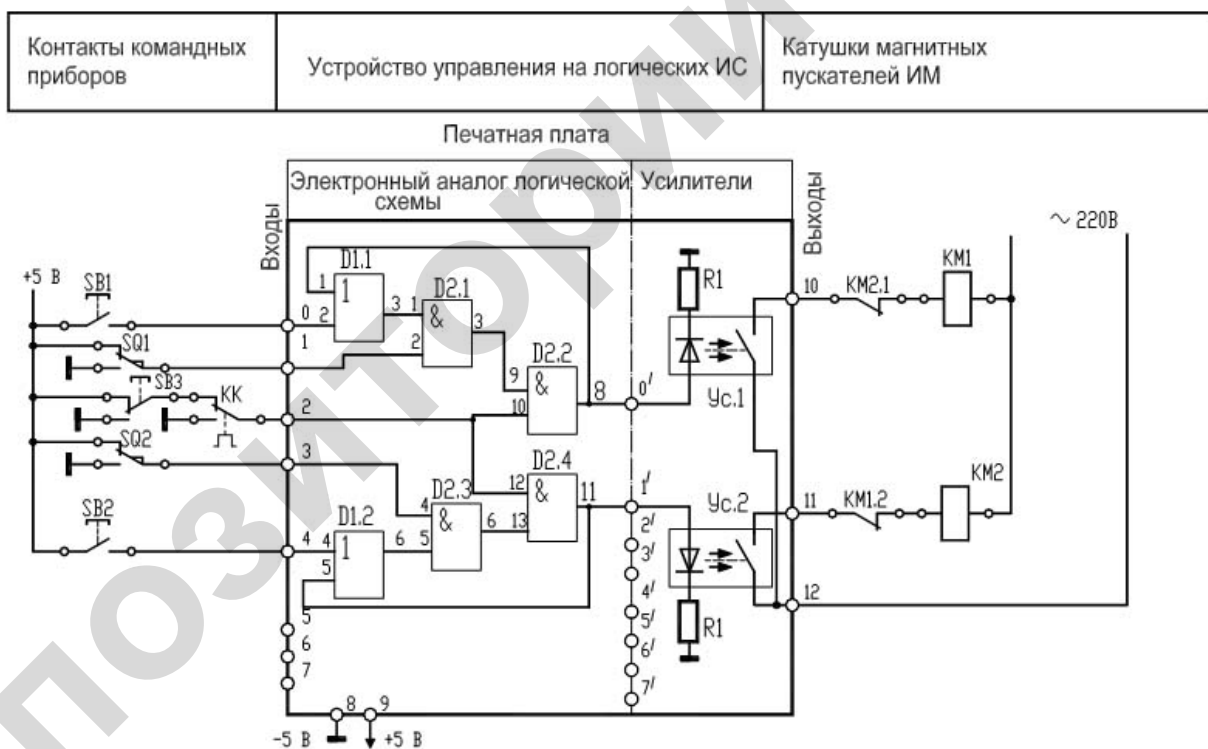


Рисунок 42 — Принципиальная электрическая схема управления перемещением кормораздатчика (цепи питания ИС на схемах не показывают)

Для реализации устройства управления использованы две микросхемы D1 — К155ЛЛ1 и D2 — К155ЛИ1. Причем у первой микросхемы два элемента 2ИЛИ не будут использованы.

Нами была приведена методика перевода релейно-контактных схем на бесконтактные на примере простой логической системы управления. Это позволяет нам проанализировать работу схемы и убедиться в ее работоспособности не прибегая к физическому моделированию. Предположим, что в исходном состоянии сигналы на катушках магнитных пускателей отсутствуют и контакты командных аппаратов находятся в таком состоянии, как показано на рисунке 42, при этом напряжение логической единицы подается на выводы 10, 12 ИС D2 и выводы 2,4 ИС D1. Сигналы логической единицы на выводах 8, 12 ИС D2 отсутствуют, так как отсутствуют сигналы логической 1 на входах 9 и 13 ИС D2. При замыкании контактов SB1, на вход 2 ИС D1 подается сигнал логической 1. Сигнал логической единицы появляется на выходе 3 ИС D1 и соответственно на выходе 1 ИС D2, а затем на выходе 3 ИС D2, входе 9 ИС D2 и в конечном счете на входе 8 ИС D2. Сигнал усиливается и подается на катушку магнитного пускателя KM1. Сигнал логической единицы также с выхода 8 ИС D2 подается на вход 1 ИС D1 и тем самым блокирует сигнал логической единицы на входе 2 ИС D1, т. е. при размыкании контактов SB1 сигнал логической единицы сохраняется на выходе 3 ИС D2 и соответственно на выходе 8 ИС D2. Для снятия сигнала логической единицы с выхода 8 ИС D2 достаточно кратковременно разомкнуть один из контактов SQ1, SB3 или КК, при этом с ИС D1.1 снимается блокировка и схема становится в исходное состояние.

Аналогично работает и нижняя часть принципиальной схемы на рисунке 42.

На интегральных схемах могут быть выполнены и такие функциональные узлы, как: «часы», реле времени, счетчики и др., функцию которых в релейно-контактных схемах выполняют дорогостоящие приборы.

Бесконтактные логические элементы не имеют движущихся частей, обладают высокой надежностью и быстродействием, не требуют наладки и регулировки в процессе эксплуатации и хорошо себя зарекомендовали в установках со сложными системами управления логического типа и с большим числом оперативных переключений.

Распространенными исполнительными элементами являются контактные аппараты: контакторы, магнитные пускатели, соленоиды приводов, электромагниты исполнительных механизмов и т. п. Для повышения надежности в качестве исполнительных механизмов в последнее время стали широко применяться тиристорные пускатели.

Недостаток схем на бесконтактных элементах, как и релейно-контактных в том, что они собираются по принципу «жесткой логики», т. е. соединение элементов схемы между собой определяется алгоритмом управления технологическим процессом. Этот недостаток отсутствует в системах управления с использованием программируемых логических контроллеров (ПЛК).

**Программирование логических контроллеров.** Среди большого многообразия ПЛК, представленных сегодня на рынке, простотой программирования выделяется альфа-контроллер (производитель MITSUBISHI). Ввод программы для такого контроллера может осуществляться непосредственно через кнопки лицевой панели, однако еще проще — с помощью компьютера через порт программирования посредством программы компилятора [4]. Программирование осуществляется в виде некой структуры соединенных функциональных блоков, которые реализуют логические функции, функции сравнения, счетчика и т. д.

Рассмотрим пример разработки программы для данного класса контроллеров. Переведем структуру управления кормораздачей (рисунк 43) в программу ПЛК.

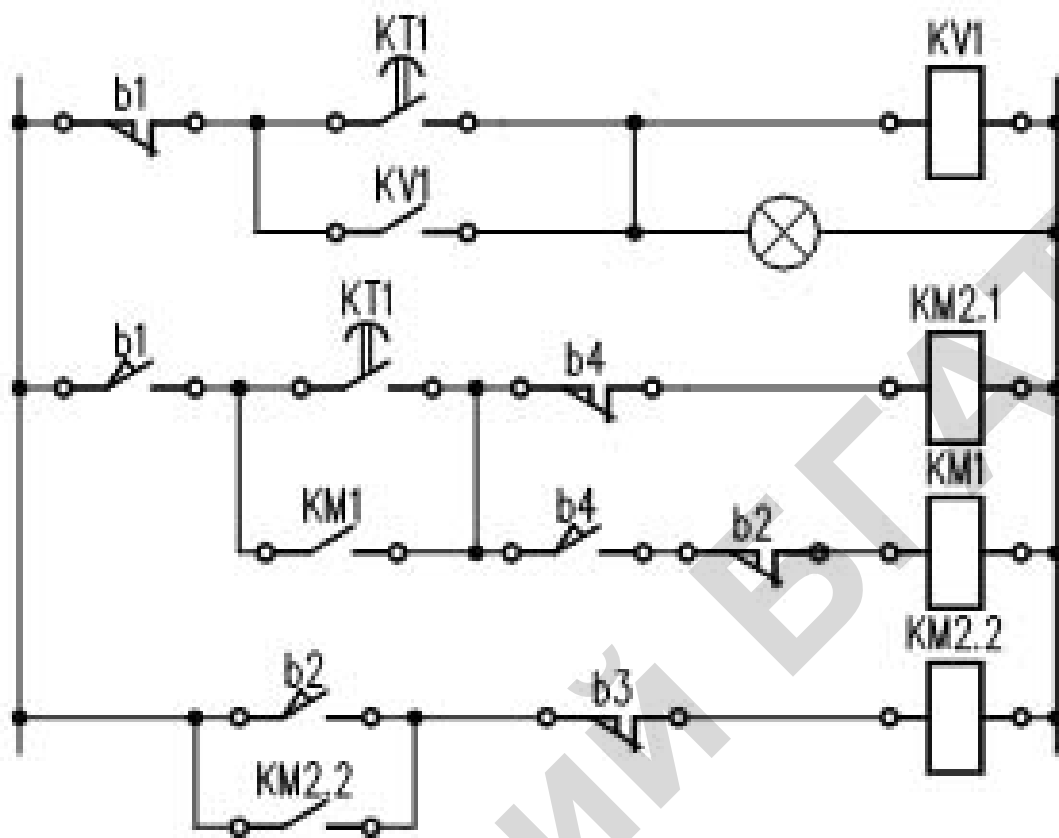


Рисунок 43 — Структура управления в автоматическом режиме, где: КТ1 — контакт суточного реле времени, КМ1 — управляет распределительным транспортером, КМ2.1 и КМ2.2 — управляют опусканием и подъемом ограничителей

Технологическое оборудование линии кормораздачи (рисунок 44) включает в себя бункер, из которого корм через распределительный транспортер насыпают в ограничители. Ограничители в нижнем положении ограничивают доступ птицы к корму. Подъем ограничителей обеспечивает просыпание корма на тарелки и обеспечение процесса кормления. Кормление происходит по заданной суточной программе. Контроль корма в бункере производится датчиком уровня — *b1*, контроль заполнения последнего ограничителя обеспечивается датчиком — *b2*, контроль положения ограничителей обеспечивается конечными выключателями — *b3*, *b4*.

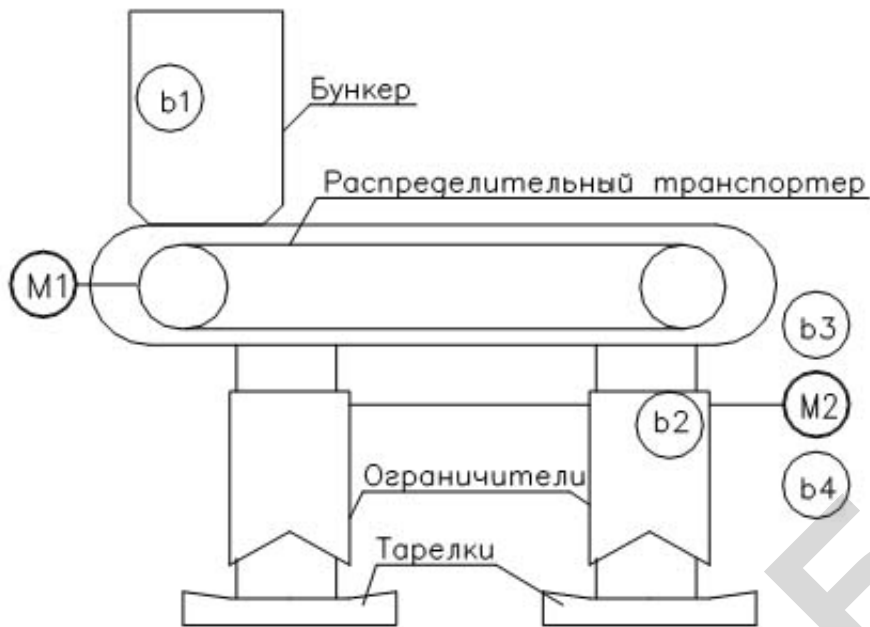


Рисунок 44 — Оборудование кормораздачи в птичнике

Для реализации алгоритма управления технологическим процессом примера в основном потребуются логические элементы И, ИЛИ и НЕ. Выразим структуру управления в виде аналитических выражений. Согласно рисунку 43 для автоматического режима работы, учитывая, что последовательное соединение выражается знаком «●», параллельное «+», имеем:

$$f(HL) = \bar{b1} \bullet (KT1 + HL);$$

$$f(KM1) = b1 \bullet b4 \bullet \bar{b2} \bullet (KT1 + KM1);$$

$$f(KM2.1) = b1 \bullet KT1 \bullet \bar{b4};$$

$$f(KM2.2) = \bar{b3} \bullet (b2 + KM2.2).$$

Осталось перевести формулы на логические элементы, учитывая, какие сигналы подаются на входы и выходы (таблица 13), и имея в виду, что операция «●» реализуется элементом И, операция «+» — элементом ИЛИ. Кроме того, следует иметь в виду, что реализовать подачу сигнала на включение кормораздачи можно с помощью специализированного блока контроллера, т. е. функцию суточного реле времени

обеспечивает сам контроллер. Реализовать вариант управления можно в виде структуры, представленной на рисунке 45 (автоматический режим). В данную структуру необходимо добавить условие, что управление по данному алгоритму ведется в автоматическом режиме, то есть добавить условие, что на вход I1 подан сигнал (переключатель режимов установлен в положение — автоматический режим).

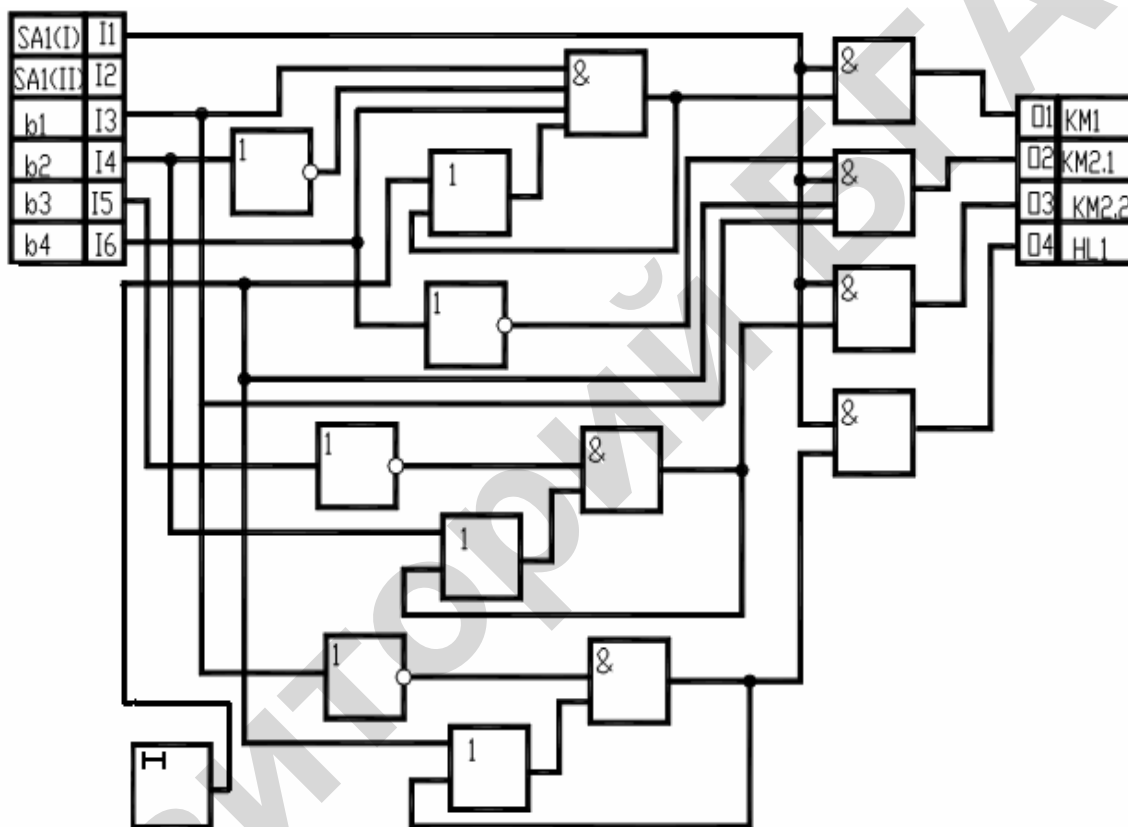


Рисунок 45 — Структура управления, выраженная через блоки контроллера

Таблица 13 — Сигналы, подаваемые на вход и снимаемые с выхода контроллера

| Вход | Сигнал                                 | Выход | Сигнал                                    |
|------|--|-------|---|
| I1   | SA1 (Автоматический режим)             | O1    | KV1 (управление транспортером)            |
| I2   | SA1 (Ручной режим)                     | O2    | KV2 (управление опусканием ограничителей) |
| I3   | SL1 (сигнал о наличии корма в бункере) | O3    | KV3 (управление подъемом ограничителей)   |

Окончание таблицы 13

|     |   |    |   |
|-----|---|----|---|
| I4  | SL2 (сигнал о наличии корма в последней кормушке) | O4 | HL1 (сигнализация отсутствия корма в бункере) |
| I5  | SQ3 (крайнее верхнее положение ограничителя)      |    |   |
| I6  | SQ4 (крайнее нижнее положение ограничителя)       |    |   |
| I8  | SB1 («Пуск»)                                      |    |   |
| I9  | SB2 («Пуск»)                                      |    |   |
| I10 | SB3 («Пуск»)                                      |    |   |
| I11 | SB4 («Стоп»)                                      |    |   |



### Последовательность работы с программой-компилятором при программировании контроллера

1. Загрузить оболочку **Alpha Programming**, щелкнув по иконке на рабочем столе либо используя путь **Пуск** → **Программы** → **Mitsubishi Alpha Controller** → **Alpha Programming**.




2. Выбрать пункт **New** из меню **File** (интерфейс приведен на рисунке) для создания нового файла программы.

3. В диалоге выбора типа оставить ключ выбора контроллера с 12-ю входами и 8-ю выходами и выбрать кнопку **ok**.

4. Приступить к формированию программы, переключая группы функциональных блоков, перетаскивая их на наборное поле и соединяя их линиями связи. Например, чтобы сформировать первый контур управления аппаратом KM1 (рисунок 45), необходимо сделать следующие действия:

- используя группу **Input Signals**, установить на входы 1, 3, 4, 6 сигналы  переключателя (Toggle Switch) и  датчиков (Limit Sensor). Это производится щелчком левой кнопки мыши на требуемом инструменте и последующим щелчком по требуемому входу;



- используя группу **Output Signals** (для переключения группы необходимо щелкнуть на соответствующий переключатель), установить выходной сигнал  катушка реле (Relay Coil);
- используя группу **Functions**, установить блок реле времени (Time Switch Function) ;
- используя группу **Logic Functions**, установить требуемые блоки И, ИЛИ, НЕ в зону «Наборное поле»;
- используя кнопку **Wire**  сформировать требуемые связи, щелкая левой кнопкой мыши на выходе блока и не отпуская требуется подвести к входу, с которым требуется соединить. При необходимости линии связи можно двигать по полю для обеспечения удобочитаемости, но для этого необходимо отжать кнопку **Wire**, выделить требуемую линию, щелчком по ней, и тянуть за высветившиеся «ручки». При этом получим вид, приведенный на рисунке 47.

5. Остается сохранить программу в файле и проверить правильно ли она действует. Для осуществления первого необходимо выбрать пункт **Save** меню **File**. Для осуществления второго нужно воспользоваться меню **Controller** → **Simulation** → **Start**. При этом красным цветом показано прохождение сигнала, синим – бездействие линии. Аппарат должен срабатывать, если включен датчик *b1* (имеется корм в бункере), *b4* (ограничители находятся в нижнем положении), отключен *b2* (корм в последней кормушке отсутствует) и имеется сигнал на кормораздачу (замкнут контакт реле времени). Кроме того, переключатель стоит в положении — автоматический. Поэтому для проверки работы аппарата необходимо последовательно щелкнуть по входам 1, 3, 6 и установить текущее время по времени включения блока реле времени. При этом будет подан сигнал на выход. Когда сработает *b2* (щелчок по входу 4), с выхода будет снят сигнал. Таким образом, программа действует согласно заданному алгоритму.

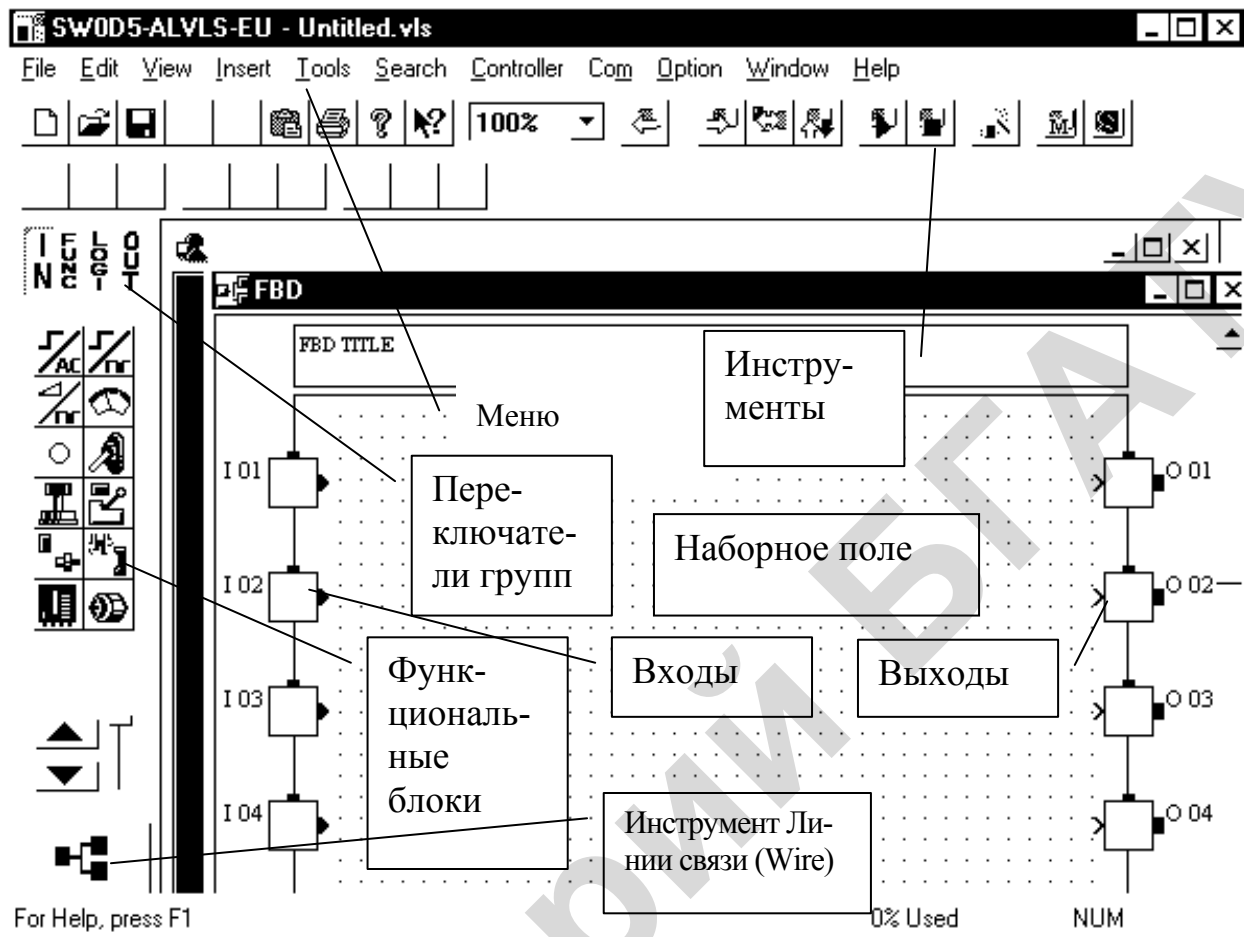


Рисунок 46 — Интерфейс программы-компилятора

6. Отключить эмуляцию действия программы по пути **Controller** → **Simulation** → **Stop** и произвести аналогичные действия для других контуров управления и, наконец, проверить работу полной программы. Если результат проверки положителен, остается только записать программу в контроллер, используя тоже меню **Controller**.

7. Выйти из оболочки, используя путь меню **File** → **Exit**.

### Контрольные вопросы и задания

1. Как в качестве объекта может быть рассмотрена дискретная система?
2. Перечислите способы описания дискретных систем. Каковы достоинства и недостатки их применения?

3. Опишите методику синтеза дискретных систем управления с помощью таблиц истинности.
4. Опишите методику минимизации логических выражений с помощью карт Карно.
5. Опишите методику перевода РКС на бесконтактные логические элементы.
6. Каковы принципы программирования логических контроллеров?

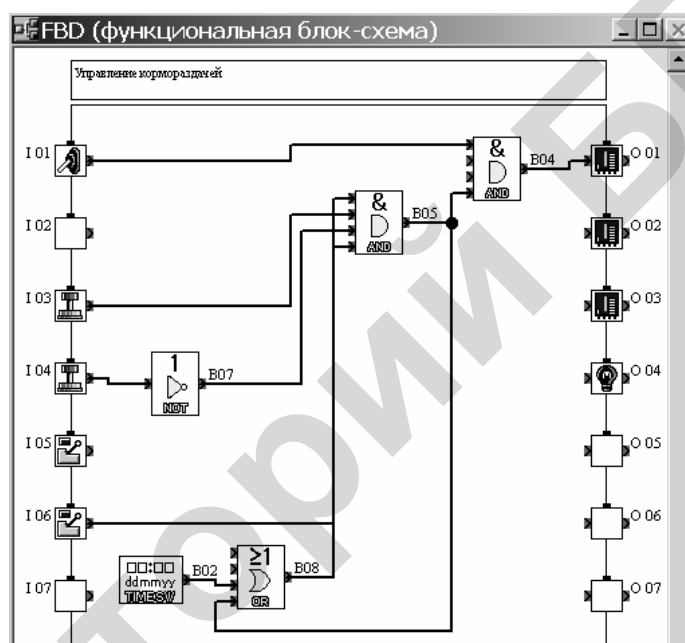


Рисунок 47 — Фрагмент программы контроллера

## Литература

1. Бесконтактные логические элементы в системах автоматического управления : метод. указ. / сост. С.Н. Фурсенко. — Минск : БГАТУ, 1999. — 27 с.
2. Трачик, В. Дискретные устройства автоматики / В. Трачик. — Москва : Энергия, 1978. — 128 с.
3. Юдицкий, С.А. Логическое управление дискретными процессами / С.А. Юдицкий, В.З. Магергит. — Москва : Машиностроение, 1987. — 176 с.
4. Programming manual α simple application controller, 2002

## Тема 7 Разработка щита автоматики

**Мотивационная характеристика.** 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 и линий связи между ними (трубная и электрическая коммутация) и т. п. с целью защиты от неблагоприятных воздействий окружающей среды и безопасности эксплуатации оборудования. В отличие от щитов, в которых устанавливается силовая аппаратура [1], щиты автоматики комплектуются нетиповой аппаратурой. Поэтому требуется доскональная проработка документации для изготовления щитов автоматики.

**Цель:** получить представление о конструкции щитов автоматики, усвоить основные принципы и порядок компоновки, требований к документации на щиты автоматики, приобрести навыки разработки щитов автоматики.

### Задания

1. Заполнить карточку предварительной подготовки к занятию.
2. Разработать щит автоматики и оформить на него документацию согласно принципиальной схемы, полученной в ходе изучения темы 5 (в соответствии с вариантом). При этом придерживаться примерно следующей последовательности:
  - а) согласно исходным данным (перечень элементов к принципиальной электрической схеме) разделить аппаратуру, которая должна быть установлена в щите, по месту и в других конструктивных устройст-

вах. Здесь же можно разделить аппараты, устанавливаемые внутри щита и на фасадной плоскости щита;

- б) заполнить таблицу исходных данных для компоновки аппаратов в соответствии с таблицей 14 (для аппаратов, устанавливаемых на фасаде) и с таблицей 15 (для аппаратов, устанавливаемых внутри щита).

Таблица 14 — Исходные данные для компоновки аппаратов на фасаде щита

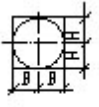
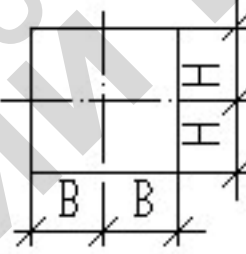
| Наименование и тип прибора             | Количество (N) | Группа | Размеры от края щита до оси прибора, мм | Размер прибора по фланцу, мм  |   | Размеры монтажной зоны, мм |           |   |    | Размер до оси аналогичного прибора (слева \ справа, сверху \ снизу) |    | Обозначение монтажного чертежа |
|--|----------------|--------|---|---|---|----------------------------|-----------|---|----|---|----|--------------------------------|
|  |                |        |   |  |  | горизонт.                  | вертикал. |   |    |   |    |                                |
|  |                |        |   |   |   |                            |           | B | H  | B1  | B2 |                                |
| 1                                      | 2              | 3      | 4                                       | 5   | 6   | 7                          | 8         | 9 | 10 | 11  | 12 | 13                             |
|  |                |        |   |   |   |                            |           |   |    |   |    |                                |
| <b>Итого</b> требуемая площадь $S_f =$ |                |        |   |   |   |                            |           |   |    |   |    |                                |

Таблица 15 — 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<br>1000x600 | Установочная конструкция | Необходимая для аппаратов площадь, см <sup>2</sup><br>$S_i = N \cdot L \cdot (h + h1)$ |     |     |
|--|---------|---------|----------------|-----------------------------|---|-----|-----|-----|-----|--|----|----|----|--|--------------------------|--|-----|-----|
|  |         |         |                | L                           | B | h   |     | h1  |     | L1   | H  | B1 | A  |  |                          |  | A1  |     |
|  |         |         |                |                             |   | 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  |
|  |         |         |                |                             |   |     |     |     |     |  |    |    |    |  |                          |  |     |     |
| <b>Итого</b> требуемая площадь, $S_v$ (сумма чисел графы 19 $\sum S_i$ ) |         |         |                |                             |   |     |     |     |     |  |    |    |    |  |                          |  |     |     |

Для заполнения первой таблицы следует воспользоваться сведениями из РТМ 25-91-90 (приложение 11). При этом графы 1 и 2 (таблица 14) заполняются в соответствии с перечнем элементов к принципиальной электрической схеме. Графы 3–10 и 13 в соответствии с графами 3–11 таблицы П11.1 (приложение 11) по типу прибора. Графы 11 и 12 в соответствии с данными таблицы П11.2 (приложение 11) по группе, к которой относится аппарат. Расстояние по горизонтали определяется как сумма удвоенного размера  $B$  (графа 5) и удвоенного размера таблицы П11.2 между приборами по горизонтали. Аналогично определение расстояния по вертикали с учетом размера  $H$ . После заполнения таблицы следует подсчитать площадь, занимаемую монтажными зонами аппаратов:

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

Для заполнения второй таблицы используют данные ОСТ 36.13–90 и каталогов аппаратуры (приложение 11). Графы 3 и 4 таблицы 15 заполняются в соответствии с перечнем элементов к принципиальной электрической схеме. Графы 1, 2, 5–18 в соответствии с данными таблицы П11.3 (приложение 11). При расчете необходимой площади аппаратов в качестве размеров  $h$  и  $h_1$  по усмотрению проектировщика выбирается минимальный или максимальный размер.

Пример заполнения таблиц исходных данных дан в приложении 12:

- 1) в соответствии с большим размером  $S_f$  или  $S_v$  следует подобрать типоразмер щита так, чтобы выполнялось условие:  $S_{щ} \geq S_f$  или  $S_{щ} \geq S_v$ ;
- 2) произвести компоновку аппаратуры в выбранном типоразмере щита;
- 3) оформить документацию на разрабатываемый щит.

3. Используя программу Fasad for AutoCAD или промышленный пакет CADElecto повторить проектирование щита и сравнить с собственной разработкой, выявив ошибки или неточности в оформлении или компоновке, а также недостатки автоматизированного проектирования.

### **Контрольные вопросы для самоподготовки**

1. Для чего предназначены щиты автоматики?
2. Какова конструкция щита шкафного малогабаритного?
3. Каков порядок действий при выборе типоразмера щита и компоновке в них приборов и аппаратов?
4. Что необходимо установить на боковой стенке малогабаритного щита глубиной 500 мм при необходимости размещения на ней аппаратов?
5. Каково содержание вида спереди?
6. Каково содержание вида на внутренние плоскости?
7. Каковы требования к выполнению таблицы надписей?
8. Каковы требования к выполнению перечня элементов единичного щита?

## Карточка подготовки к занятию

| Разработка щита автоматики  |  |
|---|--|
| 1. Расшифруйте обозначение:<br>ЩШМ-3Д-I-600x400x250 УХЛ3.1<br>ОСТ36.13-90   |  |
| 2. Состав документации, оформляемой на щит автоматики, входят:  | 1. _____<br>2. _____<br>3. _____<br>4. _____<br>5. _____ |
| 3. Определите монтажную зону внутри малогабаритного щита размерами 1000x600x500   |  |
| 4. Можно и устанавливать аппаратуру:  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• на нижнюю фасадную панель щитов шкафов (полногабаритных)?</li> <li>• на заднюю стенку этого конструктивного устройства?</li> </ul> |  |
| 5. Определите обозначение чертежа установки и минимальное расстояние между кнопками КЕ-012, устанавливаемыми на фасаде щита   |  |
| 6. Определите обозначение чертежа установки и минимальное расстояние между арматурой АЕ, устанавливаемой на фасаде щита   |  |
| 7. Определите размеры монтажной зоны, установочную конструкцию, рисунок установки и количество в ряду на задней стенке щита ЩШМ 600 мм магнитных пускателей ПМЛ-2101        |  |
| 8. Определите размеры монтажной зоны, установочную конструкцию, рисунок установки и количество в ряду на задней стенке щита ЩШМ 600 мм автоматических выключателей ВА 51-31 |  |
|   |  |



## Краткие теоретические сведения по теме

**Типы и конструкция щитов автоматики.** Все щитовые изделия, предусмотренные ОСТ 36.13–90, по конструкции и назначению подразделяются на 5 групп:

- щиты и стивы высотой 2 200 и 1 800 мм;
- стивы плоские высотой 2 200 и 1 800 мм;
- щиты шкафные малогабаритные;
- пульты;
- вспомогательные элементы щитов и пультов.

По ОСТ 36.13–90 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 2-х или 3-х 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. С помощью петель на каркас с передней стороны установлена дверь с замком. Верхняя и нижняя крышки съемные, закрепленные при помощи болтовых соединений. Нижняя крышка имеет 12 отверстий для ввода внешних проводок. Монтажное поле в щитах образовано специально предусмотренными для этой цели швеллерами, 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. Швеллера 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.

**Принципы проектирования щитов автоматики.** Исходными материалами для размещения аппаратуры, монтажных изделий 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, в соответствии с исходными материалами *б* и *в* определяют перечень приборов и аппаратуры, располагаемой на фасадных панелях щитов, пультов и внутри щитов и стативов.

На фасадной панели щитов размещают самопишущие и регистрирующие приборы, органы управления, показывающие приборы, сигнальную арматуру, мнемосхемы, панели операторов.

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 и т. п.

При размещении приборов и аппаратуры на щитах и пультах, не допускается:

- а) 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) установка приборов и внутрищитовой аппаратуры на дверях шкафных щитов;
- в) 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 пультах, как правило, не допускается;
- з) 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 должны выполняться с учетом допустимых полей монтажа (рисунки 48, 49).

Размеры приборов и аппаратуры, устанавливаемых на фасадных панелях, а также расстояния между ними принимаются согласно РТМ 25.91–90 «Рекомендуемые расстояния между приборами на фасадах щитов и пультов», выдержки из которого приведены в приложении 11.

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

- а) показывающие приборы и сигнальная арматура — 1000–650 мм, допустимо 800–100 мм;
- б) регистрирующие приборы на оперативных щитах без приставных пультов 900–900 мм;
- в) регистрирующие приборы на оперативных щитах, с приставными пультами — 1100–700 мм;
- г) регистрирующие приборы на неоперативных щитах — 700–2000 мм;
- д) оперативная (командная) аппаратура управления (переключатели, ключи и кнопки управления) — 700–1500 мм;
- е) мнемосхемы на щитах — 1000–100 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 — сигнальная арматура, малогабаритные показывающие приборы, компактные мнемосхемы.

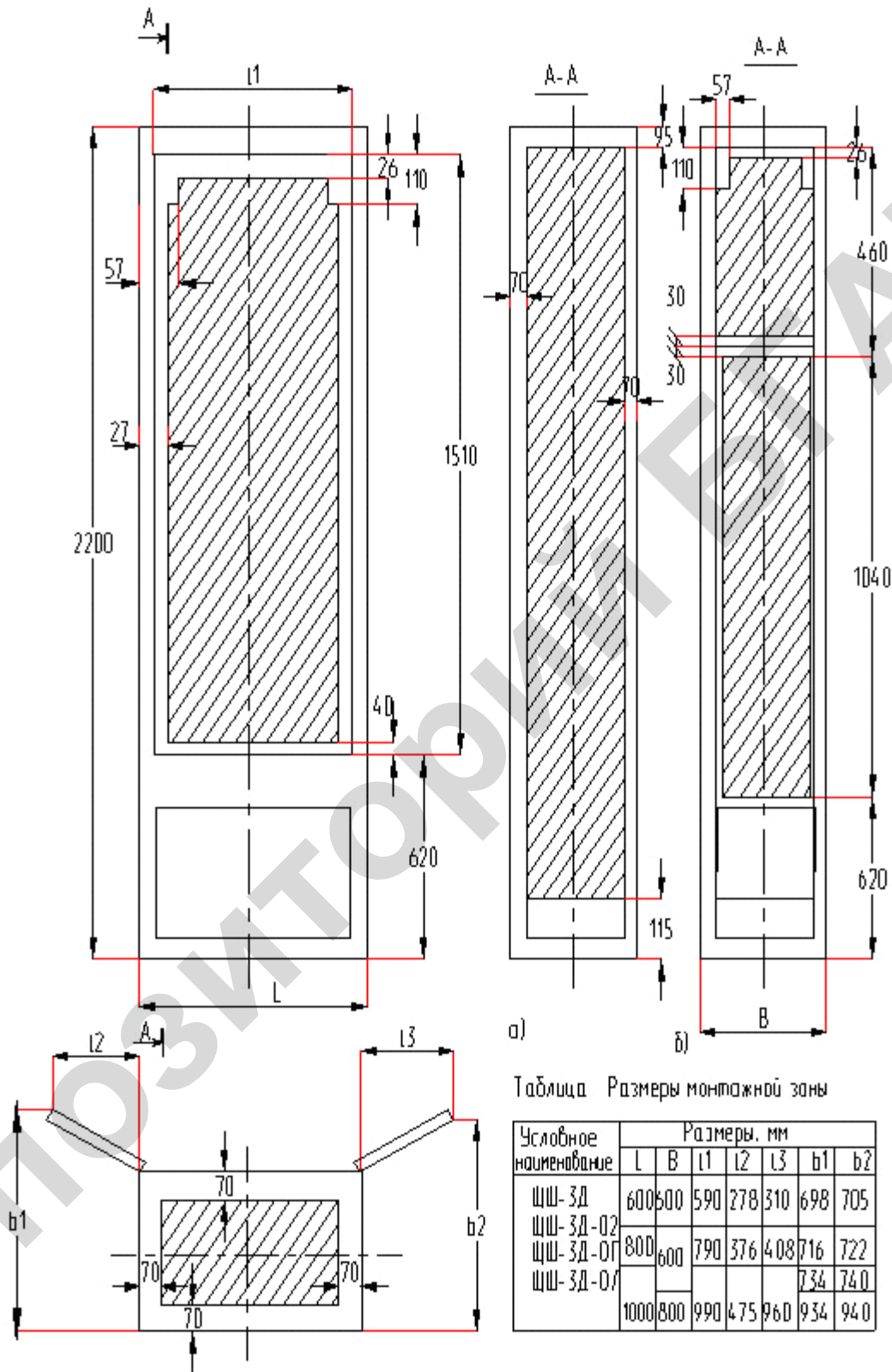


Рисунок 48 — Монтажные зоны шкафных щитов ЩШ-3Д:  
*а* — исполнение I; *б* — исполнение II

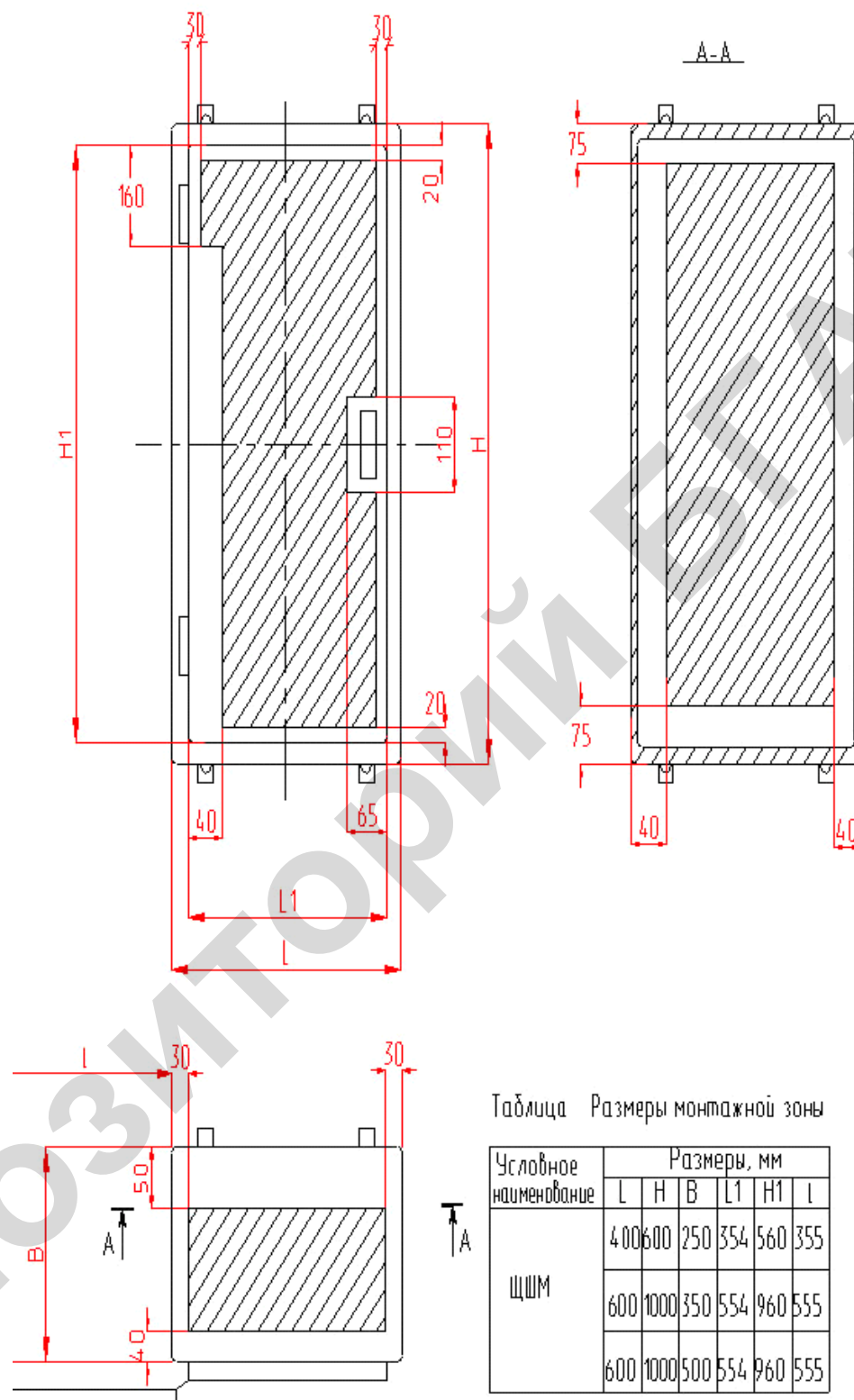


Таблица Размеры монтажной зоны

| Условное наименование | Размеры, мм |      |     |     |     |     |
|-----------------------|-------------|------|-----|-----|-----|-----|
|                       | L           | H    | B   | L1  | H1  | L   |
| ЩМ                    | 400         | 600  | 250 | 354 | 560 | 355 |
|                       | 600         | 1000 | 350 | 554 | 960 | 555 |
|                       | 600         | 1000 | 500 | 554 | 960 | 555 |

Рисунок 49 — Допустимые поля монтажа малогабаритных щитов

При размещении аппаратуры внутри шкафных щитов и на панельных щитах должны учитываться:

- ✓ допустимые расстояния между корпусами аппаратов, приборов и монтажных изделий;
- ✓ рекомендации по расположению аппаратуры по высоте;
- ✓ рекомендации по размещению аппаратуры по тепловым зонам;
- ✓ габариты выступающих внутрь шкафных щитов, приборов и аппаратов утопленного монтажа, устанавливаемых на фасаде этих щитов;
- ✓ габариты установочных конструкций, устройств разделки вводимых в щит кабелей, устройств для крепления проводов, труб и т. п.;
- ✓ обеспечение удобства демонтажа приборов и аппаратов.

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 — 1 700–2 000 мм;
- выключатели, предохранители, ключи — 700–1 700 мм;
- реле — 600–1900 мм;
- воздушные фильтры и редукторы — 500–1 500 мм;
- воздушный коллектор — 250–500 мм;
- сборки зажимов (при горизонтальном расположении) с учетом разделки кабеля — 450–800 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 — 1 900 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. Сборки контактных зажимов в этих щитах располагаются горизонтально на задней стенке, допускается горизонтальная или вертикальная установка на боковой стенке малогабаритных щитов.

Сборки зажимов и скобы для крепления кабелей рекомендуются устанавливать на боковых стенках пульта либо по ширине пульта на уголках, приваренных к его боковым стенкам. В случае установки двух рядов сборок расстояние между ними должно быть не менее 200 мм. Установка трех рядов сборок в пульте не допускается. Стойки для крепления кабелей рекомендуется устанавливать на расстоянии не менее 70 мм от основания пульта.

В пультах с поднимающейся верхней панелью допускается установка предохранителей, трансформаторов, резисторов и прочей электроаппаратуры, не имеющей подвижных элементов, при условии обеспечения удобства их обслуживания при поднятой верхней и панели пульта.

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.

В случае установки в щите приборов и устройств, работа которых создает помехи в измерительных цепях (например, феррорезонансные стабилизаторы) рекомендуется размещать их в зонах, наиболее удаленных от измерительных цепей (если это возможно на других панелях щита).

Вводы электрических проводок в щиты и пульты должны выполняться:

– в щиты шкафные, шкафные малогабаритные — снизу;

- в пультах — 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;
- 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 [6]. 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.

3. 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.** 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

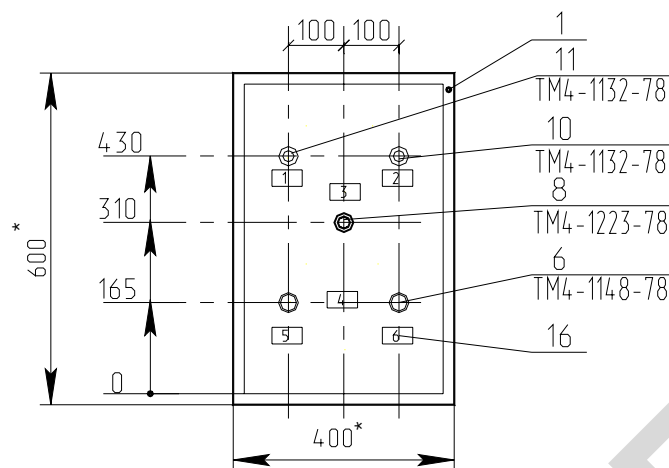
в виде внешних очертаний, сплошными основными линиями по ГОСТ 2.303–68.

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 (рисунок 50) в общем случае выполняют на листе формата А3 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 от вертикальной оси симметрии фасадной панели щита, столешницы пульта или двери малогабаритного щита.



1\*. Размеры для справок

2. Покрытие - вариант 2 ОСТ36.13-90

Рисунок 50 — Пример вида спереди 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 (рисунок 51) 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 стативов 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 ([3], приложение 3). 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 по РМЗ-82-90.

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.

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.

Вид на внутренние плоскости (развернуто)

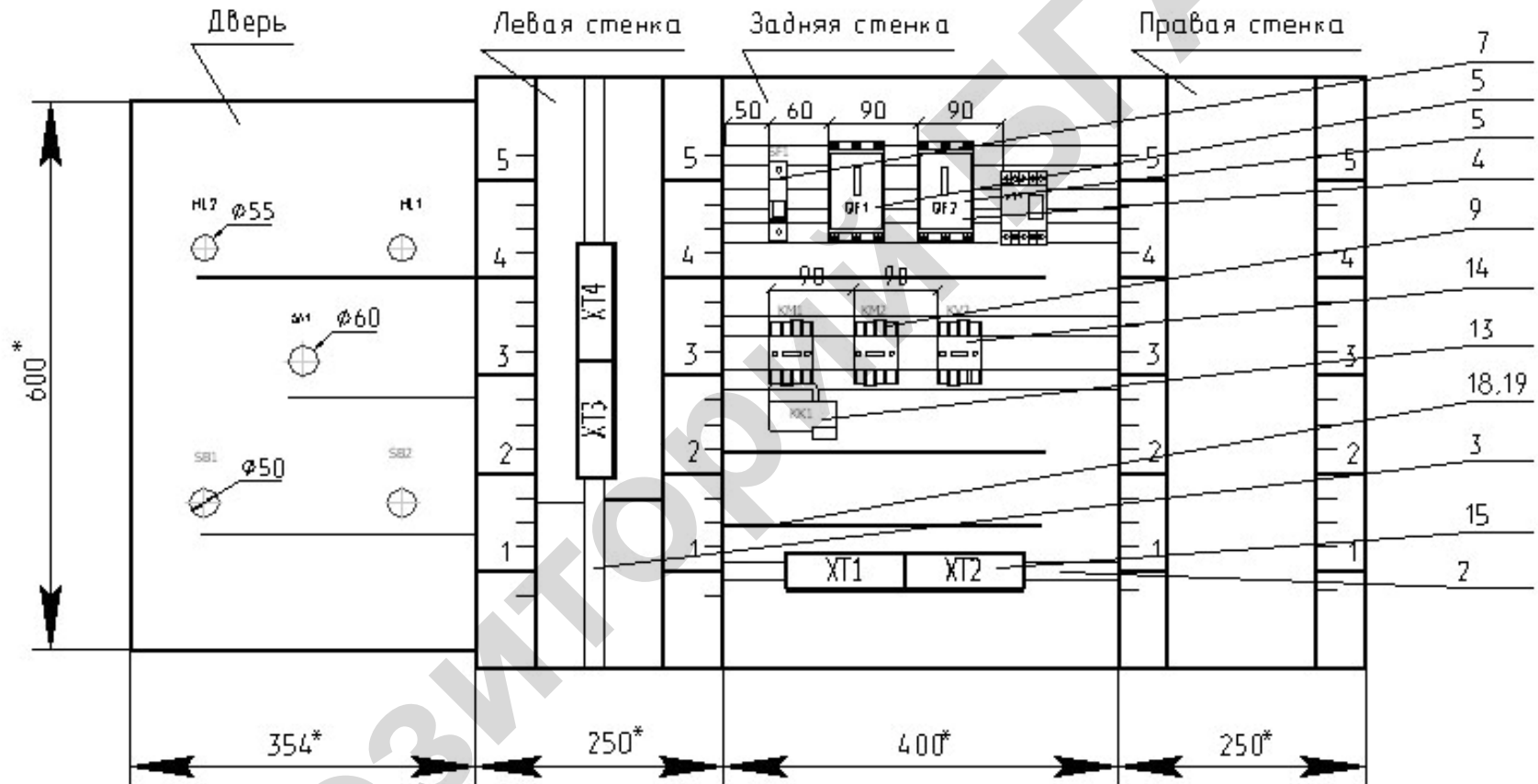


Рисунок 51 — Оформление вида на внутренние плоскости щита автоматики



**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».

**Требования к таблице надписей.** Таблицу надписей (рисунок 52), наносимых на изделиях для надписей (табло, рамках, упорах), выполняют на отдельных листах формата А4 по ГОСТ 2.301–68, по формам *I* и *Ia* руководящего материала РМ4-107–82. Форма *Ia* таблицы надписей применяется для последующих листов таблицы. Она отличается от формы *I* 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.

| Надписи на табло и в рамках |                        |      |              |                      |      |
|-----------------------------|------------------------|------|--------------|----------------------|------|
| N<br>надписи                | Текст надписи          | Кол. | N<br>надписи | Текст надписи        | Кол. |
|                             | <u>Рамка РПМ 66x26</u> |      |              |                      |      |
| 1                           | Заслонка открыта       | 1    | 4            | Управление заслонкой | 1    |
| 2                           | Заслонка закрыта       | 1    | 5            | Открыть              | 1    |
| 3                           | Режим работы           | 1    | 6            | Заккрыть             | 1    |
|                             | I - ручн.. II - автом. | 1    |              |                      |      |

Рисунок 52 — Пример оформления надписей на табло и в рамках

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 2.701–84.

Перечень единичного щита (приложение 13, рисунок П13.2), 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 РМЗ-82–90, а других стандартных изделий — по сборнику 44 типовых конструкций.

В раздел «Прочие изделия» включают все приборы, аппараты (в том числе стандартные) и монтажные изделия группами в следующей 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 комплектно со щитами, наименование 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 пр., 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:

- обозначение условного номера по сборнику 40 и установочного чертежа для всех приборов, электроаппаратуры и трубопроводной арматуры, устанавливаемых внутри щитов.
- 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:

- 1) для составных и отдельно стоящих единичных щитов наименование начинается со слова «Щит». Далее указывают либо функциональное назначение щита (диспетчера, оператора и наименование технологической установки), либо только наименование обслуживаемой щитом технологической установки. Затем указывают наименование документа «Общий вид»;
- 2) для единичных щитов, входящих в составной щит, в наименование чертежа включают условный номер единичного щита, присвоенный по чертежу общего вида составного щита (например, «Щит1») и наименование документа «Общий вид».

**Использование программ для автоматизации компоновки и разработки документации на щиты автоматики.** Некоторое количество операции при проектировании щитов автоматики подлежат автоматизации, что с успехом реализовано, как в промышленных пакетах САПР, например CADElectro, так и пользовательских программах для распространенного общепромышленного пакета Автокад. Принципы создания документации в пакете CADElectro изложены в [6], поэтому только заметим, что пакет берет на себя все рутинные опера-

ции по оформлению чертежа, формированию изображения и развертки щита, формированию изображения аппаратов по его габаритным размерам, созданию перечня элементов при соответствующей адаптации и настройке, однако, оставляет за пользователем компоновку аппаратуры и некоторые операции оформления общего вида.

Остановимся более подробно на пользовательской программе Fasad for AutoCAD. Программа осуществляет автоматическое формирование чертежа вида спереди щита автоматики при минимальной вводимой информации. При этом обеспечивается:

- запрос информации о количестве и типе аппаратуры устанавливаемой на двери щита ЩШМ;
- компоновка аппаратов по заданным программно минимальным расстояниям между ними;
- простановка координирующих размеров;
- простановка позиций и обозначения типового чертежа установки для аппаратов;
- значительная экономия времени на формирование чертежа общего вида щита автоматики.

Алгоритм программы может быть представлен блок-схемой рисунка 50.

При написании программы не обошлось без ограничений, в качестве которых приняты:

- в качестве аппаратуры для компоновки на фасаде щита приняты: арматура сигнальная (4 типа), выключатель кнопочный (2 типа), переключатель (2 типа);
- аппаратура компоуется согласно минимальным расстояниям между аппаратами и от края двери до аппарата, заданным РТМ 2590–91;
- обозначение типового чертежа установки берется по данным РТМ 25-90–91;

- при превышении зоны аппаратов монтажной зоны двери конструктива выдается соответствующее сообщение и производится выход из программы;
- формирование листа документации и изображение конструктива обеспечивается отдельно соответствующими пунктами меню База; в качестве конструктива принят щит шкафной малогабаритный. Рассмотрим порядок работы с программой.

1. Загрузить Autocad с помощью кнопки **ПУСК (Программы → AutoCAD)** или ярлыка рабочего стола.

2. В диалоговом окне начала работы **Startup** выбрать 3-ю слева кнопку *Use a template* (рисунок 54) для загрузки шаблона **Zag\_chit** с приемлемыми настройками режимов рисования. Если в списке шаблонов не окажется требуемого, необходимо с помощью кнопки *Browse* указать место расположение файла шаблона, например: **C:\mi\Template\Zag\_chit**.

3. Формировать вид спереди можно с помощью падающего меню: **База → ЩИТСА**. Назначение пунктов меню даны в таблице 16. Сперва следует произвести вставку листа формата А4, используя меню: **База → ЩитСА → Общие → А4\_л2** (первый лист соответствует перечню элементов щита). При этом требуется ответ на запрос «**Укажите точку вставки листа:**». Можно использовать ввод с клавиатуры, например «**0,0**». Далее идет запрос шифра документа «**Шифр <03.49.000.05 - АТХ>:**» и номера листа «**Лист <2>:**». На них можно ответить «пустым» вводом либо изменить значения по умолчанию на требуемые.

4. Сформировать изображение фасада щита, используя то же меню: **База → ЩитСА → Аппаратура → Фасад → ЩШМ1000×600**. При этом появится изображение вида спереди.

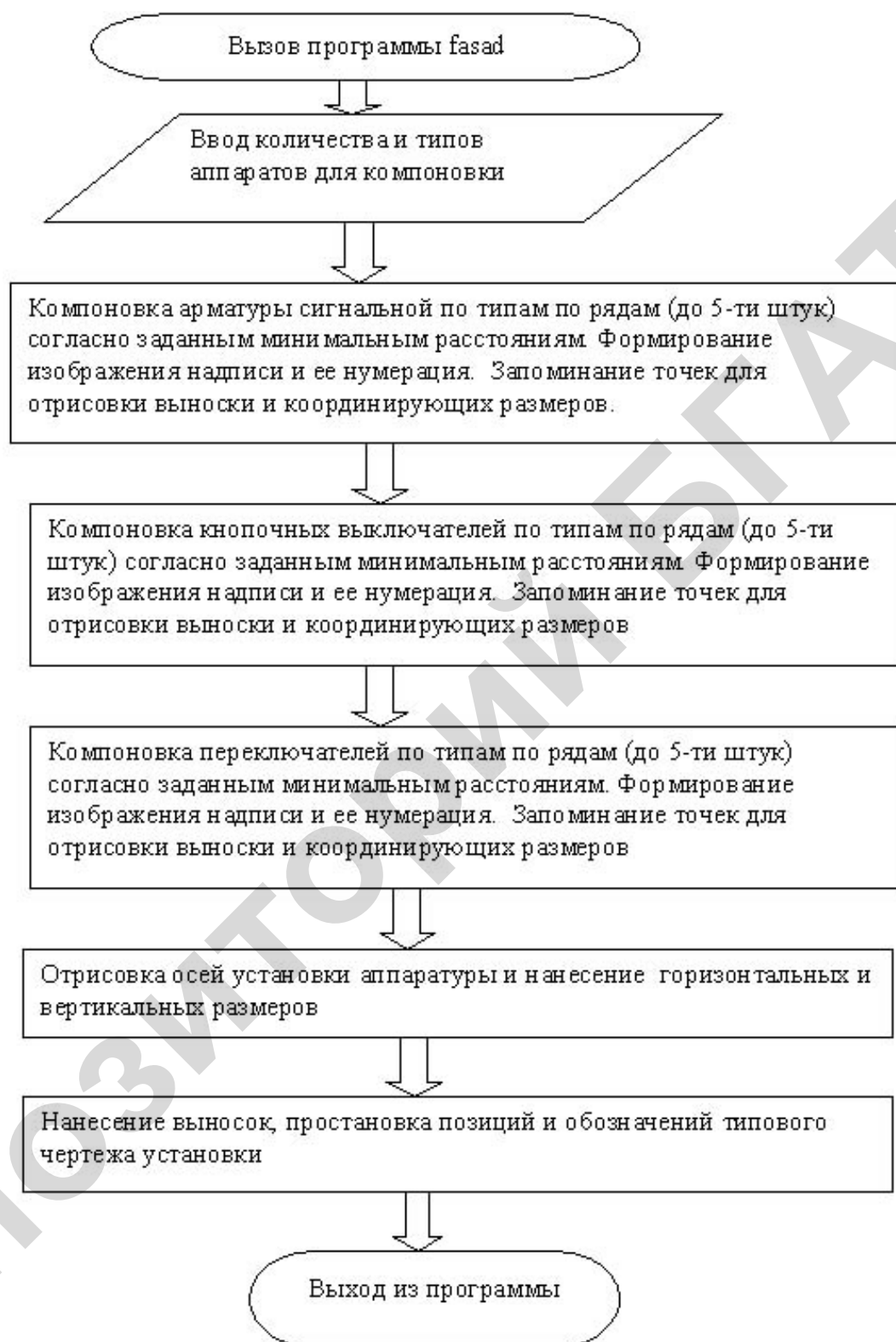


Рисунок 53 — Алгоритм программы компоновки аппаратуры на двери щита



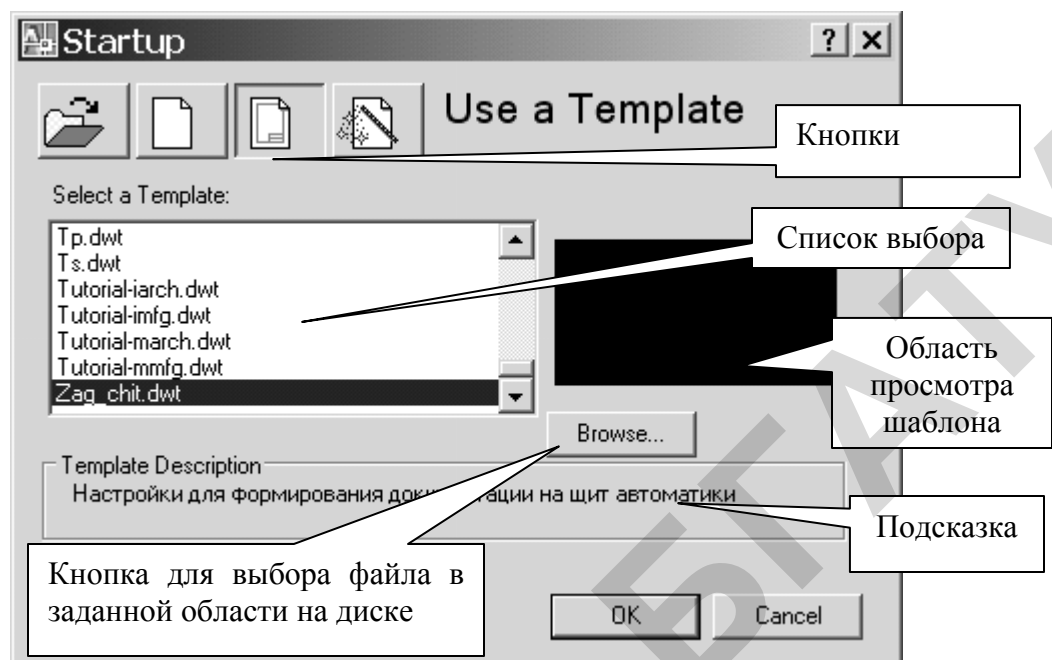


Рисунок 54 — Диалоговое окно начала работы

Таблица 16 — Назначение пунктов меню ЩИТСА

| Под-меню | Пункт       | Назначение   |
|----------|-------------|--|
| Общие    | A4_л2       | Обеспечивает вставку листа формата А4 соответственно первого (большая основная надпись) и второго (основная надпись, как для листов продолжения). При этом идут запросы точки вставки (« <b>Укажите точку вставки листа:</b> »), в ответ на который можно указать точку мышкой или вводом координат с клавиатуры (например, « <b>0,0</b> »), и значений атрибутов (например, для второго листа выдаются запросы: « <b>Шифр &lt;03.49.000.05 - АТХ&gt;:</b> » и « <b>Лист &lt;2&gt;:</b> ») |
|          | A4_л1       |  |
|          | Перечень_л1 | Обеспечивает вставку формы перечня элементов соответственно первого и последующего листов. Запросы при вставке аналогичны первым пунктам   |
|          | Перечень_л2 |  |
|          | Надписи_л1  | Обеспечивает вставку формы листов с таблицей надписи соответственно первого и последующего. Запросы при вставке аналогичны первым пунктам  |
|          | Надписи_л2  |  |

Окончание таблицы 16

| Под-меню   | Пункт    |   | Назначение  |
|------------|----------|---|---|
| Аппаратура | Фасад    | ЩШМ<br>1000х600   | Пункты обеспечивают вставку блоков изображения фасада щита, аппаратуры, устанавливаемой на фасаде, и прямоугольника с цифровым обозначением надписи |
|            |          | Примечание  |   |
|            |          | Арматура  |   |
|            |          | Переключатель   |   |
|            |          | Выключатель   |   |
|            |          | Обозначение надписи   |   |
|            | Внутри   | Вызывает графическое меню блоков аппаратов, устанавливаемых внутри щита         |   |
|            | Перечень | Вызывает графическое меню блоков необходимых при формировании перечня           |   |
|            | Надписи  | Вызывает графическое меню блоков, необходимых при формировании таблицы надписей |   |
| Программы  | Fasad    | Вызывает программу компоновки аппаратуры на двери малогабаритного щита          |   |

5. Скомпоновать аппаратуру на фасаде щита, используя то же меню: **База** → **ЩитСА** → **Программы** → **Фасад**. Перед вызовом программы следует проверить отключена ли объектная привязка (отжата кнопка *OSNAP*). После вызова программы последовательно поступают запросы о количестве соответствующих типов устанавливаемой аппаратуры. После этого формируется изображение вида спереди.

6. Остается добавить примечание: **База** → **ЩитСА** → **Аппаратура** → **Фасад** → **Примечание**. После этого требуется ввести точку вставки текста и значение атрибута.

## Контрольные вопросы

1. Каковы назначение и конструкция щитов автоматики?
2. Каковы принципы компоновки аппаратуры в щитах автоматики?
3. Каков состав документации на щиты автоматики и основные требования к ее оформлению?
4. Какие пакеты можно использовать для автоматизации проектирования щитов автоматики и каковы принципы работы с пакетами?

## Литература

1. Разработка щитов параллели ГМА : метод. рук-во к курсовому и дипломному проектированию / сост. Е.С. Якубовская, С.Н. Фурсенко. — Минск : Ротапринт БГАТУ, 1999. — 90 с.
2. РТМ 25-91–90. Рекомендуемое расстояние между приборами на фасадах щитов и пультов.
3. Разработка щитов систем автоматизации технологических процессов : метод. рук-во к курсовому и дипломному проектированию / сост. Е.С. Якубовская, С.Н. Фурсенко. — Минск : Ротапринт БГАТУ, 1998. — 89 с.
4. Фурсенко, С.Н. Разработка проекта автоматизации технологических процессов / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск : БГАТУ, 2003. — 218 с.
5. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов : учеб. пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск : БГАТУ, 2007. — 592 с.
6. САПР систем автоматики: учеб.-метод. пособие / сост. Е.С. Якубовская. — Минск: БГАТУ, 2006. — 152 с.

## Тема 8 Схемы соединений, подключений внешних проводок

**Мотивационная характеристика.** Проект автоматизации будет не полон без монтажной документации, к которой относятся схемы соединений внешних проводок, схемы подключения внешних проводок или таблицы. Разработка данной документации подлежит высокой степени автоматизации, поэтому помимо усвоения принципов разработки данной документации важно овладеть современными пакетами, позволяющими ускорить процесс формирования монтажных документов.

**Цель:** получить представление о содержании монтажных документов, усвоить принципы их формирования, приобрести умения разработки документации с помощью современных прикладных пакетов.

### Задания

1. Заполнить карточку предварительной подготовки к занятию.
2. В соответствии с заданием темы 2 и принципиальной схемой, разработанной в рамках темы 4, разработать совмещенную схему соединений внешних проводок. Выбор проводок свести в таблицу, где в графе 1 приводят наименование внешнего устройства (например, исполнительный механизм), в графе 2 — его техническую характеристику (например, для исполнительного механизма это его мощность и момент на валу), в графе 3 — обозначают кабель или проводку проводом, в графе 4 — данные проводки и в графе примечание, если проводка имеет специфику при прокладке, то указывают дополнительные данные (например, характеристику металлорукава для прокладки проводки):

| Внешнее устройство | Характеристики устройства | Тип проводки | Характеристика проводки | Примечание |
|--------------------|---------------------------|--------------|-------------------------|------------|
|--------------------|---------------------------|--------------|-------------------------|------------|

3. Используя программу SSVР набрать полученную схему в графическом редакторе AutoCAD и показать результат преподавателю.

### Контрольные вопросы для самоподготовки

1. Что содержится на схеме соединений внешних проводок?
2. В каком масштабе выполняют схему соединений внешних проводок?
3. Каково должно быть пространственное расположение устройств и элементов на схеме соединений внешних проводок?
4. Откуда берут данные по маркировке проводок, используемой на схеме соединений внешних проводок?
5. Какие графы входят в таблицу данных аппаратов, размещаемую на схеме соединений внешних проводок?
6. Где размещают таблицу данных аппаратов?
7. Где отображают датчики на схеме соединений внешних проводок?

### Карточка подготовки к занятию

| Схемы соединений, подключений внешних проводок                                      |  |
|---|--|
| 1. Дополните предложение: «Схема соединений внешних проводок — это _____»           |  |
| 2. Выберите из рисунка 71 (с. 124) изображение:                                     |  |
| а) конечного выключателя;   |  |
| б) датчика уровня;  |  |
| в) датчика веса;  |  |
| г) ЭД.  |  |
| 3. Какие требования предъявляют к изображению на схеме соединений внешних проводок: |  |
| а) кнопочных постов   |  |
|   |  |
| б) датчиков   |  |
|   |  |
| в) щитов  |  |
|   |  |
| г) электропроводок  |  |
|   |  |

|   |  |
|---|--|
| 4. Выберите обозначение типового монтажного чертежа установки (с. 403): |  |
| а) термометра сопротивления, устанавливаемого в кирпичной кладке        |  |
| б) дифманометра мембранного электрического                              |  |
| в) мембранного датчика уровня   |  |
| г) дифманометра ДП  |  |
| 5. Приведите требования:  |  |
| а) по простановке позиций в таблице данных                              |  |
|   |  |
|   |  |
| б) по простановке номеров проводок                                      |  |
|   |  |
|   |  |
| в) по простановке технической характеристики проводов и труб            |  |
|   |  |
|   |  |
| г) по простановке технической характеристики кабелей и металлоукава     |  |
|   |  |
|   |  |

### Краткие теоретические сведения по теме

**Схема соединений внешних проводок** — это комбинированная схема, на которой показаны электрические и трубные связи между приборами и средствами автоматизации, установленными на технологическом оборудовании, вне щитов и на щитах, а также подключения проводок к приборам и щитам (если это не затруднит чтение схемы).

Схемы соединений выполняют, как правило, отдельно для каждого автоматизируемого блока, монтаж которого осуществляют независимо от других.

Основанием для разработки схем являются:

- схемы автоматизации технологического процесса;
- принципиальные электрические, пневматические, гидравлические схемы;

- таблицы внутренних соединений и подключения проводок щитов и пультов;
- чертежей расположения технологического, сантехнического, энергетического и тому подобного оборудования и трубопроводов с отборными и приемными устройствами.

### **Основные требования к схемам соединений внешних проводок**

Схемы соединений и подключения выполняют без соблюдения масштаба на одном или нескольких листах формата не более А1 (594 × 841) по ГОСТ 2.301–68. Действительное пространственное расположение устройств и элементов схем либо не учитывается вообще, либо учитывается приближенно. Толщина линий, изображающих устройства и элементы схем, в том числе кабели, провода, трубы, должна быть от 0,4 до 1 мм по ГОСТ 2.303–68. На схемах должно быть наименьшее число изломов и пересечений проводок. Маркировку жил кабелей и проводов на схемах соединений и подключения проставляют в соответствии с принципиальными электрическими схемами.

На схеме соединений в общем случае приводят следующее.

1. Сверху поля чертежа (рисунок 57), а при большой насыщенности схемы приборами сверху и снизу в зеркальном изображении размещают таблицу с поясняющими надписями по периметру согласно ГОСТ 21.408–93. Разбивку строки таблицы «Наименование параметра и место отбора импульса» на заголовки и подзаголовки выполняют произвольно, группируя приборы либо по параметрам, либо по принадлежности к одному и тому же технологическому оборудованию. В строку «Позиция» вносятся позиции приборов по схеме автоматизации и позиционные обозначения электроаппаратуры, присвоенные ей по принципиальным электрическим схемам. Для элементов

систем автоматизации, не имеющих самостоятельной позиции (отборные устройства и т. п.), указывают позицию прибора, к которому они относятся, с предлогом **к**, например: к 1а. Для приборов, не имеющих номеров электрических внешних выводов (например, преобразователей термоэлектрических, термопреобразователей сопротивления), а также для пневматических исполнительных механизмов применяют графические условные обозначения, принятые для этих приборов на схемах автоматизации по ГОСТ 21.404–85.

**2. Первичные приборы** и исполнительные механизмы, установленные непосредственно на технологическом оборудовании и коммуникациях, которые на чертеже изображают под таблицей данных (либо под и над таблицей). Датчики, исполнительные механизмы и другие средства автоматизации с электрическими входами и выходами изображают монтажными символами по заводским инструкциям. При этом внутри символа указывают номера зажимов и подключение к ним жил кабеля или проводов. Маркировку жил наносят вне монтажного символа.

**3. Внешние приборы, щиты и другие технические средства** изображают ниже. Технические средства, для которых на схемах приводят подключения проводов, изображают упрощенно внешними очертаниями или в виде прямоугольников. Щиты, пульты, стивы изображают в виде прямоугольников в средней части чертежа (при расположении таблицы с поясняющими надписями сверху и снизу поля чертежа) или в нижней части поля чертежа (при расположении таблицы только сверху). Внутри прямоугольника указывается наименование щита, пульта, стива, а под ним (в скобках) — обозначение таблицы подключения данного пульта, щита, стива. Размеры прямоугольников, обозначающих щиты, пульты, стивы, следует принимать по размещаемой в них информации. Если полный объем внешних проводов для данного щита, пульта не помещается на одном



листе или документе, то на данном листе или документе делают обрыв щита, пульта и продолжение их с соответствующими проводками изображают на следующем листе или документе со встречным указанием в месте обрыва листа или документа, на котором изображено продолжение этого щита. Внештитовые приборы (датчики, электроконтактные манометры и т. п.) и групповые установки приборов располагают на поле чертежа между таблицей с поясняющими надписями и прямоугольниками, изображающими щиты, пульта, стивы.

Обозначения (внештитовых приборов), порядковый номер и тип (соединительных коробок) указывают над полкой линий-выносок, а под полкой — обозначение и номер листа установки (рисунок 55).

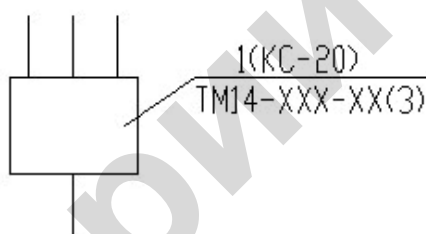


Рисунок 55 — Обозначение внештитовых приборов

Протяжные коробки (когда не приводят подключения) показывают в виде прямоугольников, внутри которых штриховыми линиями показывают разветвления жгутов проводов (рисунок 56).

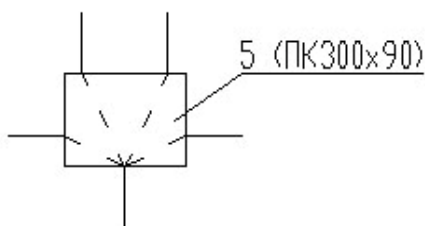


Рисунок 56 — Изображение протяжных коробок

**4. Внешние электрические и трубные проводки.** Первичные и внештитовые приборы, групповые установки приборов, щиты, пульта, стивы соединяют между собой электрическими и пневматическими

кабелями, проводами и жгутами проводов, а также трубопроводками (импульсными, командными, питающими и др.), которые показывают на схемах отдельными сплошными основными линиями.

Для соединения и разветвления электрических кабелей и пневмокабелей на схемах соединений показывают соответственно электрические соединительные коробки, а при прокладке проводов в защитных трубках — протяжные коробки. Протяжные коробки, необходимые только для протяжки проводов в магистральные защитные трубы, на схемах не показывают. Их выбирают монтажные организации при монтаже. При применении в проекте автоматизации большого числа электрических соединительных коробок рекомендуют разработывать для них отдельным документом схему подключения внешних проводок. В этом случае соединительные коробки на схеме соединений показывают упрощенно в виде прямоугольника, без сборок зажимов и без сальников.

Для каждой внешней электрической проводки над изображающей ее линией приводят ее техническую характеристику:

- для проводов — марку, сечение и при необходимости расцветку. При просадке в одной защитной трубе нескольких проводок перед маркой проставляют их количество, например 4АПВ 2 × 2,5 м;
- для кабелей — марку, количество и сечение жил и при необходимости количество занятых жил, которые указывают в прямоугольнике, помещаемом справа от обозначения данных кабеля.
- для металлокабеля — тип;
- для трубы — диаметр, толщину стенки. Длину указывают под линией проводки. При наличии на схеме нескольких кабелей, труб одной марки, одного сортамента, а также запорной арматуры одного типа и если они расположены рядом, их марку и тип допускается указывать на общей выносной линии.

Контрольным кабелям и защитным трубам, в которых проложены жгуты проводов, присваивают порядковые номера. Коробам, в которых проложены жгуты проводов, присваивают порядковые номера с добавлением буквы К.

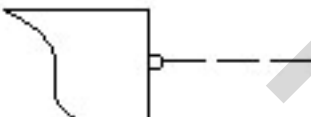
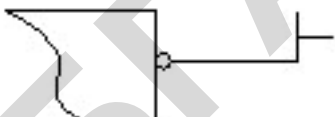
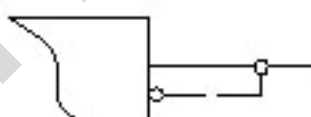
Трубным проводкам (импульсным, командным, питающим, дренажным, вспомогательным и т. д., в том числе пневмокабелям) присваивают порядковые номера с добавлением перед ними индекса 0: 01, 02, 03 и т. д.

Номера кабелей, жгутов проводов, трубопроводов проставляют в окружностях, помещаемых в разрывах изображений проволок. Диаметры окружностей следует принимать исходя из размеров записываемых в них номеров. Но эти окружности на одном листе схемы должны быть одного диаметра. Порядковые номера проводкам присваивают на схеме соединений сверху вниз (при расположении щитов, пультов снизу поля чертежа), снизу вверх (при расположении щитов, пультов в средней части чертежа) и слева направо. Нумерация внешних проводок должна быть сквозной в пределах документа.

При выполнении схем на нескольких листах или отдельными документами кабели, провода, жгуты проводов, трубы, которые должны переходить с одного листа на другой, обрывают. В месте обрыва указывают обозначение, присвоенное этой проводке (номер кабеля, провода, трубы), и в скобках — номер листа (при выполнении схемы на нескольких листах) или обозначение документа (при выполнении схем самостоятельными документами). На последующем листе или документе показывают продолжение проводки со ссылкой на предыдущий и (или) последующий листы или документ.

**5. Защитное зануление систем автоматизации.** Защитное зануление систем автоматизации выполняют в соответствии с требованиями гл. 1.7 ПУЭ–87.

Таблица 17 — Условные графические обозначения защитного зануления

| Наименование  | Обозначение   |
|---|---|
| Защитный проводник, присоединенный к корпусу электрооборудования  |  |
| Жила кабеля или провода, используемая в качестве нулевого защитного проводника и присоединяемая к корпусу электрооборудования |  |
| Защитный проводник электрооборудования, присоединяемый к броне, оболочке кабеля или защитной трубе                            |  |

Жилам кабелей и проводов, используемых в качестве нулевых защитных проводников, присваивают цифровое обозначение с добавлением буквы «N» (например 801N).

**6. Технические требования к схеме.** Технические требования к схеме в общем случае должны содержать:

- ссылки на схемы автоматизации, на которых указаны позиционные обозначения приборов;
- пояснения по нумерации кабелей, проводов, труб, коробов (при необходимости);
- указания по защитному заземлению и занулению электроустановок.

**7. Перечень элементов.** В перечень элементов включают:

- запорную арматуру;
- соединительные и протяжные коробки;
- кабели, провода, пневмокабели;

- материалы для защитного заземления и зануления оборудования и проводок.

В необходимых случаях схемы соединений могут содержать дополнительно таблицу нестандартизированных условных обозначений и таблицу применяемости.

**Требования к выбору способа прокладки и сечения электропроводки.** Электропроводки систем автоматизации выполняют кабелями и изолированными проводами, как правило, способами, показанными в таблице.

Выбор способа выполнения электропроводок рекомендуется вести в следующей последовательности:

- ✓ в зависимости от условий окружающей среды выбираются допустимые марки проводов или кабелей и способ их прокладки [2, с. 237–240];
- ✓ из возможных способов выполнения электропроводки отбираются те, предпочтительность которых определяется требованиями технологического процесса, удобства эксплуатации и технической эстетики;
- ✓ из отобранных способов выбирается наименее трудоемкий и экономически целесообразный.

Сечение проводов и кабелей системы электропитания приборов и средств автоматизации выбирают по условиям нагрева электрическим током, соответствия выбранным аппаратам защиты и механической прочности с последующей проверкой в необходимых случаях по потере напряжения. Сечение проводов и кабелей в соответствии с условием нагрева электрическим током определяется по таблицам допустимых токовых нагрузок на провода и кабели [2, с. 132–134] с учетом условий их прокладки. В качестве электронного справочника может быть использована и база данных специализированных пакетов САПР, например ImBase в составе CADElectro [6, с. 34].

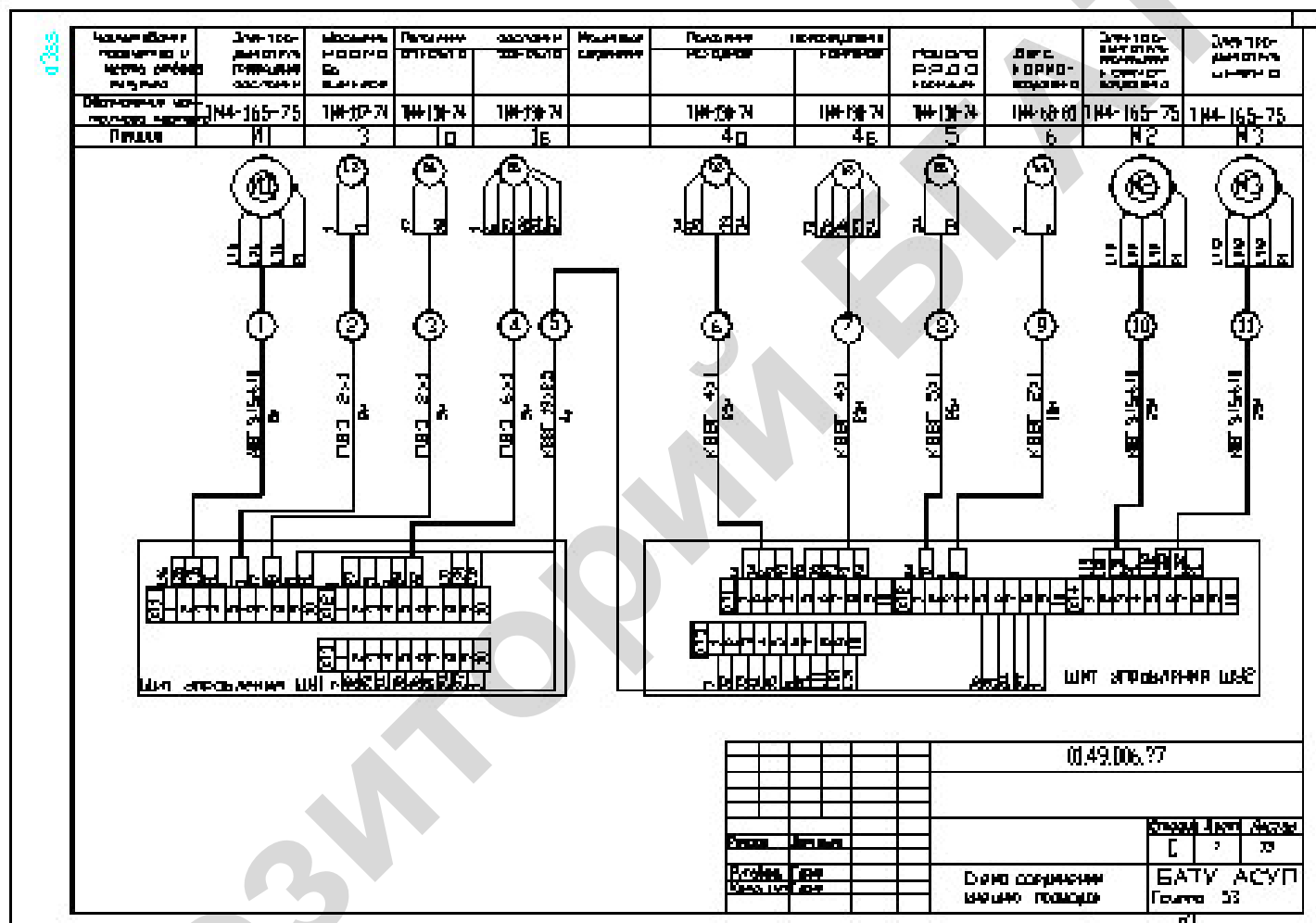


Рисунок 57 — Схема соединений внешних проводов САУ кормораздачи

Таблица 18 — Способы выполнения электропроводок систем автоматизации

| Вид                   | Место | Производственное помещение  | Наружная установка   |
|-----------------------|-------|---|--|
| Кабели                |       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• на кабельных конструкциях;</li> <li>• на лотках (кроме пыльных помещений);</li> <li>• в стальных коробах;</li> <li>• в пластмассовых и стальных защитных трубах;</li> <li>• в каналах;</li> <li>• в двойных полах</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• на кабельных конструкциях;</li> <li>• на лотках (кроме пыльных помещений);</li> <li>• в стальных коробах;</li> <li>• в пластмассовых и стальных защитных трубах;</li> <li>• по эстакадам, в каналах, туннелях, коллекторах;</li> <li>• в земле</li> </ul> |
| Изолированные провода |       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ в стальных коробах;</li> <li>▪ на лотках (кроме пыльных помещений);</li> <li>▪ в пластмассовых и стальных защитных трубах</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ в стальных коробах;</li> <li>▪ в пластмассовых и стальных защитных трубах</li> </ul>  |

Сечение проводов и жил кабелей цепей управления, сигнализации, измерения и т. п. выбирается так же, как сечение проводников цепей питания, по допустимым токовым нагрузкам, потере напряжения и механической прочности.

Порядок расчета сечений проводок следующий:

- 1) определяются расчетные токи линий ([3, с. 6–7] или [2, с. 124]) — длительные и кратковременные;
- 2) по значениям расчетных токов линий проводится выбор защитных аппаратов ([3, с. 6–7] или [2, с. 124]);
- 3) по значениям расчетных токов линий и по условию их соответствия выбранным аппаратам защиты производится выбор сечений проводов (таблица 14.2 приложения 14):
  - а) по условию нагревания длительно расчетным током:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{I_{\text{дл}}}{k_{\text{п}}} ;$$

б) по условию соответствия сечения провода выбранному току срабатывания защитного аппарата:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{\text{п}}},$$

где  $I_{\text{дл}}$  — длительный расчетный ток линии, А;

$I_3$  — номинальный ток или ток срабатывания защитного аппарата, А;

$k_{\text{п}}$  — поправочный коэффициент на условия прокладки проводов и кабелей: 1,00 — при числе пучков или кабелей до 6, 0,7 — при 12–15 и 0,6 — при 21 и более;

$k_3$  — кратность допустимого длительного тока для провода или кабеля по отношению к номинальному току или току срабатывания защитного аппарата (значения приведены в приложении).

4) проверяется надежность действия защитных аппаратов при коротком замыкании в наиболее удаленной точке сети;

5) проверяется соответствие сечений выбранных проводов и кабелей максимально допустимым сечениям проводов по механической прочности (минимально допустимое сечение для проводок систем автоматизации (при  $U > 60$  В): 0,35 мм<sup>2</sup> — для многопроволочных медных гибких жил; 0,5 мм<sup>2</sup> — для однопроволочных медных гибких жил; 2 мм<sup>2</sup> — для алюминиевых жил), а в необходимых случаях (например, при длинных линиях) производится проверка сечений проводов по потере напряжения (%):

$$\Delta U = \frac{P_{\text{расч}} \cdot l}{c \cdot F},$$

где  $P_{\text{расч}}$  — расчетная мощность линии, кВт;

$l$  — длина линии, м;

$c$  — коэффициент, зависящий от напряжения, числа фаз и материала провода;

$F$  — сечение провода, мм<sup>2</sup>.




## Последовательность формирования схем соединений с помощью пользовательской программы на базе пакета AutoCAD

Формирование схем соединений внешних проводок подлежит высокой степени формализации. Поэтому их разработку можно автоматизировать даже в общеприменяемом пакете, таком как AutoCAD. Примером может служить разработанная пользовательская программа ССВП на языке AutoLisp for AutoCAD (приложение Б, [5]). Работать с программой достаточно просто. Требуются лишь корректные ответы на запросы, а программа автоматически производит отрисовку, предлагает принять характеристики проводки, обозначение типового монтажного чертежа или ввести свои.

Рассмотрим порядок работы с программой.

1. Загрузить Autocad с помощью кнопки **ПУСК (Программы → AutoCAD)** или ярлыка рабочего стола.

2. В диалоговом окне начала работы **Startub** выбрать 3-ю слева кнопку **Use a template** (рисунок 58) для загрузки шаблона **a3ss1**, в котором заданы форма схемы соединения внешних проводок и наиболее приемлемые режимы рисования. Если в списке шаблонов не окажется требуемого, необходимо с помощью кнопки **Browse** указать место расположение файла шаблона, например: **C:\mi\Template\a3ss1**.

3. Формировать схему можно с помощью падающего меню: **БАЗА** (рисунок 59) пункта **База СС** либо одноименной панели инструментов. Сперва требуется загрузить программу ССВП. Для этого требуется пройти по вложенности меню **БАЗА → БАЗАСС → Установки → Начало** или с помощью инструмента .

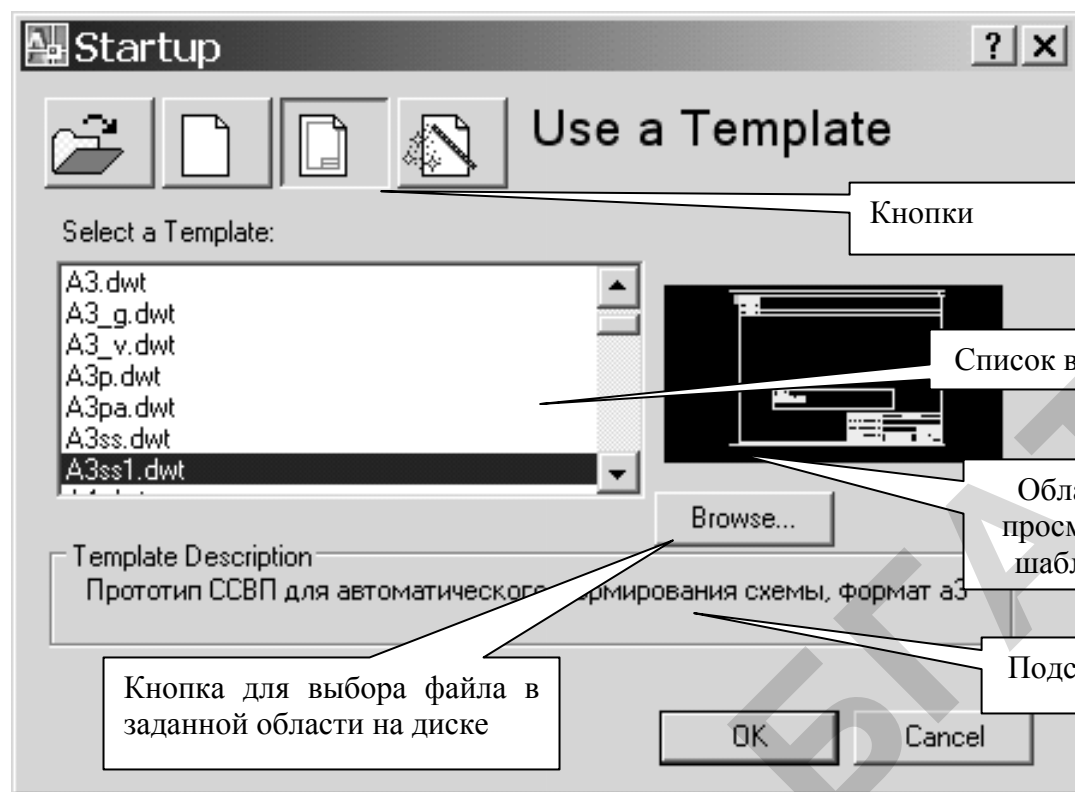


Рисунок 58 — Диалоговое окно начала работы



Рисунок 59 — Меню База

4. Установить режим ввода данных пользователем: авто или ручную, воспользовавшись вложенностью меню: **БАЗА** → **БА-ЗАСС** → **Установки** → **Авторежим** (или **Режим ввода**) или с помощью соответствующих инструментов (таблица 19).

5. Приступить к отрисовке контуров проводок, воспользовавшись вложенностью подпунктов пункта **Отрисовка** либо с помощью соответствующих инструментов (см. таблица 19) в зависимости от типа внешнего устройства. Примерный вариант запросов и возможных ответов приведен в таблице 20 на примере прорисовки контура проводки датчика. Следует напомнить, что значение,




стоящее в скобках < >, может быть задано, если нажать пустой ввод (значение по умолчанию).

6. После этого следует сохранить схему и оформить схему средствами Автокада: заполнить штамп, используя команды **TEXT** или **DDATTR**, при необходимости обрезать ненужные линии (команда **TRIM**), подписать прямоугольник щита, нанести технические требования.

Таблица 19 — Назначение пунктов меню База СС

| Подменю   | Пункт             | Инструмент  | Назначение   |
|-----------|-------------------|---|--|
| Установки | Начало            |    | Загружает программу формирования контуров проводок. При этом в командной строке будет выдано сообщение: Готово                                       |
|           | Авторежим         |    | Будет установлен режим, при котором программа будет использовать для отрисовки контура значения по умолчанию, не требуя данных от пользователя       |
|           | Режим ввода       |    | Будет использован режим, при котором пользователю необходимо формировать ответы на все необходимые исходные данные                                   |
| Отрисовка | Контур ЭД         |   | Вызывается на исполнение подпрограмма отрисовки контура проводки для такого внешнего устройства, как электродвигатель                                |
|           | Контур кнопки (З) |  | Вызывается на исполнение подпрограмма отрисовки контура проводки для такого внешнего устройства, как кнопочный выключатель с замыкающимся контактом  |
|           | Контур кнопки (Р) |  | Вызывается на исполнение подпрограмма отрисовки контура проводки для такого внешнего устройства, как кнопочный выключатель с размыкающимся контактом |

Окончание таблицы 20

| Подменю | Пункт              | Инструмент  | Назначение   |
|---------|--------------------|---|--|
|         | Контур поста       |  | Вызывается на исполнение подпрограмма отрисовки контура проводки для такого внешнего устройства, как кнопочный пост    |
|         | Контур нагревателя |  | Вызывается на исполнение подпрограмма отрисовки контура проводки для такого внешнего устройства, как нагреватель       |
|         | Контур Д2          |  | Вызывается на исполнение подпрограмма отрисовки контура проводки для такого внешнего устройства, как датчик, к которо- |

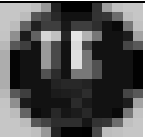

|       |           |   |  |
|-------|-----------|---|--|
|       |           |   | му необходимо подключать два проводника  |
|       | Контур ДЗ |   | Вызывается на исполнение подпрограмма отрисовки контура проводки для такого внешнего устройства, как датчик, к которому необходимо подключать три проводника |
| Блоки |           |  | Вызывает графическое меню-библиотеку, используемых при формировании схемы блоков   |

Таблица 20 — Основные запросы при выполнении команды отрисовки контура проводки

| Запрос   | Ответ  | Характеристика  |
|--|--|---|
| Укажите точку вставки датчика:   | В ответ необходимо указать точку (щелчком мыши либо вводом координат с клавиатуры), где будет сформирован контур проводки  | Важна только координата X, т. к. координата Y задается программно   |
| Введите характеристику параметра (3 строки), 1-я строка:<br>Введите характеристику параметра (3 строки), 2-я строка:<br>Введите характеристику параметра (3 строки), 3-я строка: | Эта текстовая информация необходима для заполнения таблицы данных (графа Наименование построчно), где должны быть указаны контролируемые параметры и место установки устройства. Например, температура теплоносителя из топки. | Параметр не требует обязательного заполнения. Наименование устройства формируется автоматически (1-я строка) при вводе его обозначения. |

Окончание таблицы 20

| Запрос   | Ответ   | Характеристика  |
|--|---|---|
| Введите обозначение ДАТЧИКА <TI>:  | Обозначение должно повторять таковое на схеме автоматизации. Например, термометр сопротивления обозначается как TE. | Обязательный параметр. Вводится прописными латинскими символами.                    |
| Введите позицию датчика<◇>:  | Вводится действительное число, повторяющее позицию устройства на схеме автоматизации                                | Обязательный параметр.  |
| Введите номер проводки<◇>:   | Требует ввода действительного числа номера проводки (в порядке расположения слева направо и сверху вниз по чертежу) | Необязательный параметр. Значение может быть задано автоматически                   |
| Введите номер маркировки провода 1<◇>:<br>Введите номер маркировки провода 2<◇>: | Требует ввода действительного числа обозначения по принципиальной схеме подключаемых к устройству проводников       | Обязательный параметр.  |
| Введите номер ХТ<◇>:   | Требует ввода действительного числа номера набора зажимов   | Необязательный параметр. Значение может быть задано автоматически                   |
| Введите марку проводки<КВВГ>:  | Текстовая переменная марки проводки   | Необязательный параметр. Значение может быть задано автоматически                   |
| Введите марку и кол-во жил проводки<4x1>:  | Текстовая переменная данных проводки  | Необязательный параметр. Значение может быть задано автоматически                   |
| Введите обозначение <ТМ...>:   | Вводится текстовая переменная обозначения типового монтажного чертежа установки устройства                          | Если корректно введено обозначение устройства, то переменная задается автоматически |

## Контрольные вопросы

1. В каких случаях дополнительно к схеме соединений внешних проводок выполняется схема подключений внешних проводок?
2. Каким образом заполняются графы таблицы данных на схеме?
3. Каким образом присваивают проводкам номера на схеме?
4. Каким образом изображают на схемах соединений внешних проводок: а) приборы; б) единичные щиты и пульты; в) составные щиты?
5. Какие характеристики приводят для внешней проводки на схеме, если она выполнена: а) проводом; б) кабелем; в) в трубе?
6. Какова последовательность действий при отрисовке контура проводки датчика с помощью программы?
7. Дайте последовательность расчета сечения проводки.

## Литература

1. ГОСТ 21.408–93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов.
2. Ключев, А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов : справ. пособие /А.С. Ключев [и др.]; под ред. А.С. Ключева. — Москва : Энергоатомиздат, 1990. — 464 с.
3. САПР систем автоматики : метод. указ. / сост. Е.С. Якубовская. — Минск : БГАТУ, 2000. — 28 с.
4. САПР систем автоматики: метод. указ. Лабораторная работа № 5 / сост. Е.С. Якубовская. — Минск : БГАТУ, 2002. — 62 с.
6. Якубовская, Е.С. Методология проектирования и основы САПР : курс лекций / Е.С. Якубовская. — Минск : БГАТУ, 2004. — 214 с.

**Дизъюнкция** — сумма логических произведений.

**Дискретными или логическими** системами автоматики называют такие системы, у которых входные и выходные сигналы могут принимать два возможных значения.

**Исполнительные элементы схем**, воздействующие на внешние объекты. К ним относятся контакторы, электромагниты, сигнализаторы.

**Карты Карно** — это графическое представление таблиц истинности, применяются для упрощения логических выражений.

**Контур** контроля, регулирования или управления — совокупность отдельных функционально связанных приборов, выполняющих определенную задачу по контролю, регулированию, сигнализации, управлению и т. д.

**Конъюнкция** — логическое произведение.

**Приемные (входные) элементы схем**, воспринимающие входные воздействия: ручные команды оператора, сигналы других автоматических устройств. К ним относятся ключи и кнопки управления, приборы, контролирующие состояние технологических переменных процессов, и т. д.

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

**Промежуточные элементы схем**, обеспечивающие определенную последовательность передачи воздействий приемных элементов на исполнительные.

Под **реализуемостью** алгоритма ТП понимают возможность синтеза схемы управления без применения промежуточных реле (логических).

**Схема автоматизации** — основной технический документ, определяющий функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования техно-

логическим процессом и оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации.

**Схема соединений внешних проводок** — это комбинированная схема, на которой показаны электрические и трубные связи между приборами и средствами автоматизации, установленными на технологическом оборудовании, вне щитов и на щитах.

**Схемы класса Н** — схемы с мостиковыми соединениями.

**Схемы класса П** — это параллельно-последовательные схемы.

Совершенной дизъюнктивной нормальной форме (СДНФ) представления логической функции соответствует форма в виде дизъюнкции конъюнкций.

**Такт** в символической записи алгоритма соответствует изменению состояния командного аппарата или исполнительного органа.

**Элементом** схемы называется составная часть схемы, которая не может быть разделена на части, имеющая самостоятельное функциональное назначение.



**ПРИЛОЖЕНИЯ**

Репозиторий БГАТУ

**Варианты к пункту 2 задания темы 1**

**Вариант 1. (рисунок П1.1)**

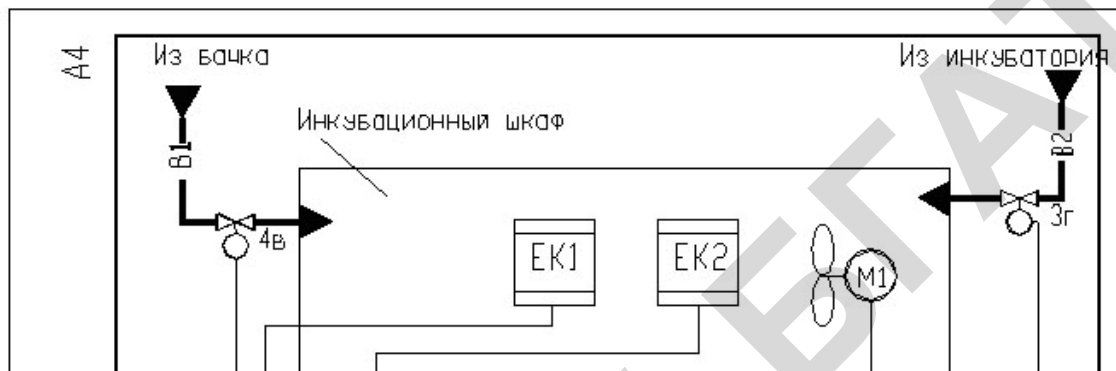


Рисунок П1.1

**Вариант 2. (рисунок П1.2)**

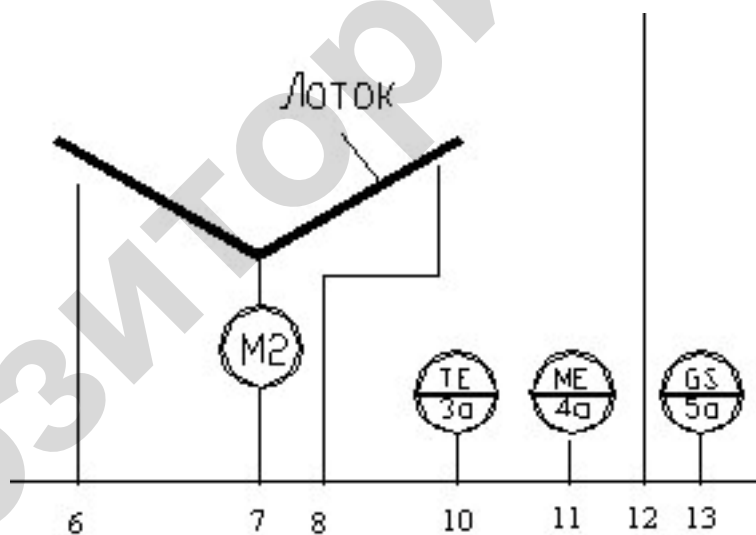


Рисунок П1.2

**Вариант 3. (рисунок П1.3)**

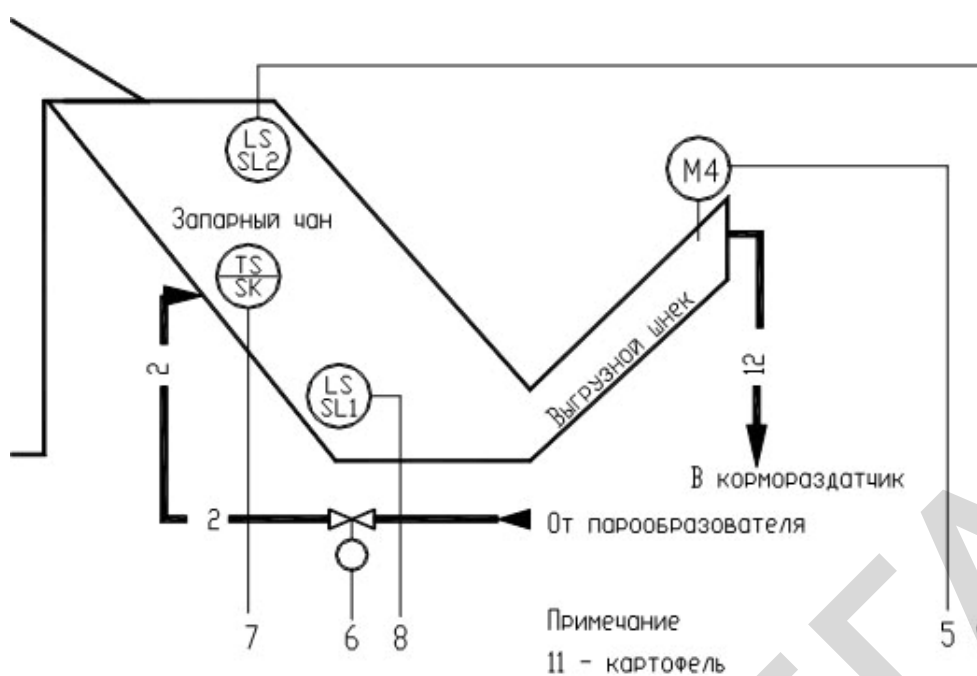


Рисунок П1.3

**Вариант 4. (рисунок П1.4)**

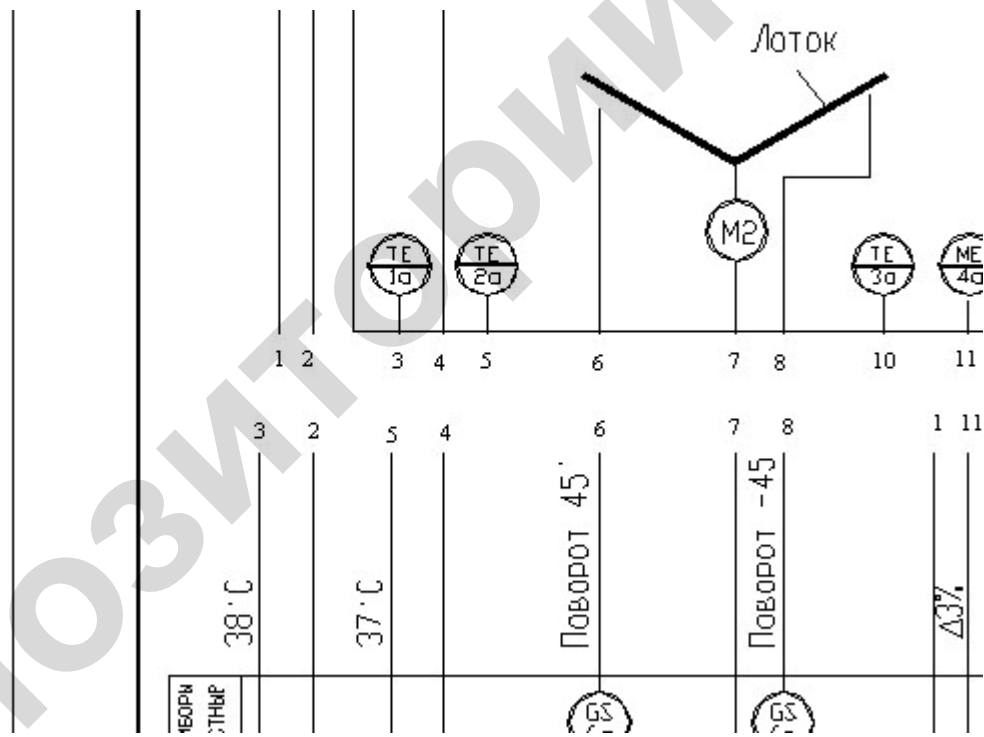


Рисунок П1.4

## Варианты к пункту 3 задания темы 1

### Вариант 1. (рисунок П1.5)

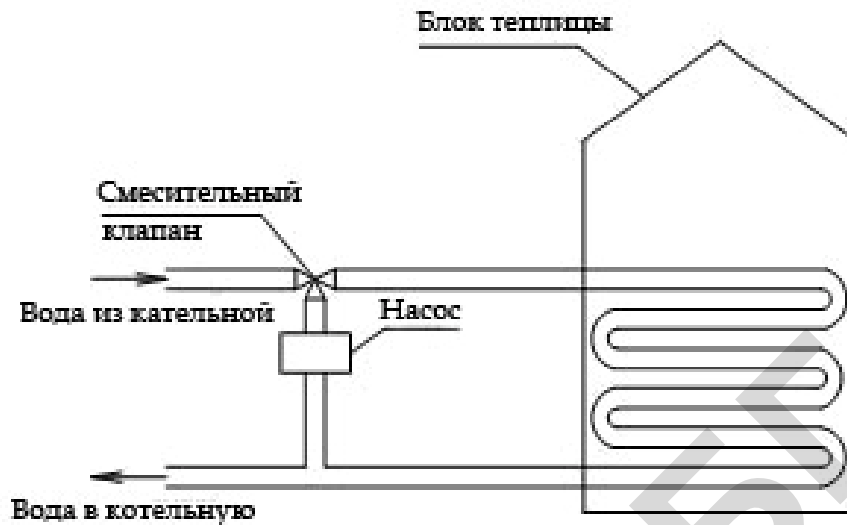


Рисунок П1.5

Изобразить контур регулирования температуры воздуха в теплице на схеме автоматизации. Температура воздуха в теплице измеряется датчиком, сигнал с которого поступает на регулятор, который управляет электродвигательным исполнительным механизмом смесительного клапана. Управление оборудованием ведется в автоматическом и ручном режимах.

### Вариант 2. (рисунок П1.6)

Изобразить на схеме автоматизации контур регулирования подачи коагулянта (представляет собой известковый раствор) на станции водоподготовки. Регулирование осуществляется прибором, сигнал на который поступает с вторичного прибора, к которому подключены датчики для измерения электропроводностей исходной и обработанной воды. Сигнал с регулятора поступает на реверсивный магнитный пускатель, управляющий исполнительным механизмом дозатора.



Рисунок П1.6

Управление оборудованием ведется в автоматическом и ручном режимах. Необходимо также предусмотреть указатель расхода коагулянта по месту.

### Вариант 3 и 4. (рисунок П1.7)

Разработать схему автоматизации процесса дозирования хлора при обеззараживании воды. Управление оборудованием ведется в автоматическом и ручном режимах. Конечные положения ИМ ограничиваются конечными выключателями.

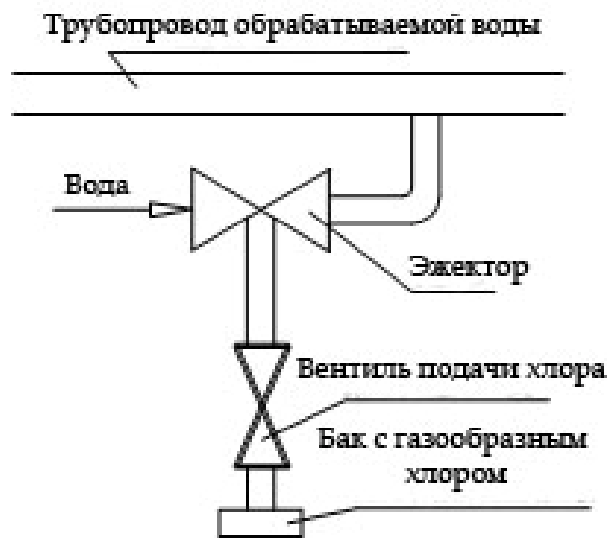


Рисунок П1.7

Вариант 3 — Контур регулирования подачи хлора содержит расходомеры хлора и воды, сигналы от которых подаются на вход в регулятор соотношения, который управляет приводом регулирующего вентиля на линии подачи газообразного хлора.

Вариант 4 — Контур регулирования подачи хлора содержит датчик остаточного хлора и датчик расхода хлора, которые подают сигнал на регулятор соотношения, который управляет приводом регулирующего вентиля на линии подачи газообразного хлора.

### **Вариант 5 и 6. (рисунок П1.8)**

Изобразить на схеме автоматизации:

- вариант 5 — контур управления обогревом верхней зоны картофелохранилища;
- вариант 6 — контур управления основным вентилятором в лечебный период.

Управление оборудованием ведется в автоматическом и ручном режимах.

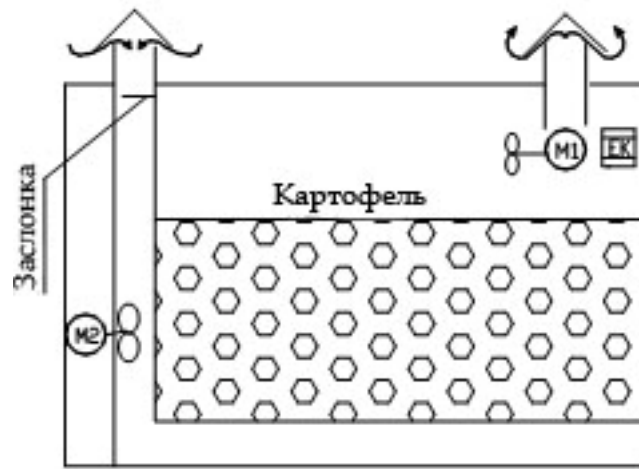


Рисунок П1.8

Вариант 5 — Контур состоит из датчика температуры, измеряющего температуру верхней зоны картофелехранилища, сигнал с него поступает на регулятор, который с помощью магнитного пускателя включает осевой вентилятор (М1) и нагреватель ЕК. Включение в работу обогревателя возможно только при закрытой заслонке.

Вариант 6 — При закрытой заслонке управление ЭД М2 основного вентилятора ведется по сигналу от реле времени.

### Вариант 7 и 8. (рисунок П1.9)

Изобразить на схеме автоматизации:

- вариант 7 — контур управления смесительным клапаном;
- вариант 8 — контур управления основным вентилятором в период охлаждения.

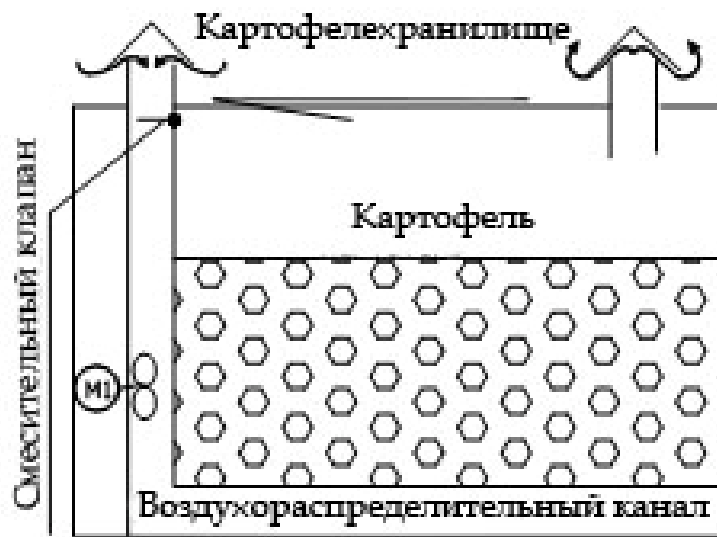


Рисунок П1.9

Конечные положения ИМ ограничиваются конечными выключателями. Управление оборудованием ведется в автоматическом и ручном режимах.

Вариант 7 — контур состоит из датчика температуры в воздуховодораспределительном канале, сигнал с которого подается на регулятор, который посредством реверсивного магнитного пускателя управляет ИМ клапана.

Вариант 8 — контур состоит из дифференциального регулятора, датчики которого изменяют температуру наружного и внутреннего воздуха, если температура наружного воздуха меньше внутреннего, он включает регуляторы температуры, датчики которых измеряют температуру массы картофеля и температуру в канале. Если температура в картофеле выше заданной, а в канале — не отрицательная, включается в работу вентилятор.



## Вариант 9. (рисунок П1.9)

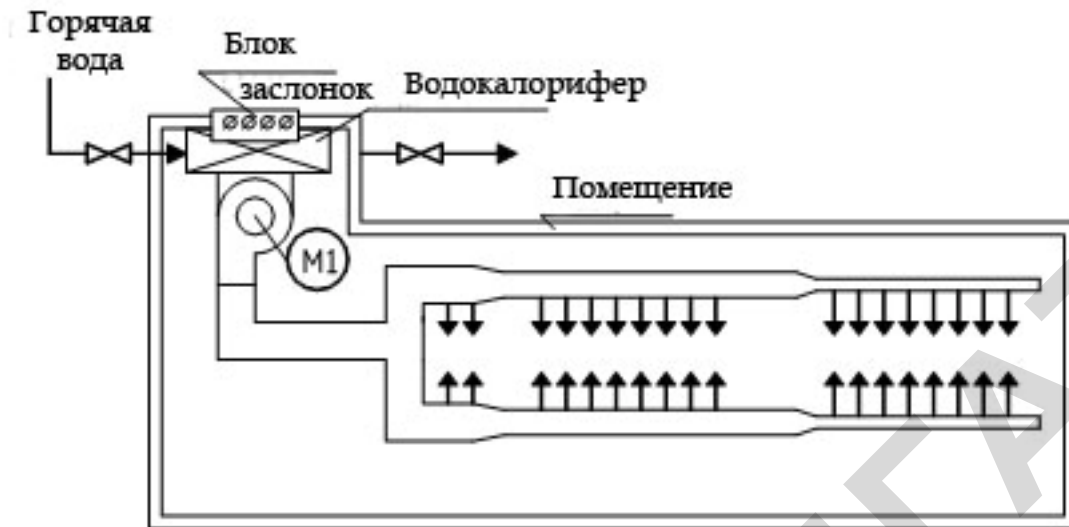


Рисунок П1.10

Изобразить на схеме автоматизации контур управления приточной вентиляцией в животноводческом помещении. Температура приточного воздуха регулируется путем изменения расхода горячей воды через водокалорифер с помощью датчика и регулятора температуры. Конечные положения ИМ ограничиваются конечными выключателями. Управление оборудованием ведется в автоматическом и ручном режимах.

## Вариант 10 и 11. (рисунок П1.11)

Изобразить на схеме автоматизации бункера активного вентилирования:

- вариант 10 — контур управления поршнем-заглушкой;
- вариант 11 — контур управления загрузкой.

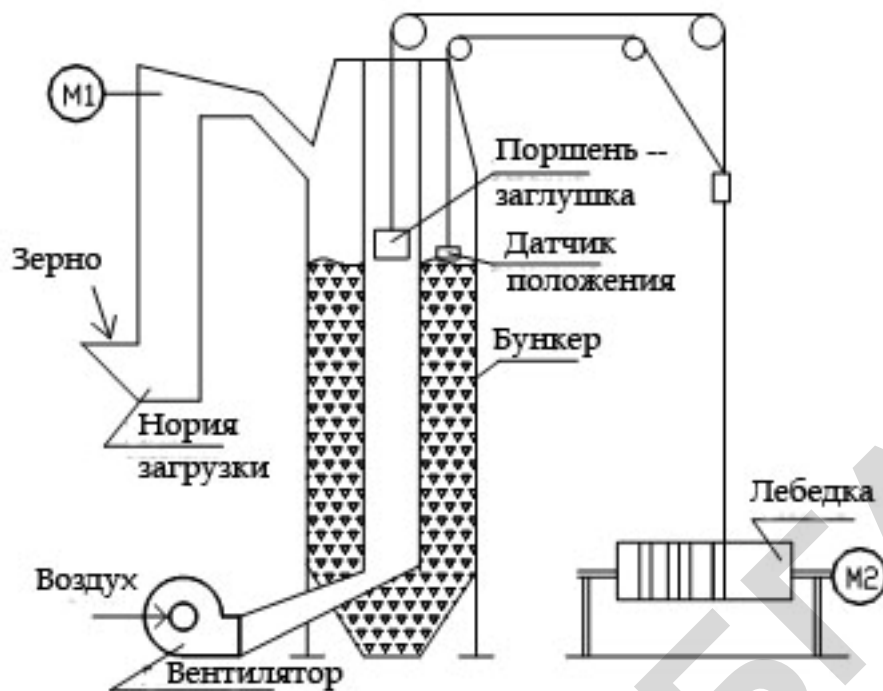


Рисунок П1.11

Вариант 10 — Контур содержит конечный выключатель на поршне-заглушке, датчик положения зерна, реверсивный магнитный пускатель управления лебедкой, магнитный пускатель ЭД нории, переключатель режимов управления, сигнализацию положения заглушки. При включении магнитного пускателя нории подается сигнал на поднятие поршня. При срабатывании датчика положения поднятие прекращается. После выключения ЭД нории поршень опускается, пока не сработает датчик положения.

Вариант 11 — Контур состоит из датчиков верхнего и нижнего уровня, магнитного пускателя ЭД нории, переключателя режимов работы, кнопок ручного управления и сигнализации полной загрузки бункера.

### Вариант 12 и 13. (рисунок П 1.12)



Рисунок П1.12

Изобразить на схеме автоматизации навозоудаления указанные в вариантах контуры. Управление оборудованием ведется в автоматическом и ручном режимах. Предусмотреть технологическую сигнализацию.

Вариант 12 — контур управления реверсивным ЭД М1, который включается в работу по сигналу реле времени и работает цикл прохождения в обе стороны по датчикам положения.

Вариант 13 — контур управления ЭД транспортеров. ЭД М3 срабатывает по сигналу конечного выключателя, за ним срабатывает М2. После прохождения определенного времени выключаются оба транспортера.

### Вариант 14 и 15.

Изобразить на схеме автоматизации сушки травяной муки:

- вариант 14 — контур управления температурой теплоносителя;
- вариант 15 — контур управления температурой топлива.

Управление оборудованием ведется в автоматическом и ручном режимах.

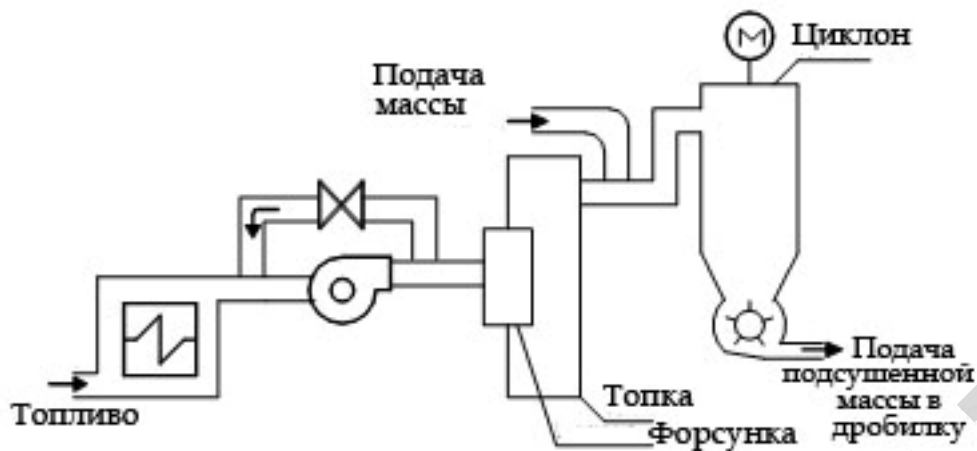


Рисунок П1.13

Вариант 14 — Контур состоит из датчика температуры газов на выходе из циклона, сигнал от которого поступает на терморегулятор, который управляет путем включения электромагнита вентиля, установленного на обратном трубопроводе, подачей топлива в форсунку.

Вариант 15 — Температура топлива, подаваемого насосом в топку, поддерживается на уровне  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$  при помощи контактного термодатчика, сигнал с которого поступает на терморегулятор, который управляет магнитным пускателем электронагревателя. Предусмотреть контроль давления топлива перед форсункой по месту.

## Приложение 2

### Обозначения сред, используемых на схемах автоматизации

Таблица П2 — Условные обозначения трубопроводов,  
в зависимости от транспортируемой среды

| Цифр. обозначения | Транспонируемое вещество                        | Цифр. обозначения | Транспонируемое вещество               |
|-------------------|---|-------------------|--|
| 1                 | Вода  | 3                 | Воздух                                 |
| 1.1               | Питьевая  | 3.1               | Атмосферный                            |
| 1.2               | Техническая                                     | 3.2               | Кондиционированный                     |
| 1.3               | Горячая<br>(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,<br>сточная                        | 3.0               | Отработанный                           |
| 2                 | Пар   | 4                 | Газы горючие                           |
| 2.1               | Низкого давления<br>(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<br>ее содержащие |
| 2.8               | Вакуумный                                       | 4.8               | Резерв                                 |
| 2.9               | Прочие виды пара                                | 4.9               | Прочие виды горючих газов              |
| 2.0               | Отработанный                                    | 4.0               | Отработанные горючие газы              |

Продолжение таблицы П2




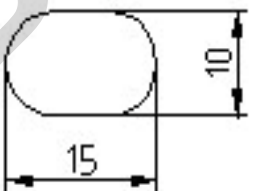
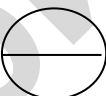


| Цифр. обозначения | Транспонируемое вещество                      | Цифр. обозначения | Транспонируемое вещество  |
|-------------------|---|-------------------|---|
| 5                 | Газы негорючие                                | 6                 | Кислоты   |
| 5.1               | Азот и газы 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)              |
| 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 (pH>8,5) | 8.0               | Горючие стоки   |

Окончание таблицы П2

| Цифр. обозначения | Транспонируемое вещество         | Цифр. обозначения | Транспонируемое вещество               |
|-------------------|----------------------------------|-------------------|--|
| 9                 | Жидкости негорючие               | 0                 | Прочие вещества                        |
| 9.1               | Жидкие пищевкус-<br>вые продукты | 0.1               | Порошкообразные материалы              |
| 9.2               | Водные растворы<br>(нейтральные) | 0.2               | Сыпучие материалы зернистые            |
| 9.3               | Прочие растворы<br>(нейтральные) | 0.3               | Смеси твердых материалов с<br>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<br>жидкости     | 0.9               | Резерв                                 |
| 9.0               | Негорючие стоки<br>(нейтральные) | 0.0               | Отработанные твердые материалы         |

Требования к обозначению приборов и средств автоматики  
на схемах автоматизации (выдержки из ГОСТ 21.404–85)

Таблица ПЗ.1 — Условные графические обозначения приборов автоматики

| Наименование  | Обозначение  | Размеры обозначений  |
|---|--|--|
| <p>1. Прибор, устанавливаемый вне щита (по месту):</p> <p>а) основное обозначение</p> <p>б) допускаемое обозначение</p> | <br>     | <br> |
| <p>2. Прибор, устанавливаемый на щите, пульте:</p> <p>а) основное обозначение</p> <p>б) допускаемое обозначение</p>     | <br> |  |
| <p>3. Исполнительный механизм.<br/>Общее обозначение</p>  |   |  |



Окончание таблицы ПЗ.1

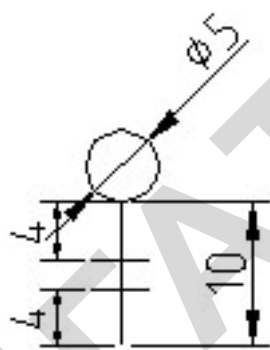



| Наименование  | Обозначение   | Размеры обозначений   |
|---|---|---|
| <p>4. Исполнительный механизм, который при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала:</p> <p>а) открывает регулирующий орган;</p> <p>б) закрывает регулирующий орган;</p> <p>в) оставляет регулирующий орган в неизменном положении</p> |    |    |
| <p>5. Исполнительный механизм с дополнительным ручным приводом.</p>   |   | <p>Обозначение может применяться с любым из дополнительных знаков, характеризующих положение регулирующего органа при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала</p> |
| <p>6. Линии связи.<br/>Общее обозначение</p>  |  |   |
| <p>7. Пересечение линий связи без соединения друг с другом</p>  |  |   |
| <p>8. Пересечение линий связи с соединением между собой</p>   |  |   |

Таблица ПЗ.2 — Буквенные условные обозначения приборов автоматике

| Обозначение | Измеряемая величина                      |  | Функциональный признак прибора |  |                                    |
|-------------|--|--|--------------------------------|--|------------------------------------|
|             | Основное обозначение измеряемой величины | Доп. обозначение, уточняющее измеряемую величину | Отображение информации         | Формирование выходного сигнала           | Доп. значение                      |
| A           | +  | –  | Сигнализация                   | –  | –                                  |
| B           | +  | –  | –                              | –  | –                                  |
| C           | +  | –  | –                              | Автоматическое регулирование, управление | –                                  |
| D           | Плотность                                | Разность, перепад                                | –                              | –  | –                                  |
| E           | Электрическая величина                   | –  | +                              | –  | –                                  |
| F           | Расход                                   | Соотношение, доля, дробь                         | –                              | –  | –                                  |
| G           | Размер, положение                        | –  | +                              | –  | –                                  |
| H           | Ручное воздействие                       | –  | –                              | –  | Верхний предел измеряемой величины |
| I           | +  | –  | Показание                      | –  | –                                  |
| J           | +  | Автоматическое переключение, обегание            | –                              | –  | –                                  |
| K           | Время, временная программа               | –  | –                              | +  | –                                  |
| L           | Уровень                                  | –  | –                              | –  | Нижний предел измеряемой величины  |

Окончание таблицы ПЗ.2

| Обозначение | Измеряемая величина  |  | Функциональный признак прибора |   |               |
|-------------|--|--|--------------------------------|---|---------------|
|             | Основное обозначение измеряемой величины                         | Доп. обозначение, уточняющее измеряемую величину | Отображение информации         | Формирование выходного сигнала                  | Доп. значение |
| <i>M</i>    | Влажность  | –  | –                              | –   | –             |
| <i>N</i>    | +  | –  | –                              | –   | –             |
| <i>O</i>    | +  | –  | –                              | –   | –             |
| <i>P</i>    | Давление, вакуум   | –  | –                              | –   | –             |
| <i>Q</i>    | Величина, характеризующая качество: состав, концентрация и т. п. | Интегрирование, суммирование по времени          | –                              | +   | –             |
| <i>R</i>    | Радиоактивность  | –  | <b>Регистрация</b>             | –   | –             |
| <i>S</i>    | Скорость, частота  | –  | –                              | Включение, отключение, переключение, блокировка | –             |
| <i>T</i>    | Температура  | –  | –                              | +   | –             |
| <i>U</i>    | Несколько разнородных измеряемых величин                         | –  | –                              | –   | –             |
| <i>V</i>    | Вязкость   | –  | +                              | –   | –             |
| <i>W</i>    | Масса  | –  | –                              | –   | –             |
| <i>Y</i>    | +  | –  | –                              | +   | –             |
| <i>Z</i>    | +  | –  | –                              | +   | –             |

Примечание — Буквенные обозначения, отмеченные знаком «+», являются резервными, а отмеченные знаком «–» не используются.

Таблица ПЗ.3 — Дополнительные буквенные обозначения приборов

| Наименование                           | Обозначение | Назначение   |
|--|-------------|--|
| Чувствительный элемент                 | <i>E</i>    | Устройства, выполняющие первичное преобразование: преобразователи термоэлектрические, термопреобразователи сопротивления, датчики пирометров, сужающие устройства расходомеров и т. п. |
| Дистанционная передача                 | <i>T</i>    | Приборы бесшкальные с дистанционной передачей сигнала: манометры, дифманометры, манометрические термометры.  |
| Станция управления                     | <i>K</i>    | Приборы, имеющие переключатель для выбора вида управления и устройство для дистанционного управления   |
| Преобразование, вычислительные функции | <i>Y</i>    | Для построения обозначений преобразователей сигналов и вычислительных устройств  |

Таблица ПЗ.4 — Дополнительные буквенные обозначения преобразователей сигналов и вычислительных устройств

| Наименование   | Обозначение   |
|--|---|
| 1. Род энергии сигнала:<br>– электрический;<br>– пневматический;<br>– гидравлический   | $E$<br>$P$<br>$G$   |
| 2. Виды форм сигнала:<br>– аналоговый;<br>– дискретный   | $A$<br>$D$  |
| 3. Операции, выполняемые вычислительным устройством:<br>– суммирование;<br>– умножение сигнала на постоянный коэффициент $k$ ;<br>– перемножение двух и более сигналов;<br>– деление сигналов;<br>– возведение величины сигнала $f$ в степень и извлечение из величины сигнала корня степени $n$ ;<br>– логарифмирование;<br>– дифференцирование;<br>– интегрирование;<br>– изменение знака сигнала;<br>– ограничение верхнего значения сигнала;<br>– ограничение нижнего значения сигнала | $\Sigma$<br>$k$<br>$\times$<br>$f_n$<br>$\sqrt{n}$<br><br>$\lg$<br>$dx/dt$<br>$\int$<br>$x(-1)$<br>$\max$<br>$\min$ |
| 4. Связь с вычислительным комплексом:<br>– передача сигнала на ЭВМ;<br>– вывод информации с ЭВМ  | $B_j$<br>$B_0$  |

Исходные данные для проектирования САУ линии кормораздачи  
в птичнике на 10 000 птиц с 4-й по 18-ю неделю

**Зоотехнические требования**

Способы кормления птицы зависят от ее вида, способов содержания, возраста, особенностей кормов и других факторов.

В развитых птицеводческих странах поголовье бройлеров, включая и родительское стадо, содержится на полу на мягкой подстилке. Только в России и других странах СНГ некоторая часть бройлеров содержится в клеточных батареях старого типа. Большинство мировых производителей клеточных батарей прекратило производство клеточного оборудования для содержания бройлеров 15–20 лет назад.

Куры-несушки содержатся в клеточных батареях. В последние годы под давлением партии «зеленых» в странах Западной Европы выработаны новые требования к содержанию кур-несушек, которые предусматривают так называемое свободное содержание птицы с наличием выгула. Некоторые страны, например Швейцария, уже полностью перешли на бесклеточное содержание птицы, что, естественно, повлекло за собой значительное удорожание яиц.

Существуют фермы (не более 3 % от мирового объема), где бройлеры содержатся на щелевом полу по причине отсутствия подстилочного материала. Это требует устройства сложной системы пометоудаления, что повышает инвестиционные и эксплуатационные затраты при строительстве птичников.

Содержание в клетках имеет свои преимущества: концентрация птицепоголовья за счет увеличения плотности посадки птицы в 2 раза больше по сравнению с напольным; ликвидация сезонности в производстве продукции за счет регулируемого микроклимата, лучших условий наблюдения за птицей; отсутствует необходимость использования подстилочных материалов; эффективнее используются корма из-за меньшей подвижности птицы.

Варианты напольного способа содержания птицы – это содержание на глубокой сменяемой и несменяемой подстилке на планчатых, сетчатых, обогреваемых полах без подстилки, а также в вольерах. При этом способе птица чувствует себя комфортнее. При выращивании на сетчатых полах птице создаются лучшие условия микроклимата, механизирована уборка помета, можно механизировать посадку суточных цыплят и выгрузку выращенных с помощью ленточных транспортеров, выше плотность посадки на 1 м<sup>2</sup> пола птичника и больше выход продукции с единицы производственной площади и в целом намного выше производительность труда, чем при выращивании на глубокой подстилке.

В увеличении производства мяса птицы высокого качества большую роль играет научно обоснованное сбалансированное кормление птицы родительского стада, ремонтного молодняка и бройлеров.

В связи с биологическими особенностями организма мясные куры при свободном доступе к корму уже в раннем возрасте быстро жиреют, это касается и взрослой птицы. При свободном доступе к корму у молодок рано начинается яйцекладка и они несут сравнительно долго мелкие яйца, у них наблюдается общее ожирение и перерождение печени, уменьшаются яйценоскость, выход инкубационных яиц и в целом воспроизводительные качества, увеличивается выбраковка птицы. В итоге такое кормление птицы неэффективно. При избыточном потреблении воды птицей снижается переваримость корма, что также нерационально. Поэтому современные ресурсосберегающие технологии производства мяса птицы предусматривают рациональное использование кормов и воды.

При ограниченном кормлении и поении птицы родительского стада и ремонтного молодняка увеличивается выход молодняка на несушку, но снижаются затраты кормов и воды при выращивании и содержании птицы.

При выращивании бройлеров более эффективен прерывистый режим их кормления, когда птица имеет доступ к корму через 30 мин или 1 ч.

Лучшие результаты при выращивании ремонтного молодняка получают при сочетании ограниченного кормления и поения с дифференцированным световым режимом. Ограничивать в корме и в воде можно только хорошо растущий и развивающийся молодняк.

Ограничивать в корме ремонтный молодняк начинают с 3–5-недельного возраста, а в воде после 8 недель жизни. Кормят птицу через день, утром дают двухдневную норму корма. В день, когда птицу не кормят, она получает воду только по 2 ч утром и вечером. Важное условие при ограниченном кормлении и поении — возможность иметь одновременный доступ всей птице к корму и воде.

С начала применения ограничения кормления сокращается световой день до 8 ч и уменьшают освещенность. С 19-недельного возраста птицу кормят ежедневно в соответствии с нормами, поение вволю. Продолжительность светового дня начинают увеличивать с 22-недельного возраста.

При содержании птицы родительских форм на полу соотношение кур и петухов равно 9:1. Использование яиц для инкубации 75 %, оплодотворенность яиц не менее 93 %, а вывод цыплят — 75%.

Для птицы используется в основном сухой корм и при содержании на полу и в клетках. Это преимущественно комбикорм в смеси с биологически активными веществами.

В первые дни жизни у цыплят недостаточно функционируют органы пищеварения, сравнительно медленный прирост живой массы. Они плохо переваривают клетчатку. В последний период выращивания ремонтного молодняка его кормят так, чтобы не форсировать наступление половой зрелости.

Комбикорма для кур промышленного стада составляют с учетом возраста птицы и ее продуктивности. Высококачественные инкубационные яйца можно получить, используя только полноценные комбикорма с оптимальным соотношением обменной энергии и



сырого протеина, необходимым содержание аминокислот, макро- и микроэлементов, витаминов (таблица П4.1). В первые 5 дней жизни цыплятам лучше давать легкопереваримые корма с низким содержанием клетчатки без добавления минеральных веществ или комбикорм для цыплят до 8 недель. Гравий подсыпают с пятого дня.

Таблица П4.1 — Рецепты полнорационных комбикормов для ремонтного молодняка и яичных кур промышленного стада, %

| Компоненты                 | Возраст, недель |      |               |             |
|----------------------------|-----------------|------|---------------|-------------|
|                            | 1–8             | 9–21 | 22–47         | 48 и старше |
|                            | Молодняк        |      | Взрослые куры |             |
| Кукуруза                   | 37              | –    | 35,3          | 20          |
| Пшеница                    | 30              | 48   | 30            | 40          |
| Ячмень                     | –               | 30   | –             | 9,2         |
| Шрот подсолнечный          | 17,7            | 2    | 13            | 10          |
| Дрожжи кормовые            | 3               | 3    | 3             | 3           |
| Отруби пшеничные           | –               | 5    | –             | –           |
| Мука:                      |                 |      |               |             |
| – рыбная из непищевой рыбы | 6,5             | –    | 5             | 4           |
| – травяная                 | 3               | 6    | 4             | 4           |
| – мясокостная              | –               | 2    | –             | –           |
| – костная                  | –               | 1,4  | 0,6           | 0,8         |
| Мел                        | 1,8             | 1,2  | 3             | 3           |
| Ракушка, известняк         | –               | –    | 4,7           | 4,6         |
| Соль поваренная            | –               | 0,4  | 0,4           | 0,4         |
| Премикс                    | 1               | 1    | 1             | 1           |
| <b>Итого:</b>              | 100             | 100  | 100           | 100         |

Окончание таблицы П4.1

| Компоненты                           | Возраст, недель |             |               |                  |
|--------------------------------------|-----------------|-------------|---------------|------------------|
|                                      | 1–8             | 9–21        | 22–47         | 48 и стар-<br>ше |
|                                      | Молодняк        |             | Взрослые куры |                  |
| В 100 г комбикорма<br>содержится, %: | 291,3           | 261(1,092)  | 270(1,133)    | 263,2            |
| – обменной энергии,<br>ккал (МДж)    | (1,220)<br>20   | 14,1<br>2,4 | 17,2<br>2,8   | (1,107)<br>16,3  |
| – сырого протеина                    | 3               | 5,1         | 4,5           | 2,5              |
| – сырого жира                        | 5               | 1,2         | 3,1           | 4,5              |
| – сырой клетчатки                    | 1,1             | 0,7         | 0,7           | 3,1              |
| – кальция                            | 0,8             | 0,2         | 0,3           | 0,7              |
| – фосфора                            | 0,2             | 0,51        | 0,71          | 0,3              |
| – натрия                             | 0,83            | 0,41        | 0,58          | 0,65             |
| – лизина                             | 0,69            | 0,18        | 0,2           | 0,54             |
| – метионина + цистина                | 0,24            |             |               | 0,19             |
| – триптофана                         |                 |             |               |                  |
| На 1 т комбикорма до-<br>бавляют, г: | 1700            | 1900        | 400           | 500              |
| – лизина                             | 600             | 1200        | 200           | 300              |
| – метионина                          |                 |             |               |                  |

Нормы расхода кормов для молодняка представлены в таблице П4.2 в соответствии с рекомендациями по содержанию птицы белорусской зональной опытной станции. Во второй период выращивания (после 8 недель) используют комбикорм с пониженным уровнем обменной энергии и сырого протеина, но с повышенным содержанием клетчатки за счет введения отрубей и большого количества травяной муки. Здоровой птице при хороших условиях содержания в этот период можно ограничить дачу комбикорма (снизить до 20 %) или не давать корм 1–2 дня в неделю. Ограниченное кормление задерживает наступление ранней половой зрелости, увеличивает яйценоскость на 5–20 %, оплодотворенность и выводимость яиц соответственно на 3–16 % и 6–10 %. При ограниченном кормлении весь молодняк должен иметь одновременный доступ к корму, а фронт поения — обеспечивать нужное количество воды.

Таблица П4.2 — Примерные нормативы расхода кормов и параметры роста гибридного молодняка

| Возраст, дней | Живая масса на конец декады, г | Среднесуточный привес, г | Расход кормов  |                      | Падеж, % |
|---------------|--------------------------------|--------------------------|----------------|----------------------|----------|
|               |                                |                          | на 1 кормодень | с нарастающим итогом |          |
| 1–5           | 70–80                          | 7                        | 10             | 50                   | 1        |
| 6–10          | 100–115                        | 7                        | 15             | 125                  | 1        |
| 11–20         | 170–185                        | 7                        | 20             | 325                  | 0,5      |
| 21–30         | 260–280                        | 9                        | 30             | 625                  | 0,5      |
| 31–40         | 380–405                        | 12–12,5                  | 40             | 1025                 | 0,4      |
| 41–50         | 500–530                        | 12–12,5                  | 50             | 1525                 | 0,3      |
| 51–60         | 650–670                        | 13–14                    | 55–65          | 2125                 | 0,3      |
| 61–70         | 750–800                        | 12–13                    | 57–67          | 2745                 | 0,1      |
| 71–80         | 870–930                        | 12–13                    | 60–70          | 3325                 | 0,1      |
| 81–90         | 990–1060                       | 12–13                    | 62–72          | 4065                 | 0,1      |
| 91–100        | 1110–1190                      | 12–13                    | 64–74          | 4755                 | 0,1      |
| 101–110       | 1220–1300                      | 11                       | 67–77          | 5475                 | 0,1      |
| 111–120       | 1320–1400                      | 10                       | 70–80          | 6229                 | 0,1      |
| 121–130       | 1420–1500                      | 10                       | 73–83          | 7005                 | 0,2      |
| 131–140       | 1510–1590                      | 9                        | 77–87          | 7825                 | 0,1      |
| 141–150       | 1600–1680                      | 9                        | 80–90          | 8675                 | 0,1      |

Таким образом, по способу кормления можно выделить кормление вволю либо специализированное. 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, выданной птице на заданной продолжи-

тельности 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.

### **Раздатчики кормов птице**

В связи с многообразием, как способов кормления, так и способов содержания существует ряд кормораздатчиков, которые могут быть классифицированы по типу рабочего органа, месту его расположения и способу движения, виду корма, который они могут раздавать. Остановимся на основных типах кормораздатчиков, применяемых при напольном содержании птицы.

**Скребковые, цепочные, канатно- или цепочно-дисковые транспортеры-раздатчики кормов** по конструкции и действию подобны между собой. Как правило, здесь желоб транспортера одновременно является и кормушкой. Применяются при содержании птицы на полу или в клетках. В последнем случае линии раздатчиков монтируют возле каждого яруса клеточных батарей.

Главные узлы: бункеры-дозаторы, тяговые органы, поворотные устройства, желоба-кормушки или трубопроводы и кормушки, приводы, пульты управления.

В скребковых транспортерах-раздатчиках (рисунок П4.1) распределительными органами являются скребки, которые прикреплены к тяговому органу — цепи или тросу.

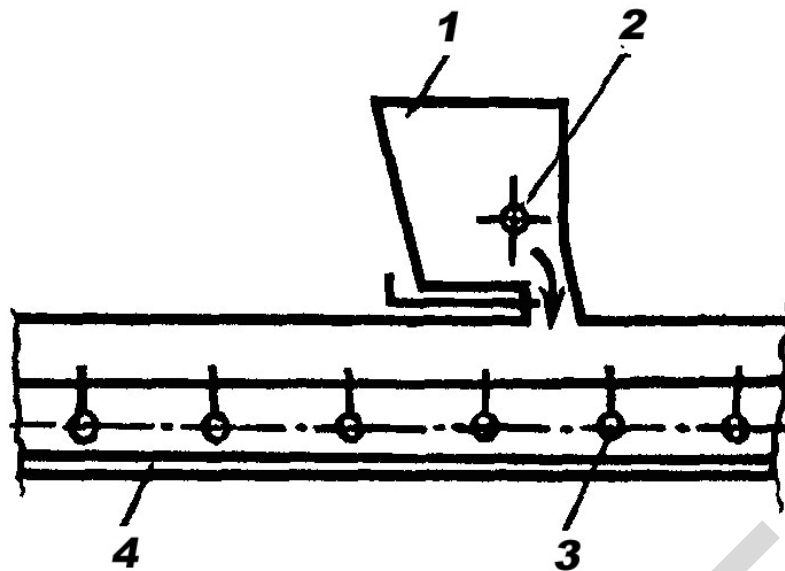


Рисунок П4.1 — Скребокый транспортер-раздатчик кормов:  
 1 — бункер-дозатор; 2 — битей; 3 — транспортер цепочно-скребокый;  
 4 — кормушка

Цепочные транспортеры-раздатчики (рисунок П4.2) распределяют корм звеньями цепи. (Подача — 100–300 кг/час, скорость 3,6–5,2 м/с, мощность привода— 0,25–0,75 кВт)

Недостатком раздатчиков, распределительный орган которых размещен в открытой кормушке, является возможность выборочного поедания корма и в первую очередь — той птицей, которая находится в начале линии раздачи. Рабочий орган в значительной степени мешает птице брать корм из кормушки.

Дисковые или шайбовые транспортеры-раздатчики (рисунок П4.3) распределяют корм круглыми дисками, прикрепленными к цепи, тросу или канату, во время движения в кормопроводе. Эти транспортеры-раздатчики монтируют над кормушками, которые соединяют с кормопроводом наклонными или вертикальными трубчатыми спусками. Корм просыпается в эти спуски через отверстия в нижней части кормопровода, а с них — в размещенные над спусками кормушки.

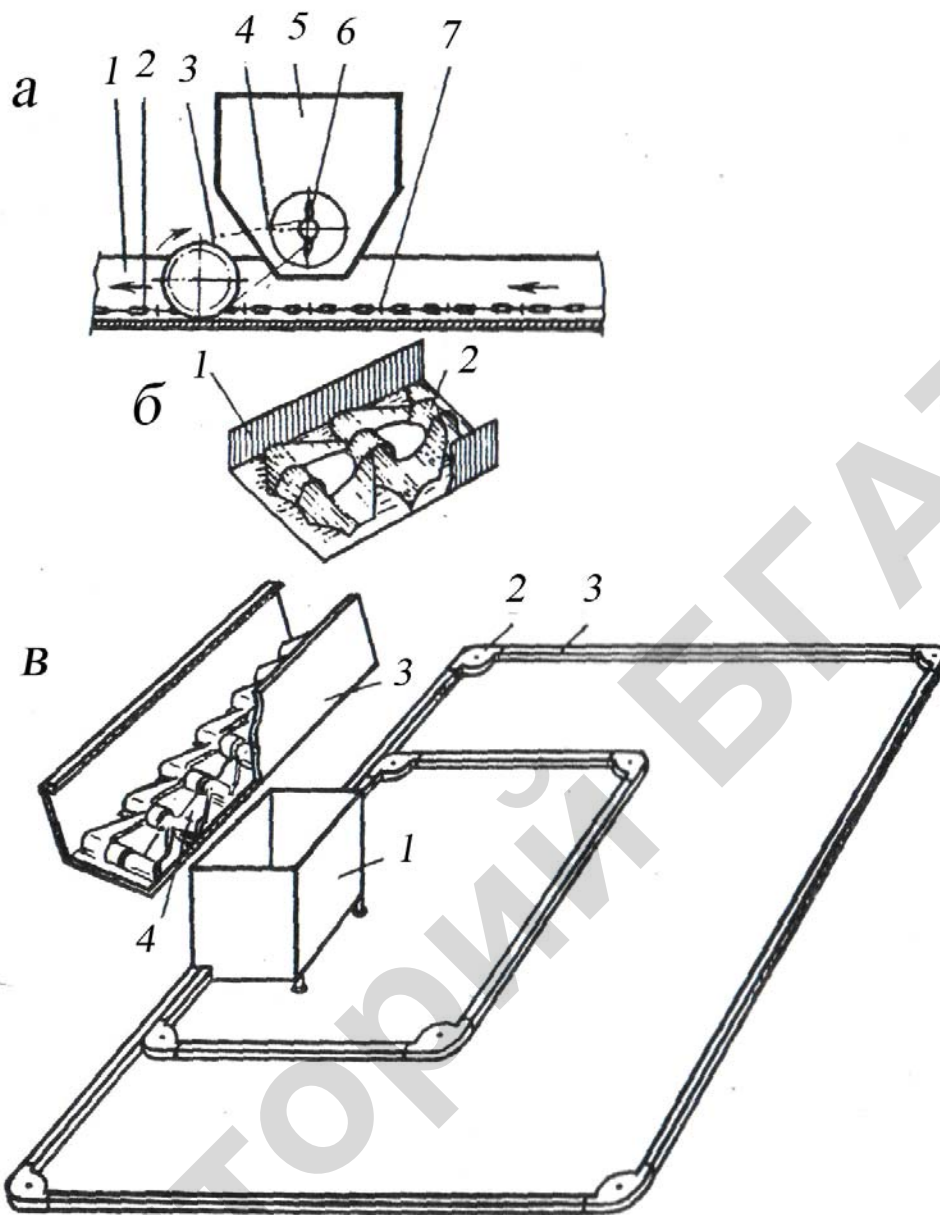


Рисунок П4.2 — Цепочный транспортер-раздатчик кормов:

*a* — раздатчик с круглозвеньеовой цепью: 1 — желоб-кормушка; 2 — цепь; 3 — зубчатка; 4 — цепочная передача; 5 — бункер-дозатор; 6 — битер; 7 — скребки;

*б* — раздатчик со специальной цепью: 1 — желоб-кормушка; 2 — цепь;

*в* — схема монтажа раздатчика в птичнике: 1 — бункер-дозатор; 2 — поворотное устройство; 3 — желоб-кормушка; 4 — специальная цепь

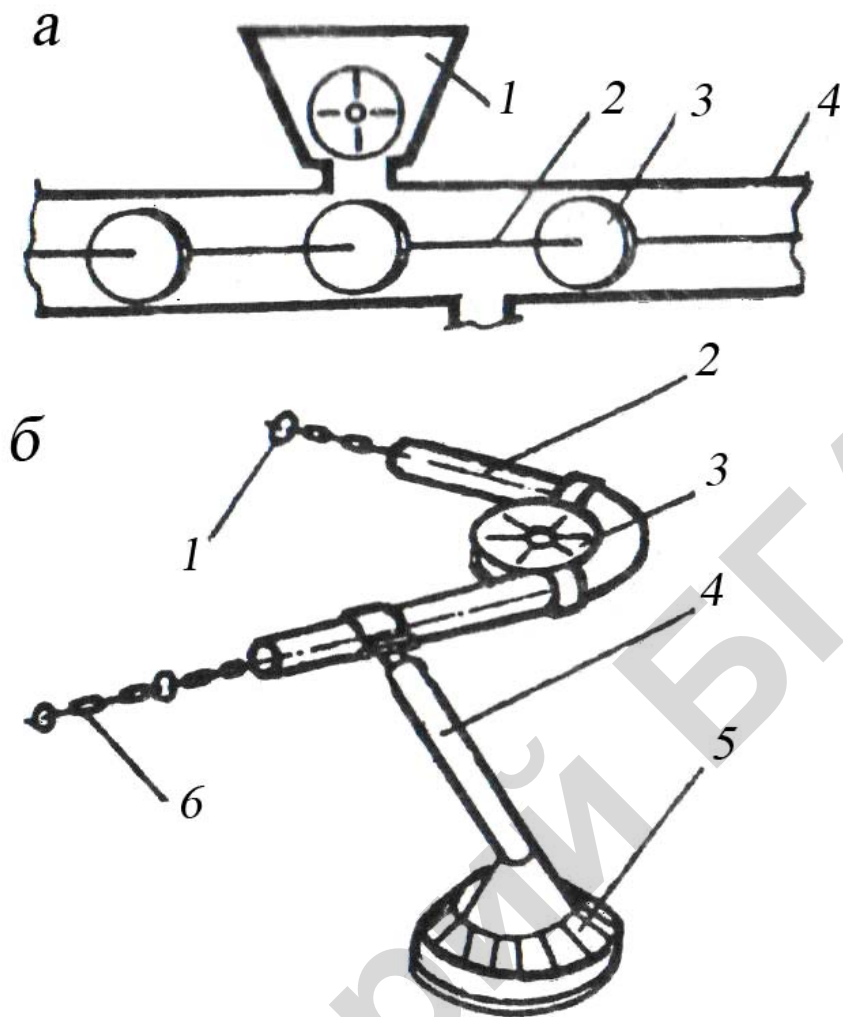


Рисунок П4.3 — Дисковые (шайбовые) транспортеры-раздатчики кормов:  
*a* — тросо-шайбовый: 1 — бункер-дозатор; 2 — трос; 3 — диск;  
 4 — трубопровод;  
*б* — цепочно-шайбовый: 1 — шайба; 2 — трубопровод; 3 — поворотная зубчатка; 4 — наклонный трубопровод; 5 — кормушка; 6 — цепь

**Раздатчик кормов РКД-Ф-2** — стационарный, дозировано выдает комбикорма курам родительского стада; ремонтного молодняка при ограниченном кормлении, цыплятам-бройлерам. Применяется преимущественно при содержании на полу.

Главные узлы (рисунок П4.4): привод-питатель; кормопровод; орган транспортирования корма, дозировальный цилиндр; кормушки; система подвески; привод подъема дозировальных цилиндров.

Привод-питатель 1 приводит в действие размещенный в кормопроводе 2 орган транспортирования корма. Он подает корм из

бункера привода-питателя в дозировальные цилиндры 2 (рисунок П4.4, б).

Кормушка 3 малообъемная (рисунок П4.4, а), бункерная, имеет дозировальный цилиндр 2, кормовую чашу 1, рычаги и привод поднятия дозировального цилиндра — один для всех кормушек.

Работает раздатчик следующим образом. Из бункера временного хранения корма, который размещается снаружи птичника, корм подают в бункер привода-питателя 1а. Включают в действие орган транспортирования корма, который забирает дисками корм из этого бункера и подает его по кормопроводу 2а к кормушкам 3а. В нижней части кормопровода есть отверстия, под каждым из которых помещается кормушка. Корм просыпается через отверстия в дозировальные цилиндры 2б кормушек и полностью заполняет их. Перед заполнением последних необходимо поставить каждый из них на дно своей кормовой чаши 1б, как показано на схеме, чтобы корм не высыпался в чашу. После заполнения кормом последнего дозировального цилиндра, т. е. цилиндра последней кормушки, орган транспортирования корма автоматически останавливается. По команде программного реле включается электродвигатель 8б привода подъема дозировальных цилиндров 2б. Он через передаточный механизм 7б перемещает в необходимом направлении тяговую штангу 6б и, таким образом, приводит в действие рычаг 4б подъема дозировального цилиндра 2б. Цилиндр поднимается, и корм из него высыпается в чашу 1б кормушки. Дозировальный цилиндр по вместимости рассчитан на максимальную разовую дачу корма всей группе птиц, которые используют кормушку.



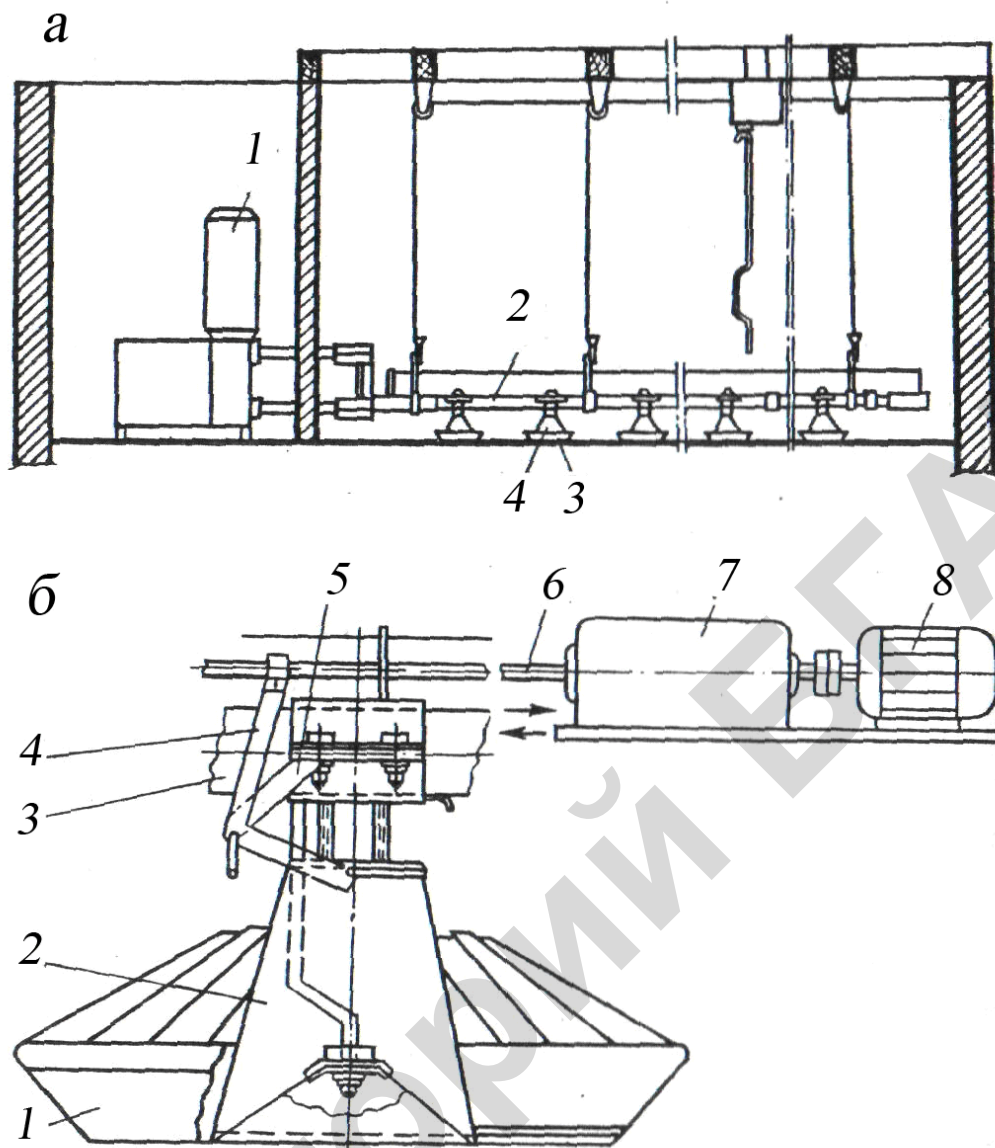


Рисунок П4.4 — Раздатчик кормов РКД-Ф-2: *а* — монтаж в птичнике: 1 — привод-питатель; 2 — кормопровод; 3 — кормушка; 4 — дозировательный цилиндр;

*б* — малообъемные кормушки с дозировательным цилиндром: 1 — кормовая чаша; 2 — дозировательный цилиндр; 3 — кормопровод; 4 — рычаг поднятия дозировательного цилиндра; 5 — тяга; 6 — тяговая штанга; 7 — передаточный механизм; 8 — электропривод

**Спиральные раздатчики кормов** перемещают и засыпают в кормушки сухие сыпучие корма (рисунок П4.5). Подача раздатчика составляет 400 кг/час.

Главные узлы: загрузочный бункер, спиральный транспортер, кормушки, привод.

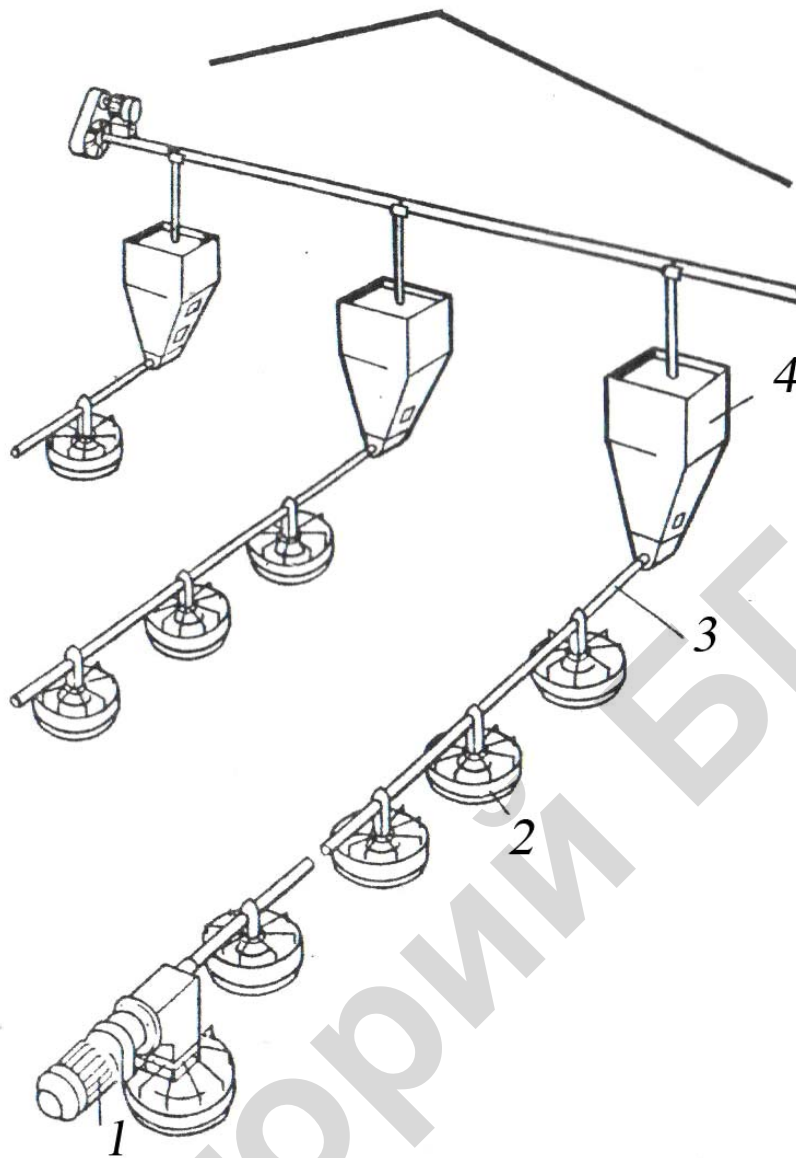


Рисунок П4.5 — Спиральный раздатчик кормов, схема общего вида:  
 1 — электропривод; 2 — кормушка; 3 — спиральный транспортер;  
 4 — загрузочный бункер

Загрузочный бункер 4 принимает корм от транспортера бункера временного хранения и сыплет на спираль транспортера 3. Он имеет решета, которые предупреждают попадание в трубопровод побочных частиц, спиральный транспортер 3 состоит из трубопровода, спирали и привода. Внизу трубопровода есть отверстия, через которые корм просыпается в течи 4, а из них — в кормушки под ними.

Корм грузят в бункер 4. Включают в действие спиральный транспортер 3, спираль которого захватывает корм из этого бункера

и перемещает по трубопроводу 3 до отверстий внизу. Через эти отверстия корм просыпается в течи 4, а по ним — в кормушке 2.

**Спиральный раздатчик кормов фирмы «Бабална»** (Венгрия) имеет такие главные узлы, как накопительный бункер, поперечный транспортер, бункеры-дозаторы, спиральные раздатчики кормов, кормушки (на рисунке П4.6 показаны 3 линии раздачи).

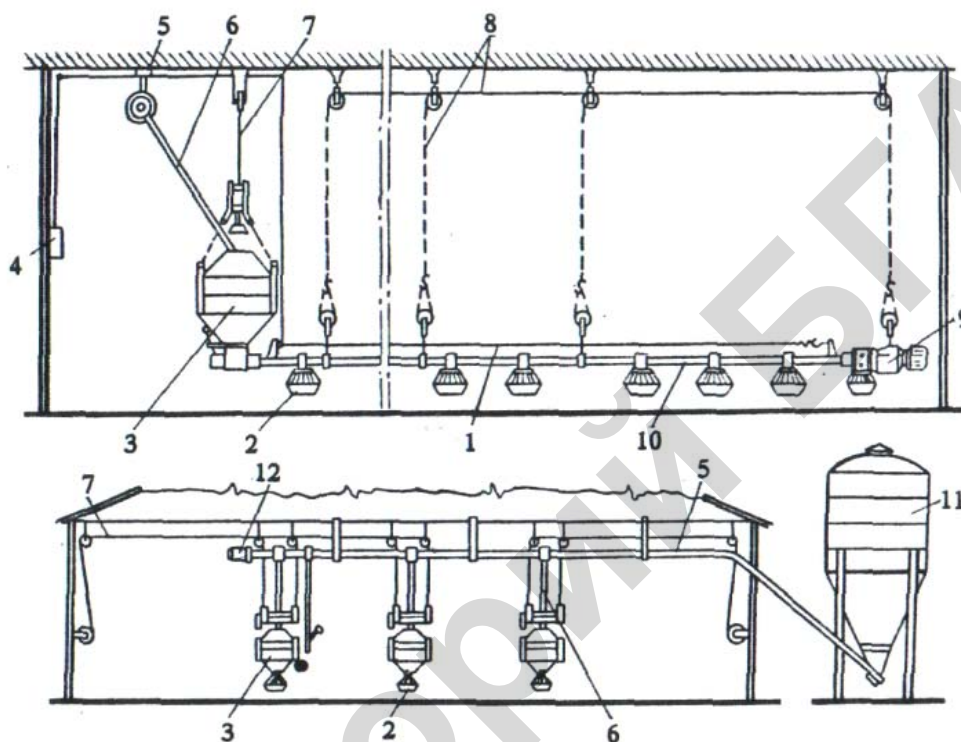


Рисунок П4.6 — Спиральный раздатчик кормов фирмы «Бабална»: 1 — ограда; 2 — кормушка; 3 — бункер-дозатор; 4 — электропульт; 5 — поперечный транспортер; 6 — течь; 7, 8 — подвески бункера-дозатора и кормо-раздатчика; 9, 12 — электроприводакормо-раздатчика и поперечного транспортера; 10 — раздатчик кормов спиральный; 11 — накопительный бункер

Накопительный бункер 11 размещается недалеко от птичника. Он принимает корм от транспортных средств. Корм частично хранится в бункере, а затем наклонным транспортером подается к поперечному транспортеру 5.

Поперечный транспортер 5 подает корм через течи 6 в бункеры-дозаторы.

Бункер-дозатор 3 принимает корм от поперечного транспортера и подает его к спиральному кормо-раздатчику 10. Он имеет ве-

соизмерительное устройство, с помощью которого можно устанавливать любую дозу корма в заданном диапазоне, которую необходимо подать в раздатчик. Бункер оборудован специальным ударником, который предупреждает зависание корма на его стенах, и микровыключателем. Последний необходим для отсечки поступления корма при обеспечении дозы.

Работает линия следующим образом. Корм выгружают из транспортных средств в накопительный бункер 11. Из этого бункера наклонный транспортер подает корм поперечному транспортеру 5, а последний — в бункеры-дозаторы 3, которые заполняются кормом последовательно, в соответствии с заданным весовым дозатором нормой. Спиральный транспортер 10 забирает корм из своего бункера-дозатора и загружает в бункерные кормушки 2 через отверстия в трубопроводе и течи. После заполнения кормом последней кормушки до заданного уровня микровыключатель размыкает линию питания электродвигателя привода 9, и раздатчик останавливается.

**Двухконтурный спиральный раздатчик** кормов составляют из двух размещаемых один над другим надбункерными кормушками спиральных транспортеров (рисунок П4.7): раздаточного 2 и распределительного 4. Между этими транспортерами располагаются сборные емкости-дозаторы 3. Раздатчик позволяет оперативно менять дозу корма в зависимости от вида птицы, которую должен обслуживать.

Бункер-дозатор 1 принимает корм от транспортных средств, временно хранит и дозированно выдает раздаточному транспортеру 2.

Раздаточный транспортер 2 засыпает корм в дозаторы 3. Распределительный транспортер 4 забирает его из дозаторов 3 и засыпает через отверстия в нижней части трубопровода и вертикальные стойки-течи в кормушки 5.

Дозаторы 3 представляют собой емкости с заслонками регулирования 6. Они прикреплены к раздаточному транспортеру 2 внизу, а к дозаторам внизу — распределительный транспортер 4. Один дозатор обслуживает одну кормушку.

Корм засыпают в бункер-дозатор 1. Из этого бункера корм забирает спираль раздаточного транспортера 2, перемещает его по трубопроводу и сбрасывает через отверстия в нижней части последнего в дозаторы 3. Так раздаточный транспортер заполняет последовательно все дозаторы, начиная с первого от бункера 1. После заполнения последнего дозатора начинает действовать реле давления, которое останавливает раздаточный транспортер 4. Он забирает корм из дозаторов 3 и подает его одновременно во все кормушки 5. Дозу разового поступления корма в каждую кормушку регулируют вручную заслонкой 6 каждого дозатора.

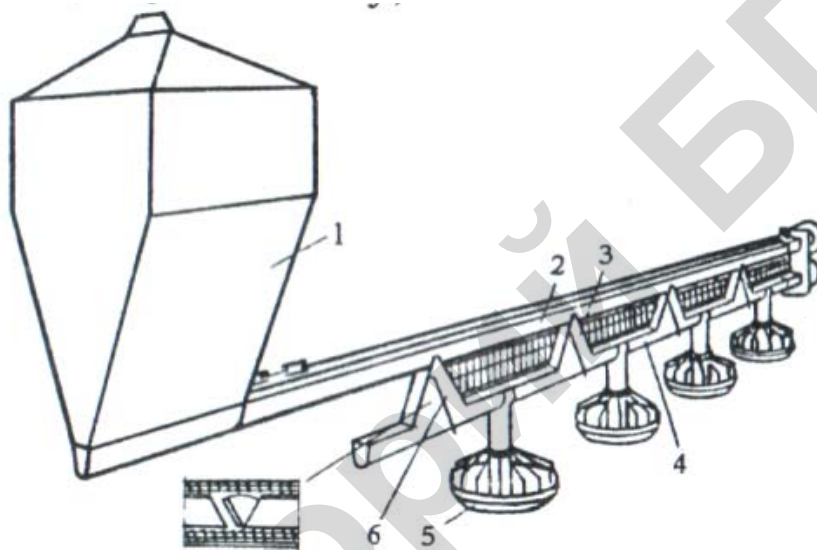


Рисунок П4.7 — Двухконтурный спиральный раздатчик кормов:  
 1 — бункер-дозатор; 2, 4 — раздаточный и распределительный транспортер;  
 3 — дозатор; 5 — кормушка; 6 — регулировочная заслонка

### Работа с исходными данными

#### 1. Доскональное изучение технологического процесса

|  |  |
|--|--|
| Способы содержания птицы →             | 1. _____<br>2. _____                         |
| Приемлемый способ для данных условий → |  |
| Почему →                               | 1. _____<br>2. _____<br>3. _____<br>4. _____ |

|  |  |
|--|--|
| Способы кормления птицы →              | 1. _____<br>2. _____<br>3. _____<br>4. _____ |
| Приемлемый способ для данных условий → |  |
| Почему →                               | 1. _____<br>2. _____                         |

## 2. Исследование требований к процессу

|  |  |
|--|--|
| Требования к дозе корма за данный период → |  |
| Количество кормлений в течение суток →     |  |
| Продолжительность кормлений →              |  |
| Особые требования →                        |  |

## 3. Выявление объема автоматизации

|  |  |
|--|--|
| Какие процессы (операции) подлежат автоматизации | какие процессы (операции) лучше оставить за оператором |
| 1.                    2.                    7.   | 1.                    2.                    7.         |
| 3.                    4.                         | 3.                    4.                               |
| 5.                    6.                         | 5.                    6.7.                             |
| Параметры  |  |
| Подлежащие управлению или регулированию          | Подлежащие контролю и сигнализации                     |
| 1.                    2.                    3.   | 1.                    2.                    3.         |

#### 4. Анализ существующих ПТЛ

| Достоинства       | Недостатки |
|-------------------|------------|
|                   |            |
| Заключение:       |            |
| Требования к САУ: |            |
| 1.                |            |
| 2.                |            |
| 3.                |            |
| 4.                |            |
| 5.                |            |
| 6.                |            |

#### Литература

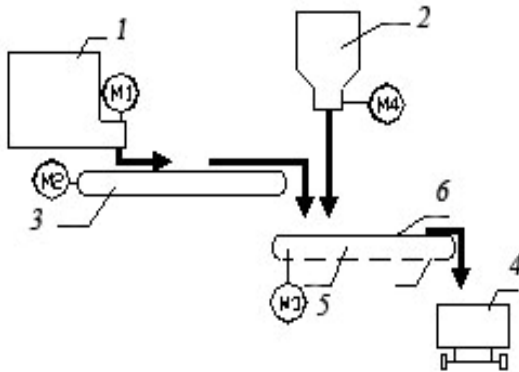
1. Бессарабов, Б.Ф. Птицеводство и технология производства яиц и мяса птицы / Б.Ф. Бессарабов [и др.]. — Москва : Колос, 1994. — 271 с.
2. Лукашэвіч, М.М. Машыны і абсталяванне для механізацыі скормлівання кармоў жывелеі птушкам / М.М. Лукашэвіч. — Мінск : Ураджай, 1997. — 2004 с.
3. Птицеводство, 2004–2008
4. Сельскохозяйственный вестник, 2004–2008

Приложение 5  
Примерные варианты к темам 2 и 4

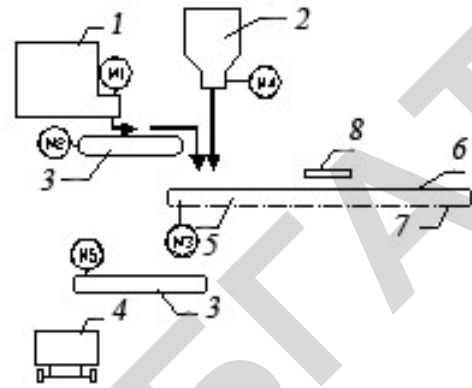
Варианты 1, 2, 3, 4, 5, 6

Автоматизация линии раздачи кормов в коровнике

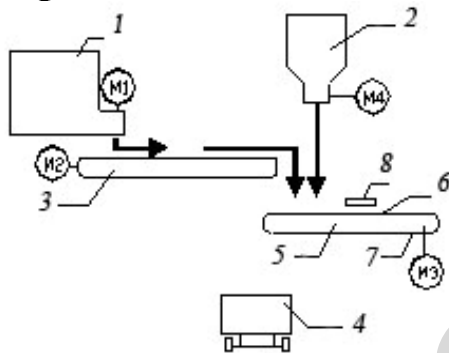
Вариант 1



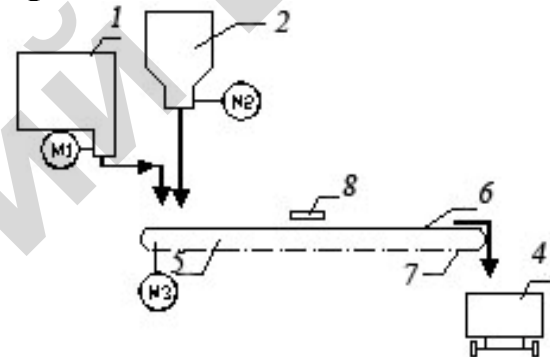
Вариант 2



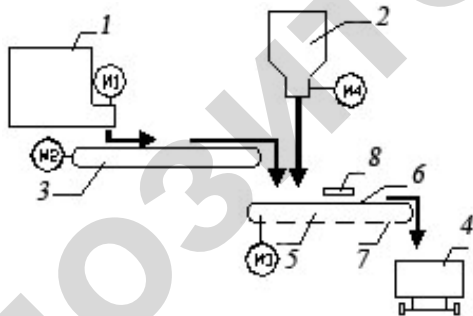
Вариант 3



Вариант 4



Вариант 5



Вариант 6

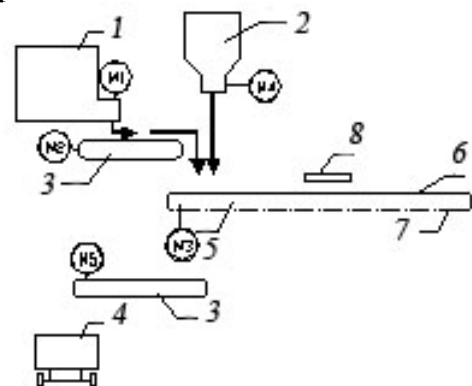


Рисунок П5.1 — Поясняющие технологические схемы к вариантам 1–6:  
1 — питатель грубых кормов; 2 — питатель комбикорма; 3 — транспортер; 4 — тележка для кормовых отходов; 5 — цепочно-ленточный кормораздатчик (6 — лента; 7 — цепь); 8 — переходной мостик



Технологическая линия 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.

## Вариант 7

### Автоматизация линии раздачи кормосмеси в коровнике

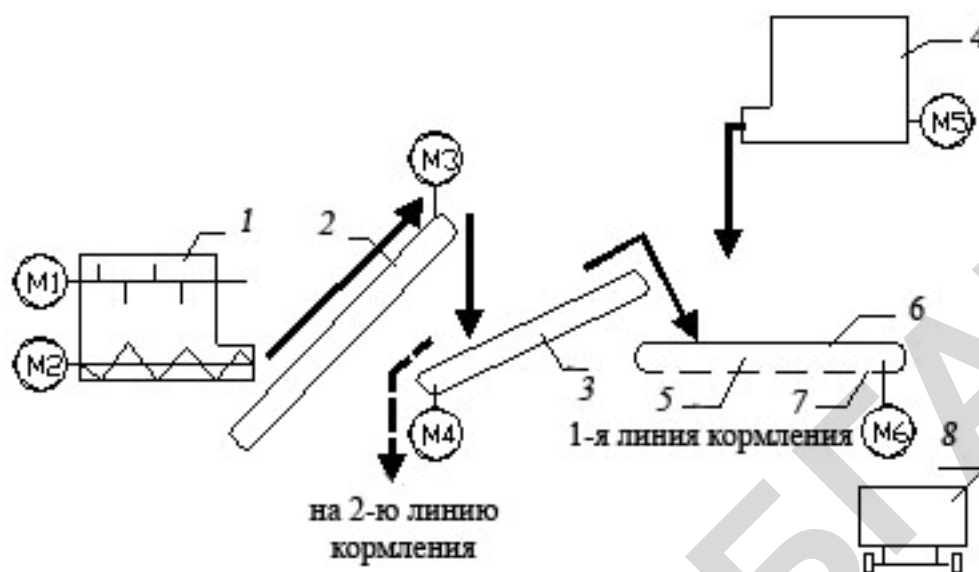


Рисунок П5.2 — Технологическая схема раздачи кормосмеси в коровнике: 1 — питатель-смеситель; 2 — наклонный транспортер; 3 — распределительный транспортер; 4 — дозатор комбикорма; 5 — цепочно-ленточный кормораздатчик (6 — лента, 7 — цепь); 8 — тележка для отходов корма

Перед раздачей кормовые компоненты рациона (сенаж, измельченные корнеплоды и солома) загружаются в смеситель.

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 вверх). 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.

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.

### Варианты 8, 9

#### Автоматизация линии уборки помета из птичника

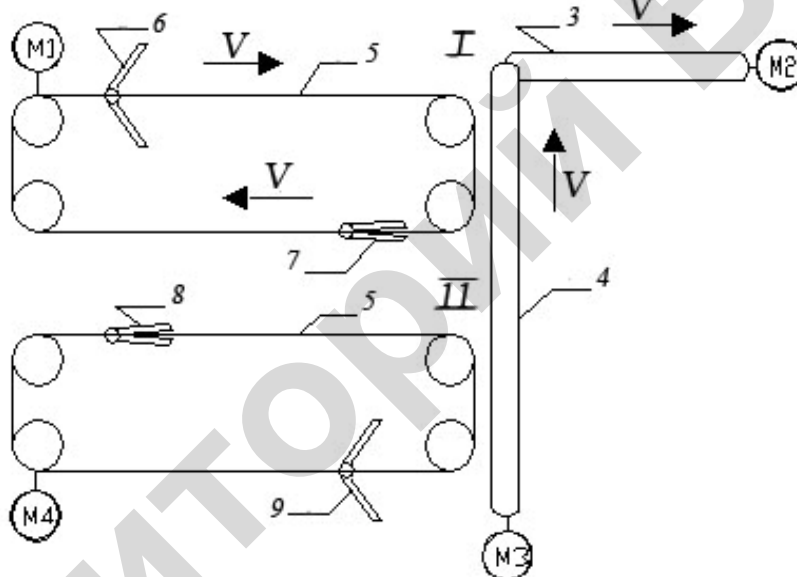


Рисунок П5.3 — Технологическая схема уборки помета из птичника скреперными установками:

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

Пуск установки для уборки помета из птичника производится кратковременным срабатыванием контактов суточного реле времени. На рисунке П5.3 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 П5.3 скреперная установка II показана в исходном нерабочем состоянии.

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

**Вариант 9** 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.

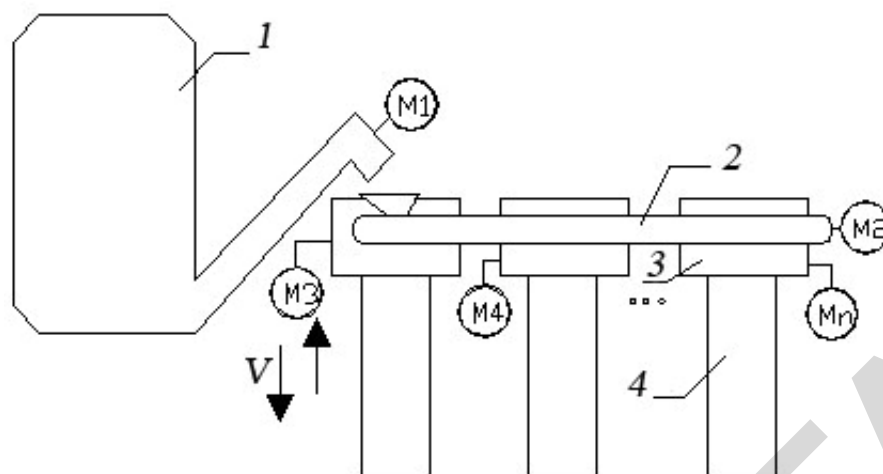


Рисунок П5.4 — Технологическая схема раздачи корма в птичнике при клеточном содержании птицы:

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

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.

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.

### Вариант 11 Автоматизация линии запаривания картофеля

Линия 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 °С, после чего запариваются в течение 18–20 мин.

После запаривания корнеплодов подача пара в запарник 4 прекращается.

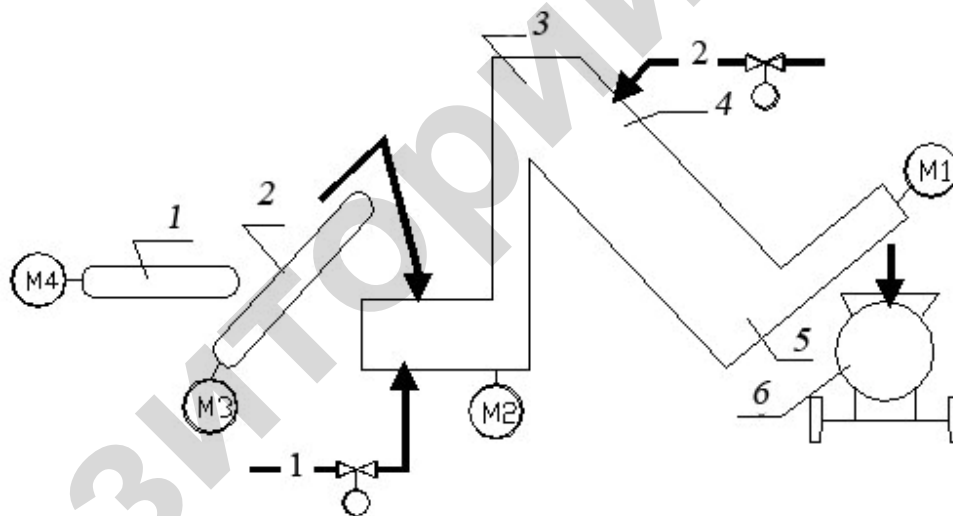


Рисунок П5.5 — Линия запаривания картофеля:

- 1 — сборный транспортер; 2 — наклонный транспортер; 3 — мойка корнеплодов; 4 — запарник; 5 — выгрузной транспортер;  
6 — кормораздатчик

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 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.

### **Вариант 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 от корма воздуховода система отключается. Равномерное распределение корма в кормушках обеспечивается смонтированными внутри них транспортерами.

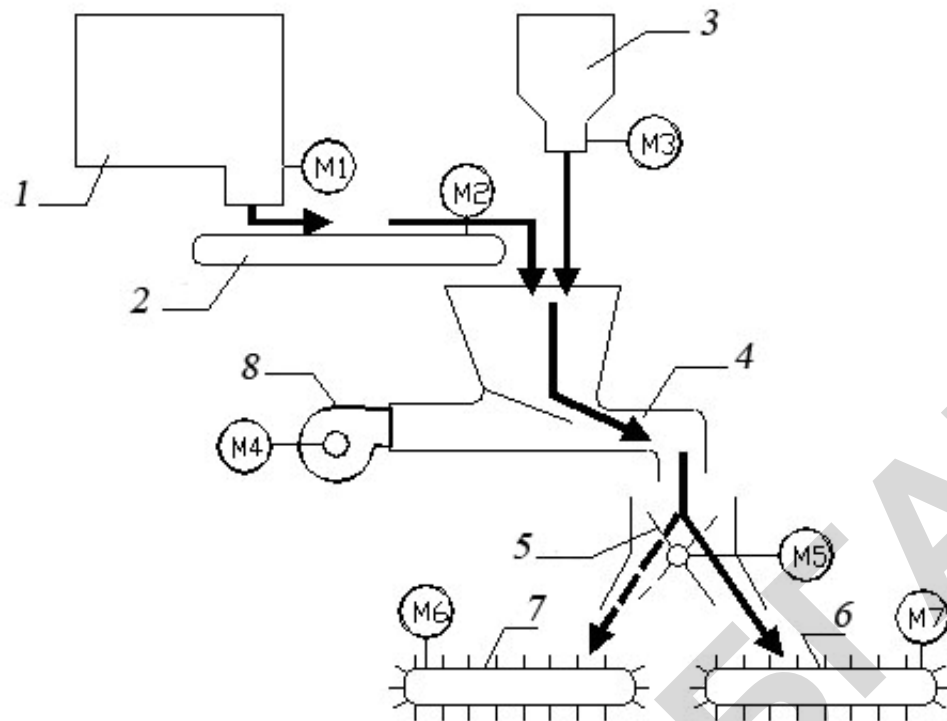


Рисунок П5.6 — Технологическая схема раздачи кормосмеси пневмотранспортером:

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

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.



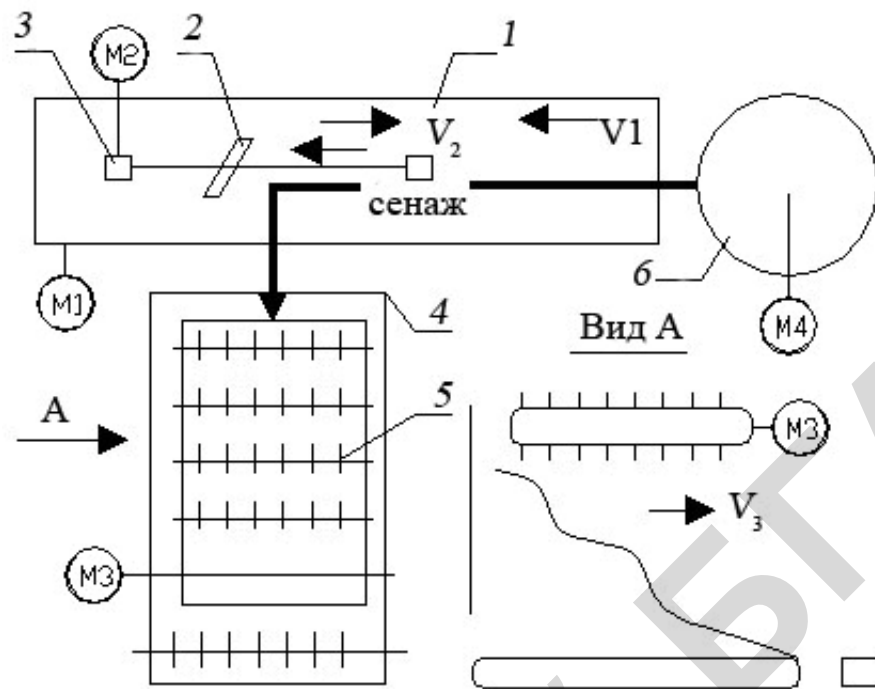


Рисунок П5.7 — Технологическая схема накопления сенажа:  
 1 — ленточный транспортер; 2 — скребок; 3 — привод скребка;  
 4 — накопитель сенажа; 5 — распределитель сенажа; 6 — питатель сенажа

Назначение линии — подача сенажа от питателя 6 и равномерное распределение его в бункере накопителя 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.

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.

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

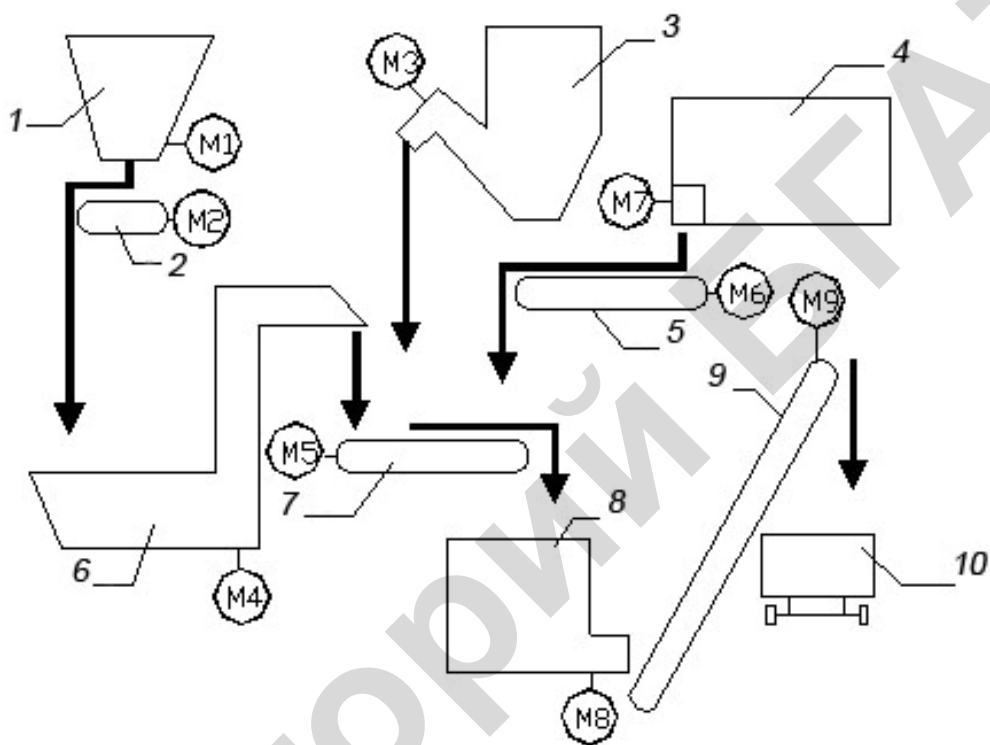


Рисунок П5.8 — Технологическая линия приготовления кормосмесей для ферм КРС:

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

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 дви-

жению материала запускаются агрегаты технологической линии. После заполнения кормораздатчика кормом до необходимой нормы все промежуточные транспортеры и измельчитель-смеситель освобождаются от корма, и линия останавливается.

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.

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

Линия раздачи кормосмеси в свиарнике 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.

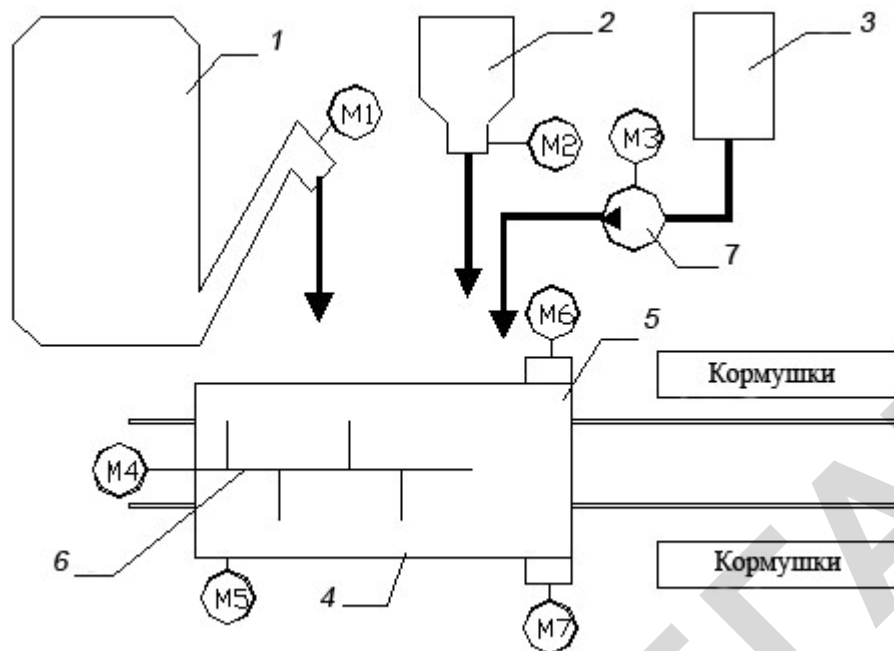


Рисунок П5.9 — Технологическая схема раздачи корма в свиноматке:  
 1 — запарник-питатель картофеля; 2 — дозатор-питатель конькормов; 3 — емкость для обрата; 4 — раздатчик-смеситель кормов; 5 — выгрузное устройство; 6 — мешалка; 7 — насос; М5 — привод кормораздатчика (кормораздатчик на рисунке показан в плане)

**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 М5, 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 кар-

тофель – 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.

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

Пуск линии (рисунок 18а) осуществляется кратковременным срабатыванием контакта суточного реле времени. Когда корм доходит до платформы 4, включается привод платформы М4, и она начинает загружаться кормом.

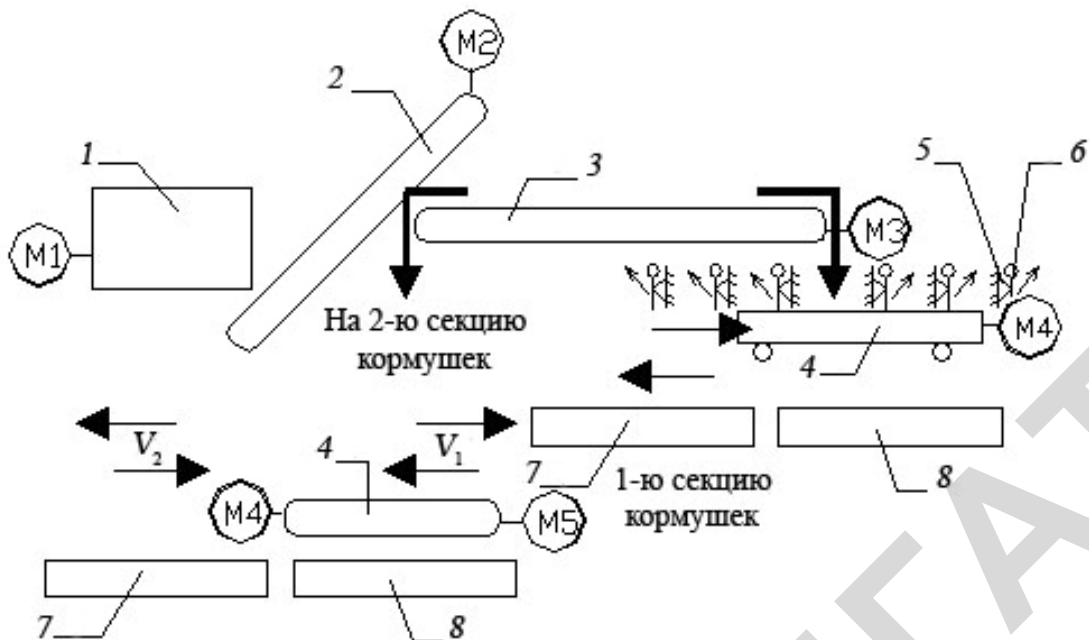


Рисунок П5.10 — Технологическая схема линии раздачи корма на свиноводческих фермах:

1 — питатель корма; 2 — наклонный транспортер; 3 — распределительный транспортер; 4 — передвижная платформа; 5 — упор; 6 — скребок; 7 — первый полуряд кормушек; 8 — второй полуряд кормушек;  $M4$  — реверсивный привод платформы;  $M5$  — реверсивный привод ленты транспортера

Скрепки 6 левого полуряда отклоняются влево и пропускают корм под собой. Когда платформа достигнет крайнего левого положения, происходит реверс движения платформы, и она начинает перемещаться вправо. Скрепки левого полуряда устанавливаются вертикально и удерживаются в таком положении упорами 6. 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 18б) является то, что платформа выполнена не в виде желоба, а в виде реверсивного ленточного транспортера. При разгрузке корма в кормушки включается привод ленточного транспортера. Направ-

ление движения ленты  $V_2$  и платформы  $V_1$ , противоположны по направлению, а скорости равны.

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.

### **Вариант 21 Автоматизация линии приготовления и раздачи жидких кормов в свинарнике с использованием вакуумных дозаторов**

Запускается линия в работу кратковременным включением контактов суточного реле времени. Если в питателе  $I$  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  $8$ .

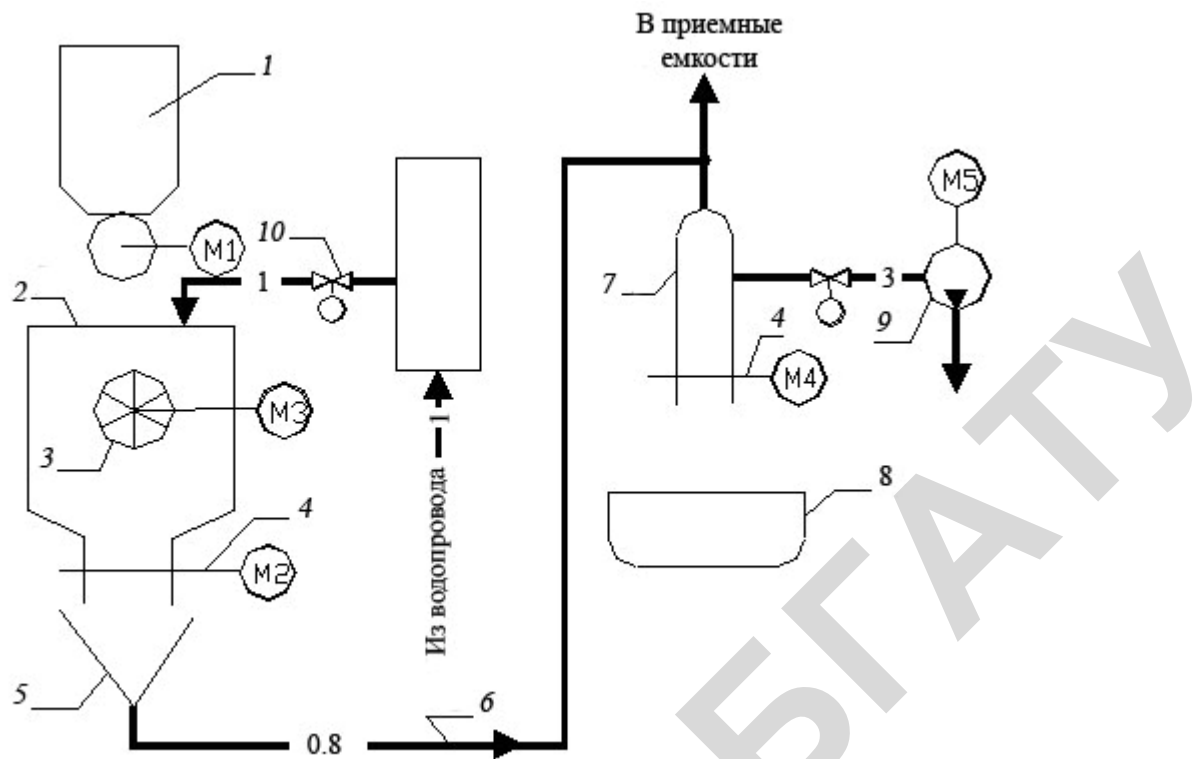


Рисунок П5.11 — Линия приготовления и раздачи жидких кормов:  
 1 — питатель концкормов; 2 — питатель-смеситель жидких кормов; 3 — мешалка; 4 — шиберная заслонка; 5 — приемная емкость; 6 — кормопровод;  
 7 — вакуумный приемник жидких кормов; 8 — групповые кормушки; 9 — вакуумный насос; 10 — клапан

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.

### Вариант 22 Автоматизация линии загрузки бункеров кормораздатчиков в многоэтажном свиномнике

Технологией выращивания свиней в многоэтажном свиномнике предусматривается выращивание свиней на этажах группами разного возраста, что требует каждой группе скармливать комби-



корма разного рецептурного состава, который храниться в бункерах 1 и 2.

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.

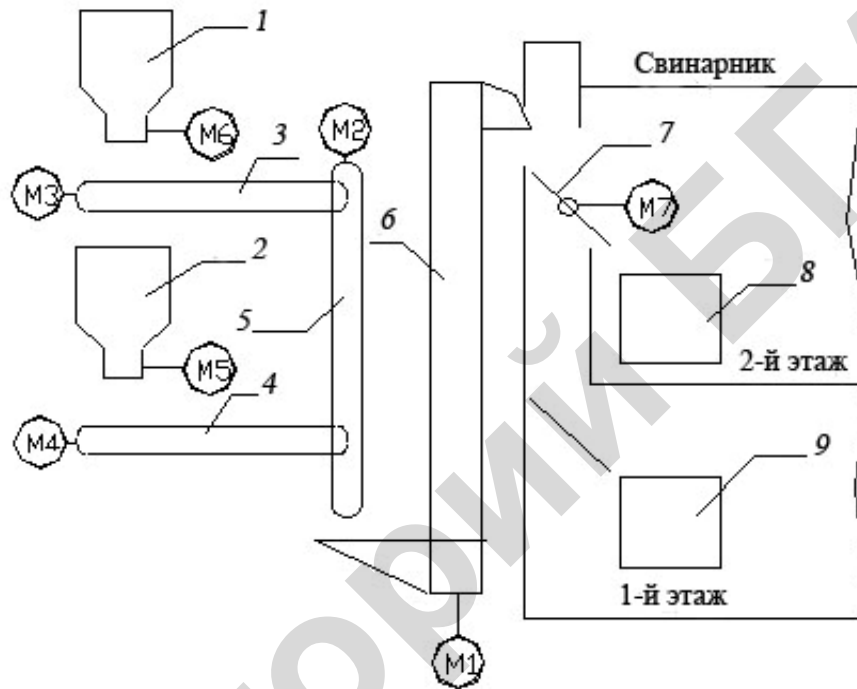


Рисунок П5.12 — Технологическая схема загрузки бункеров кормораздатчиков кормом в многоэтажном свиномнике:

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

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.

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

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

Линия приготовления и раздачи жидких кормов 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 конькормов 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, и он начинает перемещаться к кормушкам. После раздачи всего корма в кормушки и кратковременной остановки, кормораздатчик возвращается в исходное положение.

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.

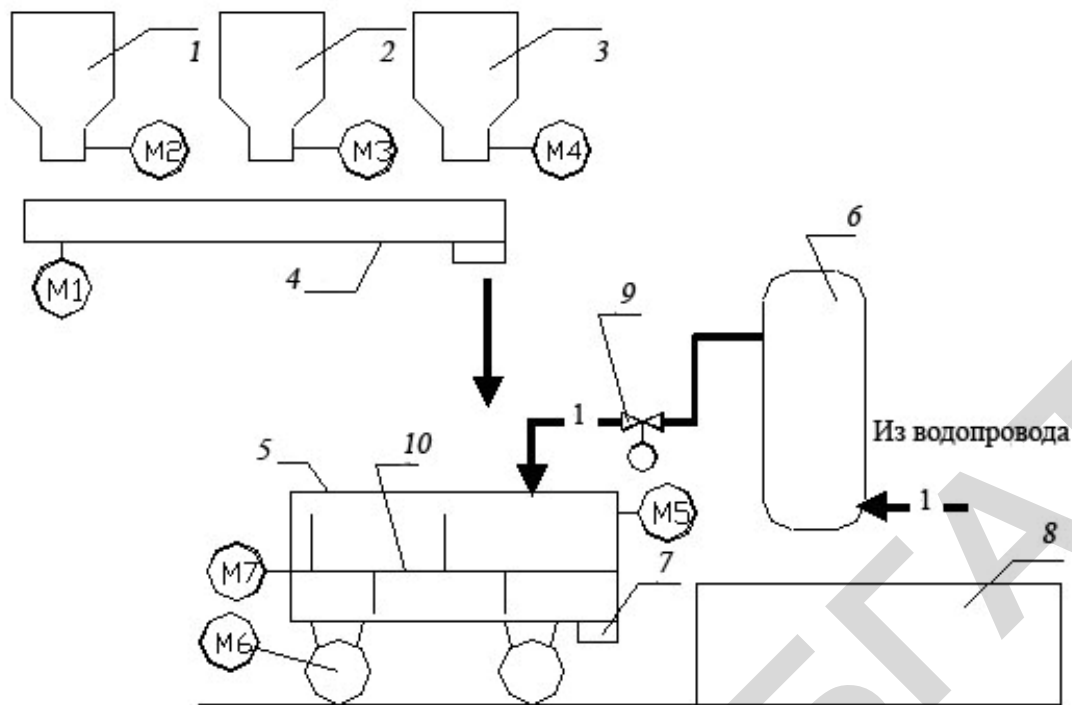


Рисунок П5.13 — Линия приготовления и раздачи жидких кормов мобильным кормораздатчиком:

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

### Вариант 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 осуществляется оператором вручную при наличии компонентов в питателях и пара в паропроводе загрузка смесителя-запарника 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 приго-

товленной кормосмеси в раздатчик *12* до момента заполнения его до нормы.

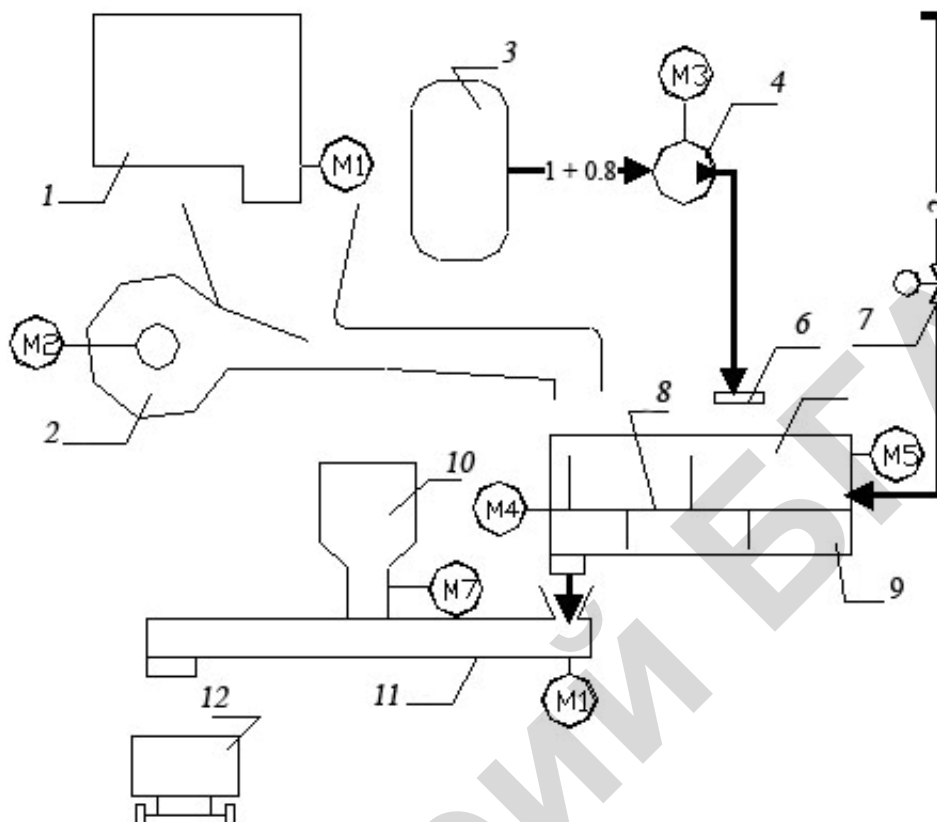


Рисунок П5.14 — Линия приготовления грубых кормов на кормокухне:  
*1* — питатель измельченной соломы; *2* — пневмотранспортер; *3* — емкость для соляного раствора; *4* — насос раствора; *5* — клапан; *6* — форсунка; *7* — смеситель-запарник; *8* — мешалка; *9* — выгрузное устройство смесителя; *10* — питатель комбикормов; *11* — транспортер-смеситель; *12* — мобильный кормораздатчик

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.

### Вариант 25 Автоматизация линии перекачки воды

Насосные станции в мелиорации отличаются высокой подачей и большой мощностью. Насосные агрегаты устанавливаются на уровне воды.

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

Для облегчения пуска электродвигателя на напорных трубопроводах ставят электрифицированные 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.

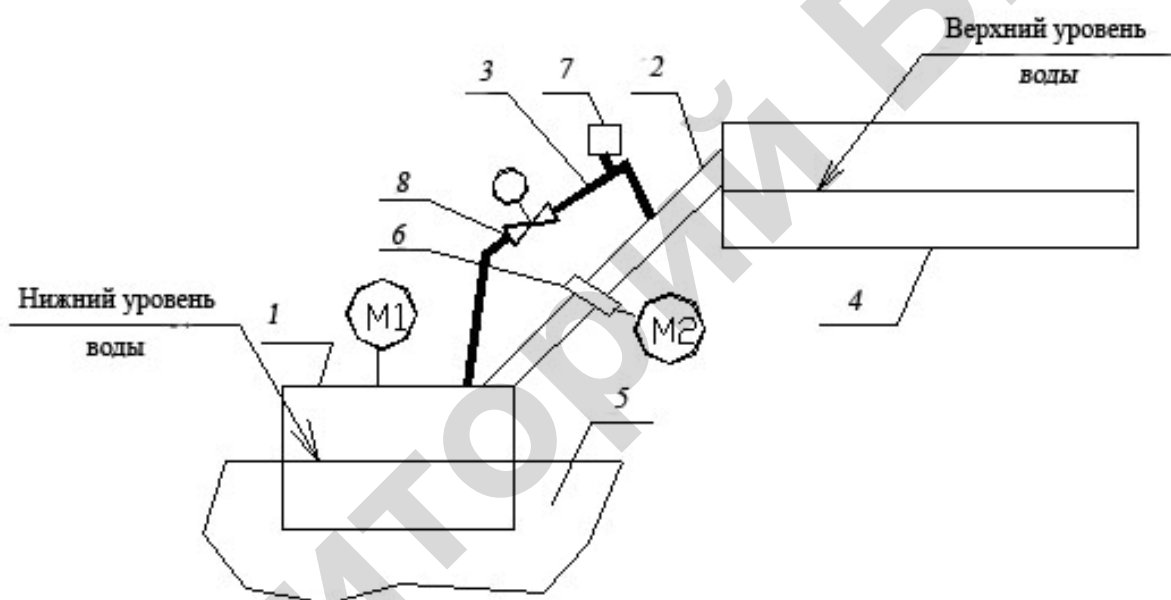


Рисунок П5.15 — Технологическая схема перекачки воды:

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

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 за-

крывается, и подается аварийная сигнализация. Остановка насосного агрегата производится автоматически после заполнения водоприемного сооружения водой.

### Вариант 26 Автоматизация линии приготовления заменителя молока

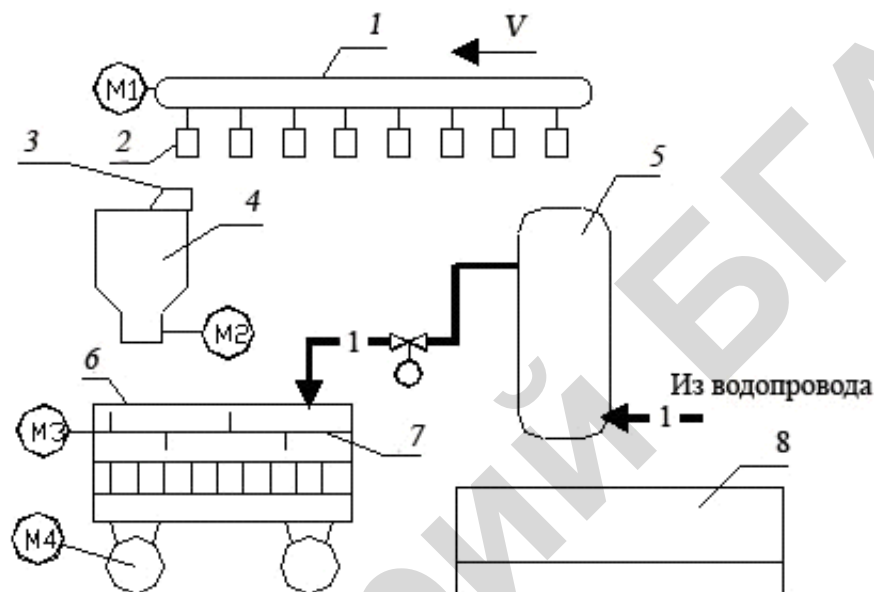


Рисунок П5.16 — Линия приготовления и раздачи заменителя  
молока телятам:

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

С целью экономии цельного молока телятам скармливают его заменитель. Заменитель приготавливают из порошка заменителя молока, смешивая его с теплой водой. 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.

Пуск линии в работу осуществляет кратковременное срабатывание контактов суточного реле времени. Если кормораздатчик на-

ходится под накопителем 4, в бункере 4 имеется порошок заменителя молока, и в водонагревателе имеется вода, нагретая до 80 °С, 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. Конвеер перемещает мешки в направлении, указанном стрелкой. Мешки разрезаются резаком 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.

### **Вариант 27 Автоматизация линии санобработки вымени**

Установка предназначена для подмыва вымени коровы перед доением на доильной установке «карусель». Оператор вручную (кнопкой) открывает дверь. Открывается дверь пневмоприводом от срабатывания клапана 12. В дальнейшем дверь открывается автоматически. Корова заходит в проходной станок, и входная дверь закрывается под действием груза 7.

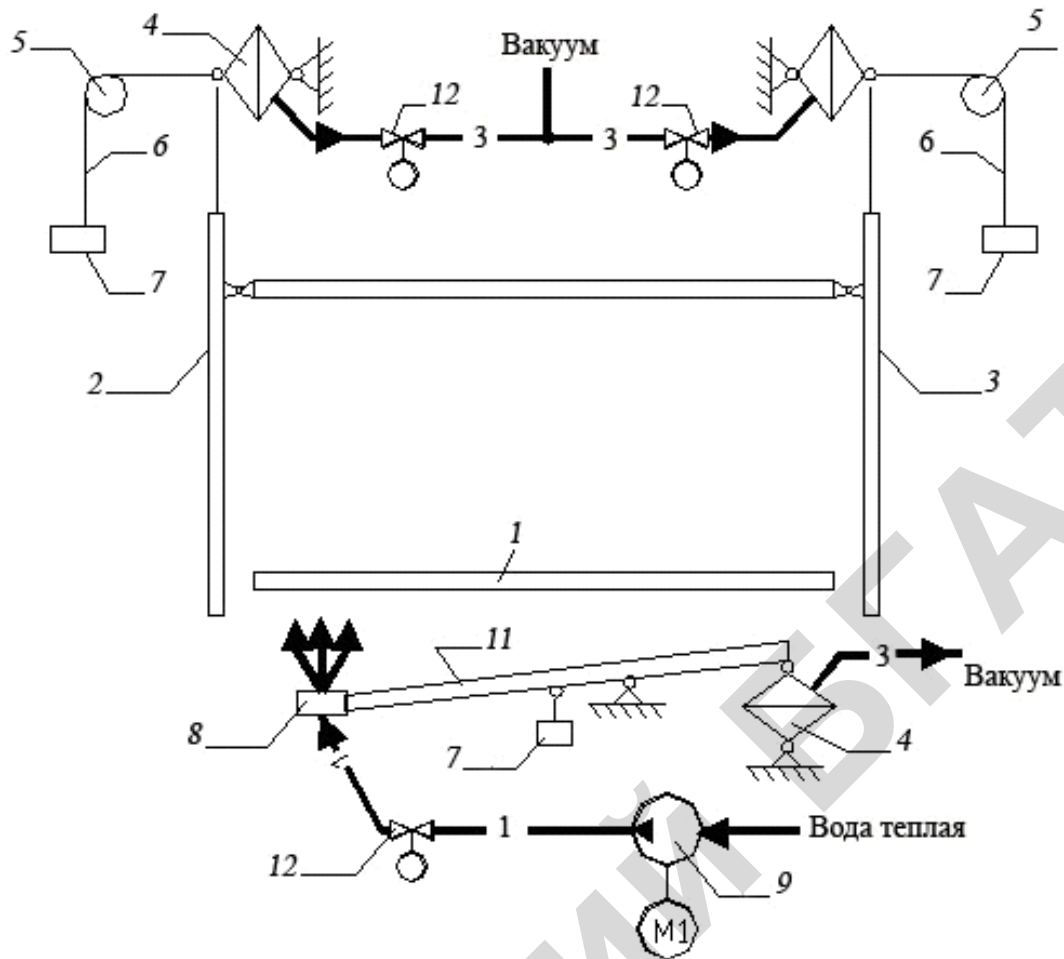


Рисунок П5.17 — Технологическая схема установки для санобработки вымени:

- 1 — проходной станок; 2 — входная дверь; 3 — выходная дверь; 4 — пневмопривод; 5 — ролик; 6 — тросс; 7 — груз; 8 — форсунка; 9 — водяной насос; 10 — вакуумный насос; 11 — рычаг; 12 — клапан

После закрытия входной двери срабатывает пневмопривод рычага 11, и форсунка 8 подводится под вымя коровы. Начинается подмывание вымени. Длительность этой операции определяется уставкой реле времени, после чего груз 7 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 0,7 кВт.

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

Разгрузчик сенажа 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.

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.

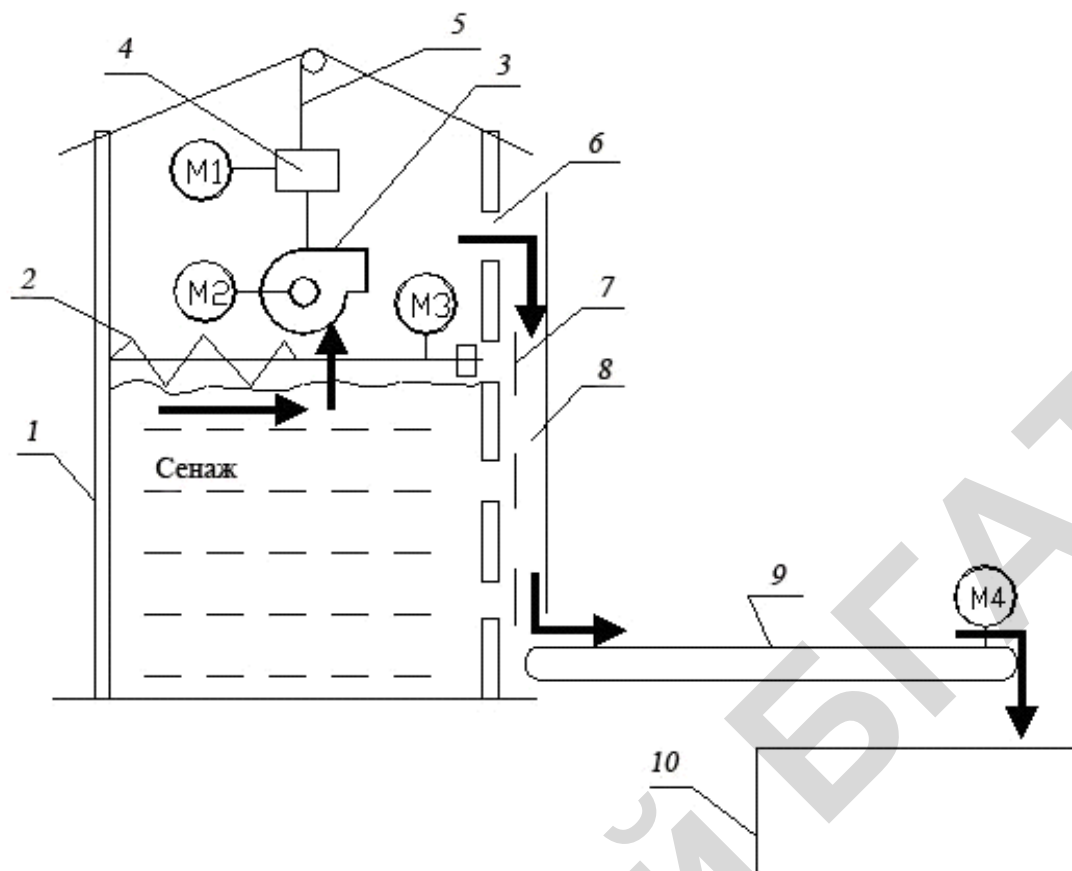


Рисунок П5.18 — Технологическая схема линии разгрузки сенажа из сенажной башни:

- 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

**Вариант 28** предусматривает опускание разгрузчика по токовой нагрузке электродвигателя М3.

**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.

### **Вариант 30 Автоматизация линии удаления навоза из коровника**

Пуск системы производится оператором вручную, 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. При этом затвор 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.

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.

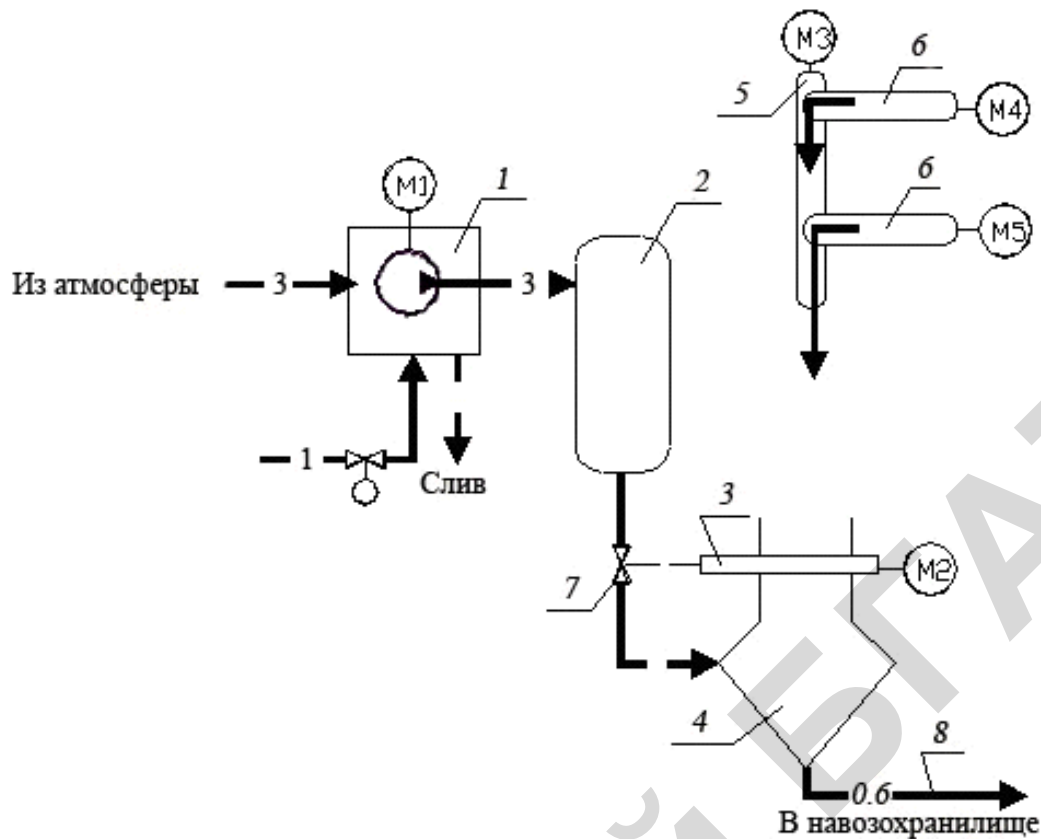


Рисунок П5.19 — Линия удаления навоза из коровника:  
 1 — компрессор; 2 — ресивер; 3 — затвор; 4 — пневмоцилиндр; 5 — сборный навозный транспортер; 6 — продольный навозный транспортер; 7 — пневмоклапан; 8 — навозный трубопровод; 0.6 — навоз

### Вариант 31 Автоматизация линии загрузки бункеров активного вентилирования зерна

Зерно автотранспортом привозится на пункт обработки и сгружается в завальную яму 8. Автоматически включается привод нории, и зерно перегружается в бункер.

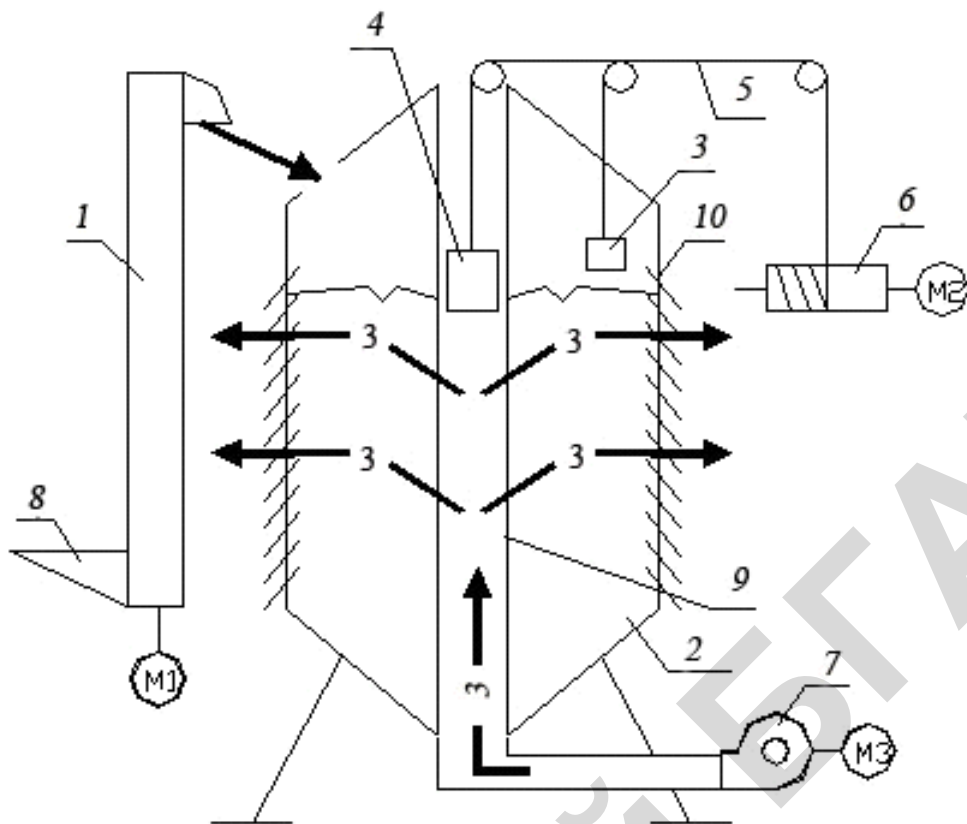


Рисунок П5.20 — Технологическая схема вентиляции зерна в бункерах активного вентиляции:

1 — нория; 2 — бункер активного вентиляции; 3 — датчик уровня зерна в бункере; 4 — заглушка; 5 — тросс; 6 — лебедка; 7 — вентилятор; 8 — завальная яма; 9 — перфорированная шахта; 10 — перфорированный наружный цилиндр бункера

При этом заглушка 4 подымается 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, оставшиеся в бункере и нории зер-

но догружается в бункер, подается световая сигнализация о полной загрузке бункера, и блокируется включение нории.

Схема управления должна обеспечить работу системы в автоматическом и наладочном режимах, а также технологическую сигнализацию о состоянии системы.

При выборе пускозащитной аппаратуры и разработке щита управления принять следующие значения мощности электроприводов:  $P_{н1}$  — 2,8 кВт;  $P_{н2}$  — 0,6 кВт;  $P_{н3}$  — 5,5 кВт.

### **Вариант 32 Автоматизация линии убоя птицы**

На рисунке П5.22 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.

Схема управления должна обеспечить работу системы в автоматическом и наладочных режимах, а транспортеры 1 и 3 в ручном режимах; технологическую сигнализацию о работе оборудования; предусмотрена возможность отключения – включения транспортера 1 у клапанов пневмоемкостей 4, 5 и 6; открытие клапана 7 при наличии сжатого воздуха в ресивере. Продувка возможна только одной пневмоемкости.

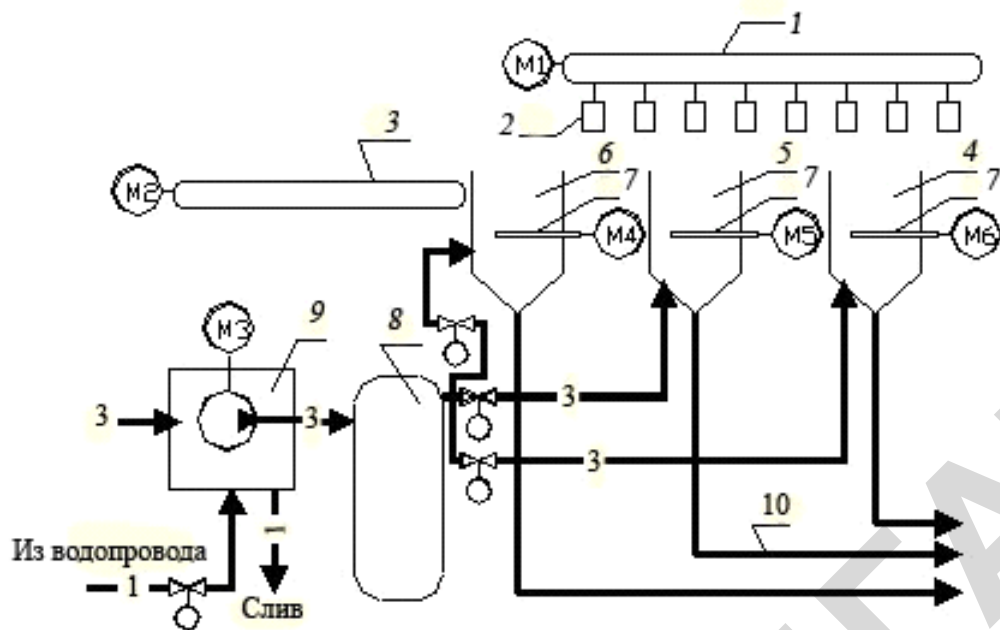


Рисунок П5.22 — Технологическая схема убоя птицы:

1 — конвейер тушек птицы; 2 — тушки птицы; 3 — транспортер для разделанных тушек; 4 — пневмочемкость для голов; 5 — пневмочемкость для внутренностей; 6 — емкость для лапок; 7 — клапан; 8 — ресивер; 9 — компрессор; 10 — пневмопровода

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.

### Вариант 33 Автоматизация линии варки пищевых отходов

Пищевые отходы доставляются автотранспортом и сгружаются в завальный бункер. 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 об-

работки пищевых отходов повторяется. Линия работает, пока в завальной яме будут находиться пищевые отходы.

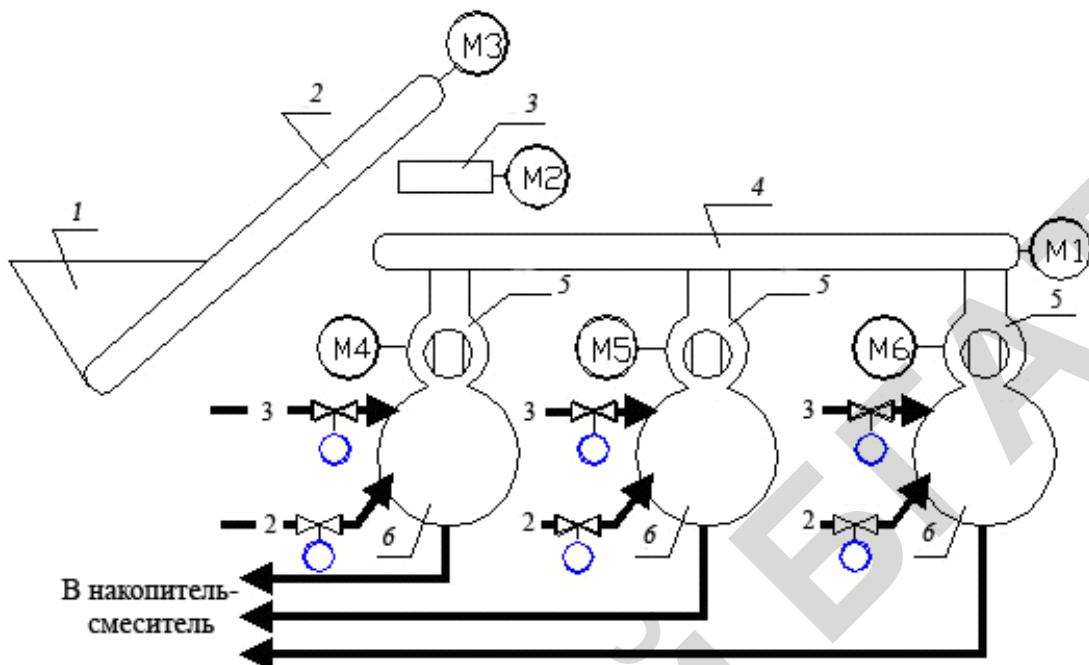


Рисунок П5.23 — Технологическая линия варки пищевых отходов:  
 1 — завальный бункер; 2 — транспортер; 3 — тряпкоуловитель; 4 — распределительный шнековый транспортер; 5 — клапаны барабанного типа; 6 — варочные котлы

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.

### Вариант 34 Автоматизация процесса приготовления колбасного фарша



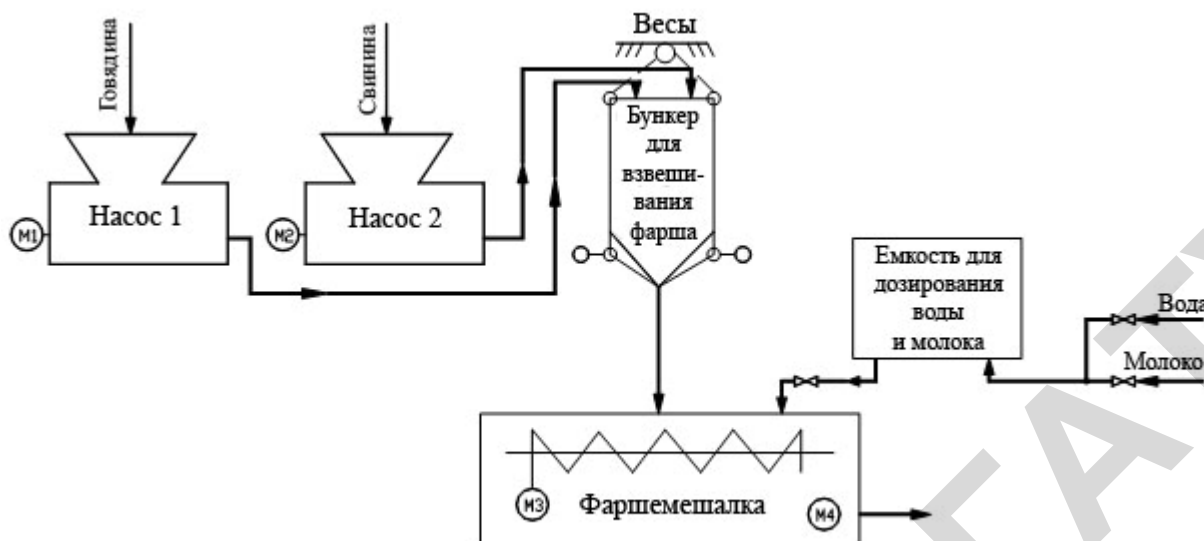


Рисунок П5.24 — Технологическая линия приготовления фарша

Процесс приготовления фарша — циклический. 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 1, 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.

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.

Предусмотреть возможность управления ЭД в ручном режиме и разделение режимов работы.

Для расчета принять мощности двигателей:  $P_{н1}$ ,  $P_{н2}$  — 5,5 кВт,  $P_{н3}$  — 30 кВт,  $P_{н4}$  — 7,5 кВт

### Литература

Митин, В.В. Автоматика и автоматизация производственных процессов мясной и молочной промышленности / В.В. Митин, В.И. Усков, Н.Н. Смирнов. — Москва : ВО «Агропромиздат», 1987. — 240 с.

### Вариант 35 Автоматизация холодильной машины с поршневым компрессором

Холодопроизводительность регулируется включением и отключением ЭД компрессора. При повышении температуры в камерах соленоидные вентили 1 и 2 открываются, при понижении закрываются. Соленоидный вентиль 3 служит для предотвращения перетекания жидкого хладагента из конденсатора в испаритель. Он должен закрываться при остановке компрессора и открываться при его пуске. При низкой температуре в обеих камерах отключаются компрессор и насос. Кроме того, компрессор должен отключаться, когда соответствующие параметры превышают предельно допустимые значения на линии всасывания и перепад давлений в масло-системе становится меньше допустимого (при этом требуется обеспечить автоматическую сигнализацию). Однако при пуске компрессора в течение первых 50 с данная защита должна быть отключена. Уровень заполнения холодильных систем испарителя поддерживается по перепаду температур в точках *a* и *б* терморегулирующим вентилем 4.

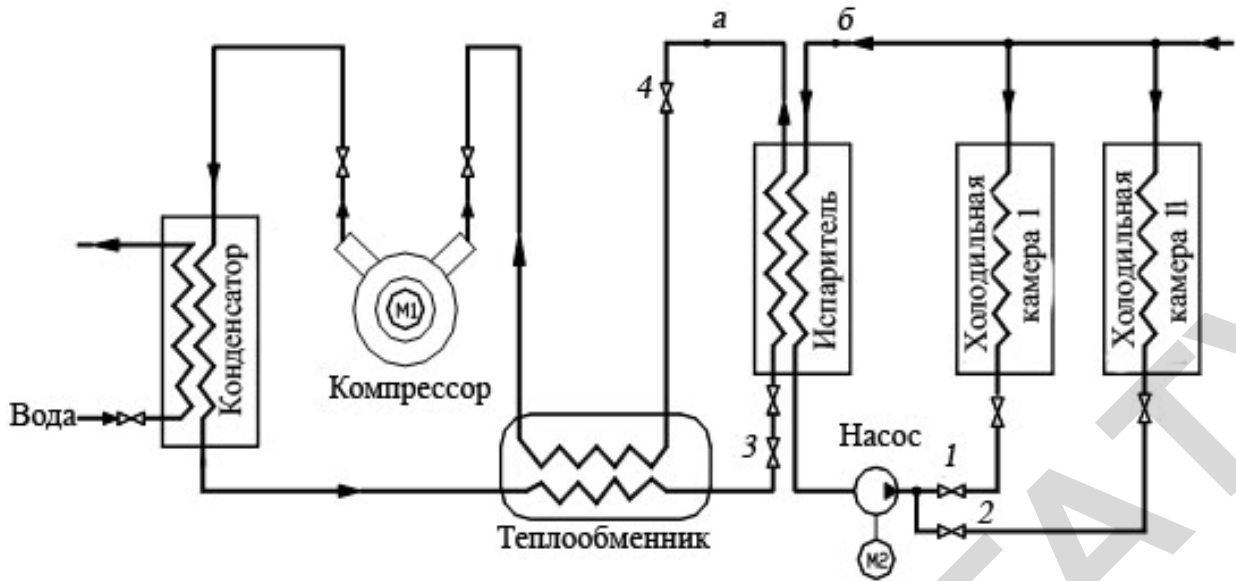


Рисунок П5.25 — Технологическая схема холодильной машины

Предусмотреть возможность управления ЭД в ручном режиме и разделение режимов работы.

Для расчета принять мощности двигателей:  $P_{н1}$  — 15кВт,  $P_{н1}$ ,  $P_{н2}$  — 7,5 кВт.

### Вариант 36 Автоматизация управления оборудованием картофелехранилища в основном режиме хранения

В период хранения приточный вентилятор (M1) включается 4 раза в сутки для снятия перепадов температуры в массе продукта. При этом сигнал на включение M1 должен подавать, если температура наружного воздуха меньше температуры в массе продукта на  $2-3^{\circ}$ , и если температура в массе за временной цикл работы M1 не снижается, то M1 продолжает работать. Однако при этом должна быть предусмотрена защита от замораживания (M1 не должен включаться при отрицательной температуре воздуха в воздухораспределительном канале). Температурой воздуха в воздухораспределительном канале управляет исполнительный механизм смешительного клапана, смешивающего наружный и внутренний воздух. При отключении M1 клапан должен закрываться.

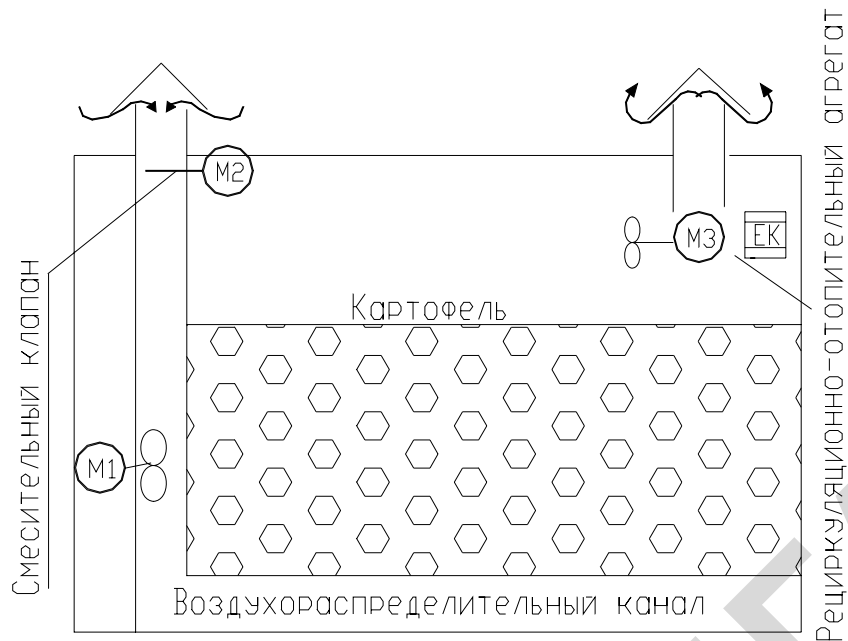


Рисунок П5.26 — Технологическая схема картофелехранилища

Когда температура в верхней части хранилища над продуктом оказывается ниже заданной, должен включаться рециркуляционно-отопительный агрегат, но при отключенном приточном вентиляторе.

Предусмотреть необходимую сигнализацию, возможность управления ЭД в ручном режиме и разделение режимов работы.

Для расчета принять мощности двигателей:  $P_{н1}$  — 15 кВт,  $P_{н2}$  — 1,1 кВт,  $P_{н3}$  — 2,2 кВт.

### Вариант 37 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. Гретья вода из котельной подается в теплицу через клапан отопления КО. Открытие и закрытие верхней и боковой форточек вентиляции осуществляются при помощи испол-

нительных механизмов верхней левой МВЛ и правой МВП, а также боковых левой МБЛ и правой МБП систем вентиляции.

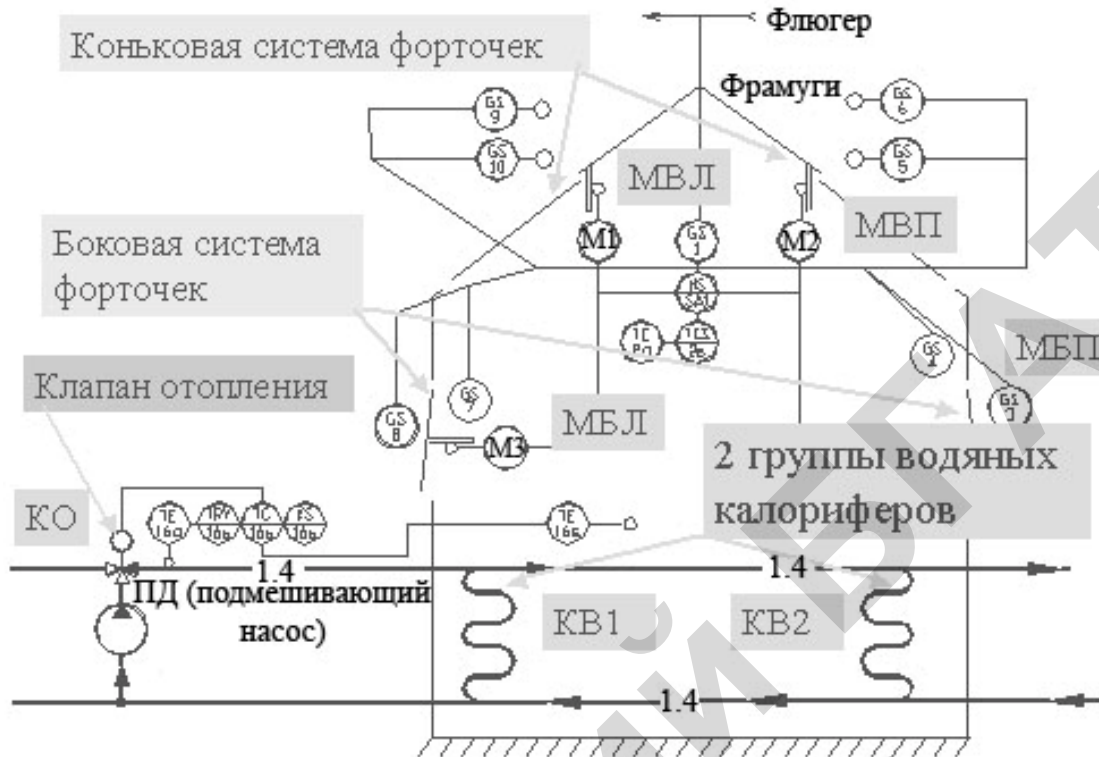


Рисунок П5.27 — Технологическая схема ангарной теплицы

При отклонении температуры от заданной на  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  клапан отопления открывается «шагами», на  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$  — должна включаться аварийная сигнализация,  $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$  — открывается правая верхняя форточка,  $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$  — левая верхняя,  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$  — правая боковая,  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  — левая боковая,  $+6\text{ }^{\circ}\text{C}$  — должна включаться аварийная сигнализация. Подмешивающий насос работает пока открыт клапан КО. Положение фрамуг ограничивают конечные выключатели.

Предусмотреть возможность управления ЭД в ручном режиме и разделение режимов работы.

Для расчета принять мощности двигателей:  $P_{н1}, P_{н2}, P_{н3}, P_{н4}$  — 1,1 кВт, электродвигателя насоса — 7,5 кВт.

### Вариант 38 Автоматизация линии приготовления и раздачи корма на свиномкомплексе

Линия работает в двух режимах: кормораздачи и промывки. В режиме кормораздачи (для которого ведется разработка система автоматического управления) линия должна работать следующим образом. Сперва 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.

Предусмотреть необходимую сигнализацию, возможность управления ЭД в ручном режиме и разделение режимов работы.

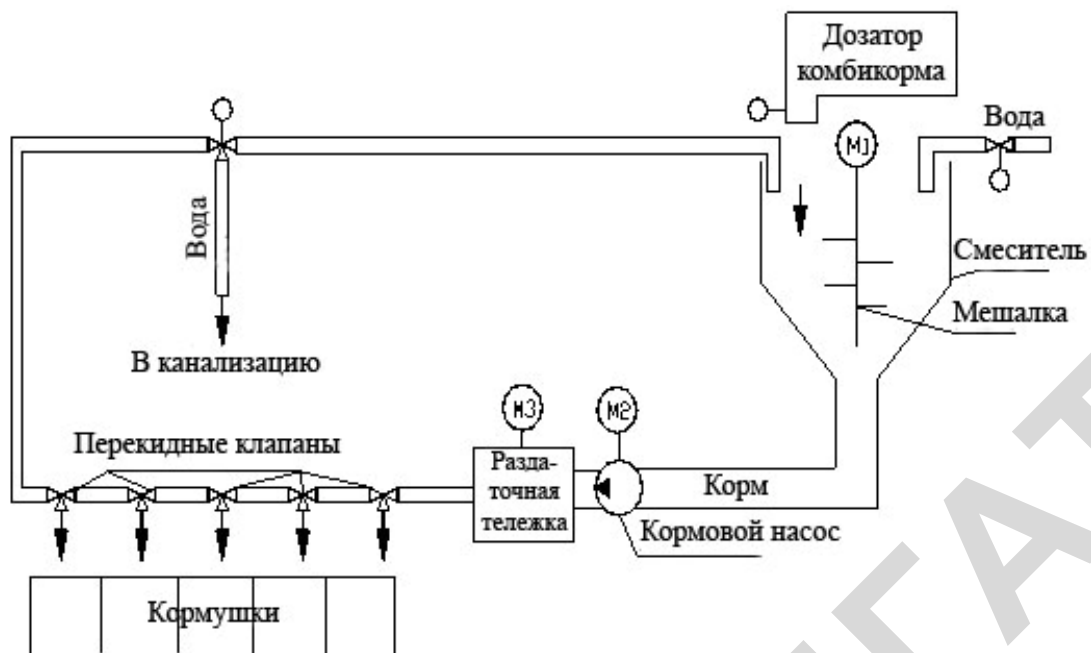


Рисунок П5.28 — Технологическая схема линии приготовления и раздачи корма на свиномкомплексе

Для расчета принять мощности двигателей:  $P_{н1}$  — 15 кВт,  $P_{н2}$  — 2,2 кВт,  $P_{н3}$  — 7,5 кВт.

### Вариант 39 Автоматизация процесса пуска парового котла и разработка системы автоматики безопасности

Пуск котла осуществляется переключателем при обеспечении предварительного залива в котел воды и нормальных показаний давления воздуха, пара, разряжения в топке. При этом подается сигнал на открытие клапанов запальников и включение запального устройства. При благополучном загорании пламени, что требуется просигнализировать, должна быть открыта подача газа (вручную), которая удерживается электромагнитным клапаном-отсекателем, и с выдержкой времени отключаются клапаны запальников и запальное устройство. Если по каким-то причинам загорания пламени не произошло в течение определенного времени, следует включить аварийную сигнализацию и обесточить устройства зажигания.

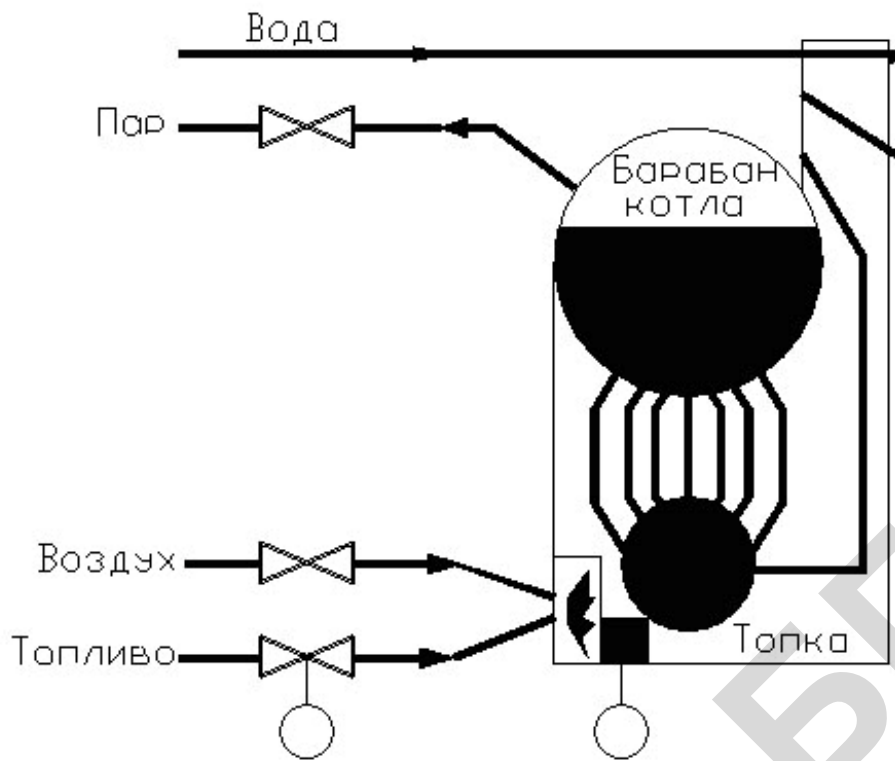


Рисунок П5.29 — Технологическая схема котла

В нормальном режиме работы безопасная работа котла обеспечивается датчиками, которые фиксируют основные технологические параметры. Автоматика безопасности должна действовать следующим образом. При нарушении, например уровня в барабане котла, должны включаться световая сигнализация аварии и отключаться питание котла с выдержкой времени. В случае нарушения важных показателей отключение питания котла должно обеспечиваться сразу.

Предусмотреть необходимую сигнализацию, возможность управления ЭД в ручном режиме и разделение режимов работы.

#### **Вариант 40 Автоматизация процесса приготовления фарша для производства пельменей**



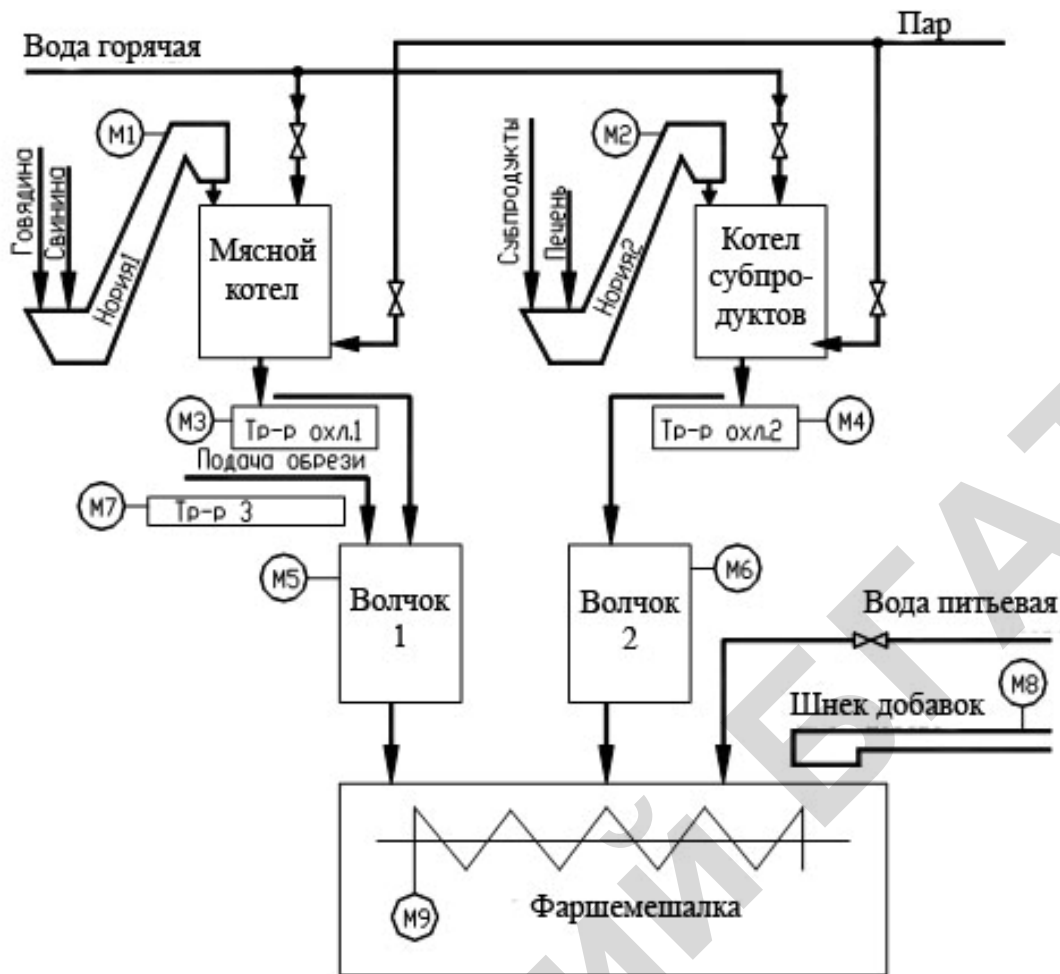


Рисунок П5.30 — Технологическая линия приготовления фарша

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. 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 2 в волчок 2 с одновременным введением добавок и воды в фаршемешалку.

В фаршемешалке перемешиваются все компоненты заданное время, после чего на 15 с включается звуковой сигнал окончания цикла.

Предусмотреть необходимую сигнализацию, возможность управления ЭД в ручном режиме и разделение режимов работы.

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.

#### **Вариант 41 Автоматизация линии сквашивания молока в процессе приготовления творога**

Включает линию 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 37–40 °С, откуда поступает в сепаратор-молокоочиститель и далее во вторую секцию пастеризатора, где нагревается до 75–76 °С. Если температура молока выше 75 °С, то оно поступает в танк для сквашивания через перепускной клапан, иначе поступает в уравнильный 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 творогоизготовитель, в котором поддерживается требуемый уровень продукта вентилем, оборудованным исполнительным механизмом.

Предусмотреть необходимую сигнализацию, возможность управления ЭД в ручном режиме и разделение режимов работы.

Для расчета принять мощности двигателей:  $P_{н1}$ ,  $P_{н2}$ ,  $P_{н4}$  — 2,2 кВт,  $P_{н3}$  — 7,5 кВт,  $P_{н5}$  — 15 кВт.

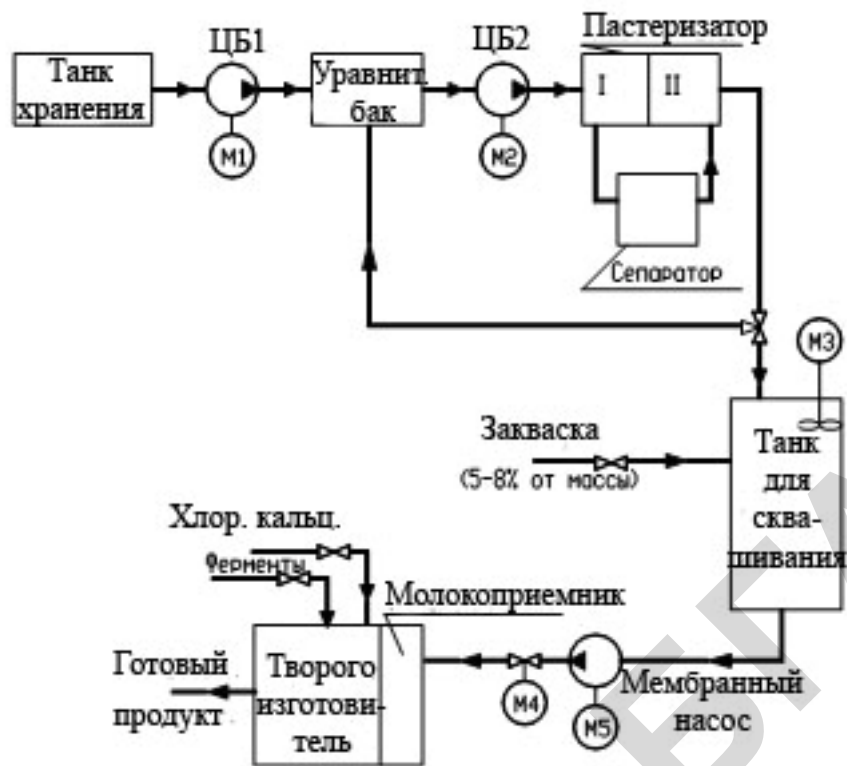


Рисунок П5.31 — Технологическая линия приготовления творога

#### **Вариант 42 Автоматизация процесса поддержания параметров микроклимата животноводческого помещения**

ОВС включает калорифер, радиальный (центробежный) вентилятор, магистральный воздуховод и воздуховоды равномерной раздачи воздуха, выходные отверстия которых оборудованы жалюзийными решетками.

Воздухообмены в помещении МТФ определены для холодного, переходного и теплого периодов на основании тепло- и влаговывделений коровами в зависимости от внутренней температуры помещения.

Отопление помещения — воздушное от приточных систем П1 и П2.

Отопительно-вентиляционная установка П1 представлена тепло-вентилятором типа ТВ-9, в комплект которого входит: вентилятор центробежный с двухсторонним всасыванием воздуха, водяной биметаллический калорифер КСк4/8 со спиральнонакатным оребрением и жалюзийный блок.

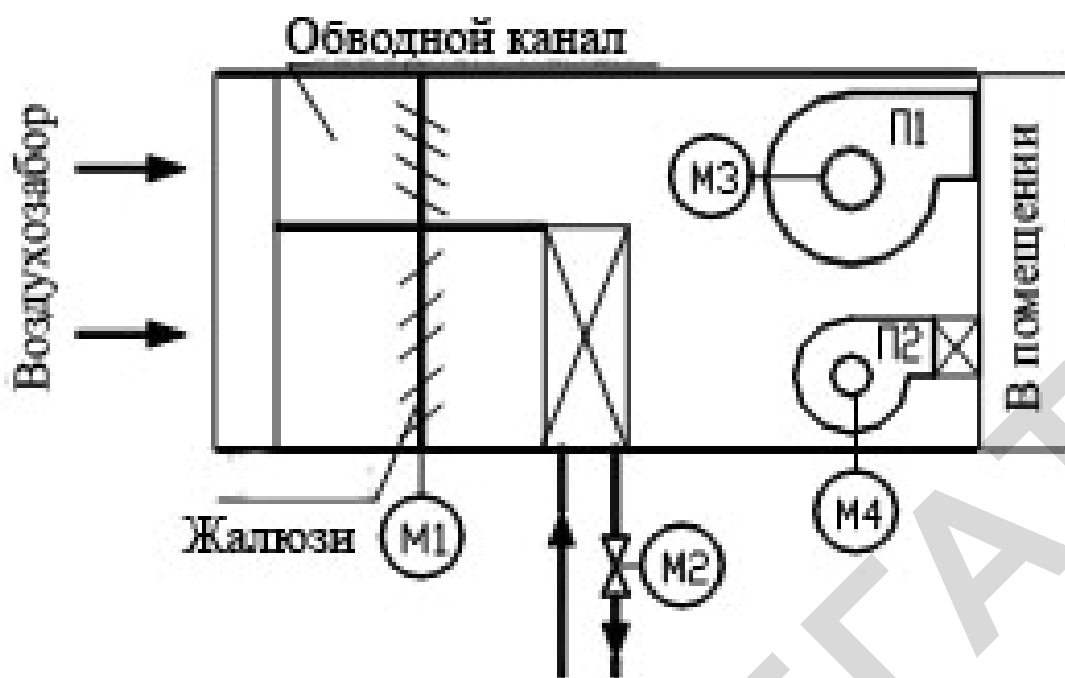


Рисунок П5.32 — Технологическая схема воздухозабора  
 ( $P_{H1}, P_{H2}$  — 1,1 кВт,  $P_{H4}$  — 2,2 кВт,  $P_{H3}$  — 7,5 кВт)

Тепловентилятор ТВ-9 укомплектован двухскоростными электродвигателями, управление подачей воздуха обеспечивается переключением электродвигателя с одной скорости на другую и изменением угла открытия жалюзи.

Отопительно-вентиляционная установка П2 представлена вентиляторным агрегатом типа А2.5 105-1, состоящим из вентилятора центробежного ВЦЦ-70 и электродвигателя 4А56А4; пластинчатым, стальным калорифером КВСБ-П.

В зависимости от температуры внешней среды требуется обеспечить работу тепловентиляторов в двух режимах: без теплоносителя в калориферах (летний) и с теплоносителем (зимний).

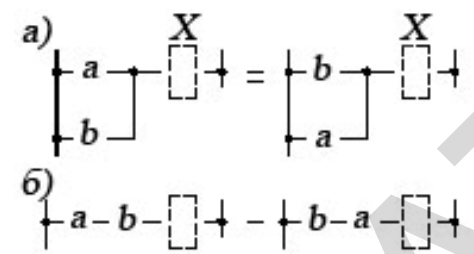
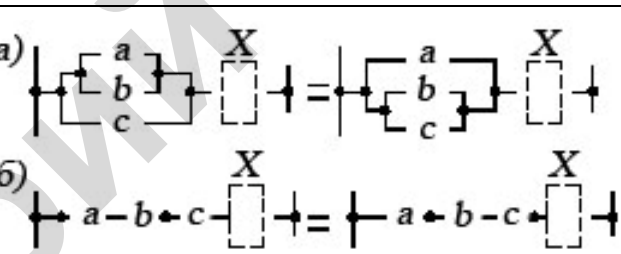
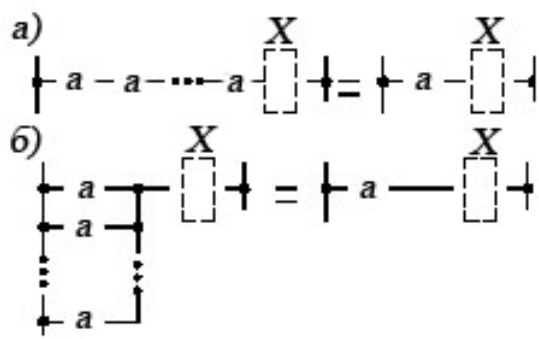
В режиме без теплоносителя вентилятор работает на максимальной частоте вращения, то есть жалюзи калорифера и обводного канала открыты. При отклонении температуры в помещении ниже заданной вентилятор автоматически переключается на минимальную частоту вращения, жалюзи обводного канала прикрываются исполнительным механизмом по команде регулятора температуры. При этом угол по-

ворота исполнительного механизма пропорционален разности температур внутри помещения и заданной.

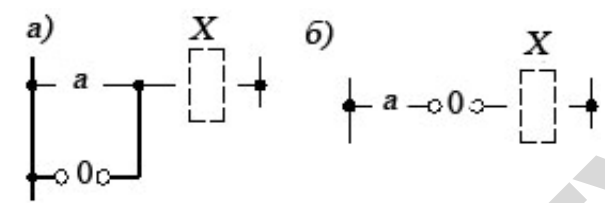
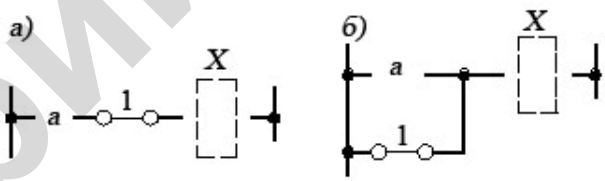
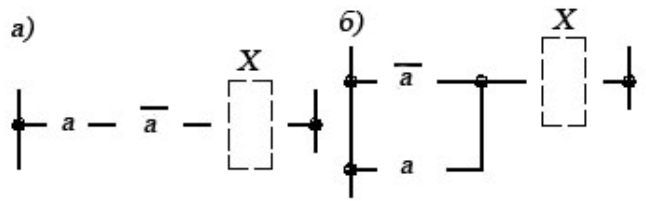
В режиме с теплоносителем вентилятор работает на минимальной частоте вращения, жалюзи калорифера открыты, обводного канала закрыты. При отклонении температуры в помещении выше или ниже заданной жалюзи автоматически обеспечивают изменение подачи теплоты при постоянной подаче воздуха, при дальнейшем повышении температуры вентилятор автоматически переключается на максимальную частоту вращения.

Требуется предусмотреть защиту калорифера от замораживания и режим наладки для ЭД, а также технологическую и аварийную сигнализацию.

Таблица Пб.1 — Основные законы алгебры логики

| Наименование   | Формулировка                                      | Графическая интерпретация   |
|--|---|---|
| <b>1. Переместительные законы</b>                        |   |   |
| а) относительно сложения                                 | $a + b = b + a$                                   |  <p>Левая и правая схемы представляют нормально разомкнутые цепи, каждая из которых при срабатывании любого из элементов (<math>a</math> или <math>b</math>) замыкаются, т. е. эти схемы равносильны</p>                                    |
| б) относительно умножения                                | $a \cdot b = b \cdot a$                           |   |
| <b>2. Сочетательные законы</b>                           |   |   |
| а) относительно сложения                                 | $(a + b) + c = a + (b + c)$                       |    |
| б) относительно умножения                                | $(a \cdot b) \cdot c = a \cdot (b \cdot c)$       |   |
| <b>3. Закон идемпотентности (повторения, тавтологии)</b> |   |   |
| а) относительно сложения                                 | $a + a + a + \dots + a = n \cdot a = a$           |  <p>Любое число соединенных последовательно или параллельно контактов одного и того же элемента (или одинаковых групп контактов различных элементов) может быть заменено одним контактом этого элемента (или одной группой контактов)</p> |
| б) относительно умножения                                | $a \cdot a \cdot a \cdot \dots \cdot a = a^n = a$ |   |

Продолжение таблицы Пб.1

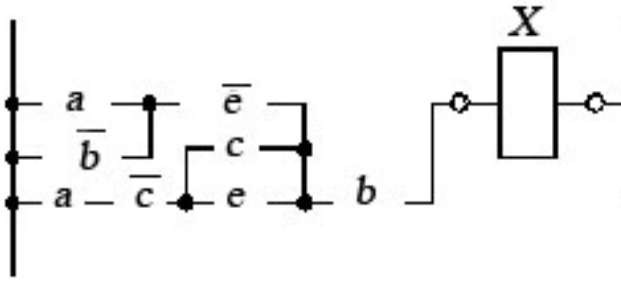
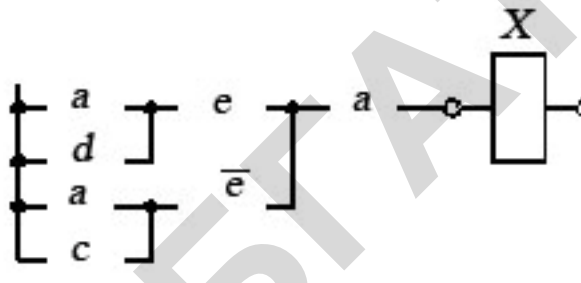
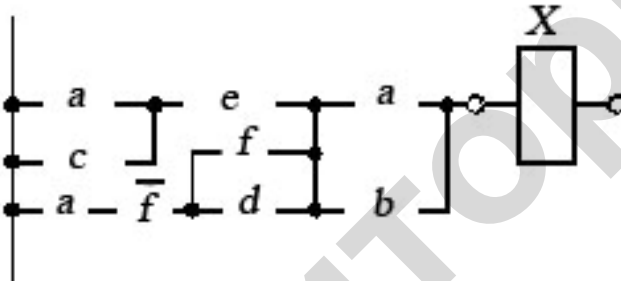
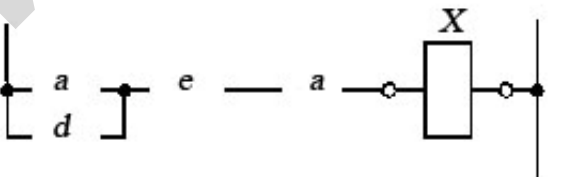
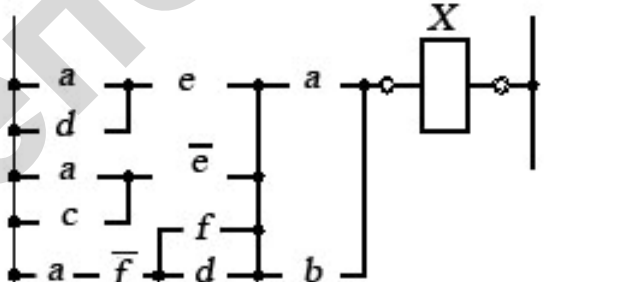
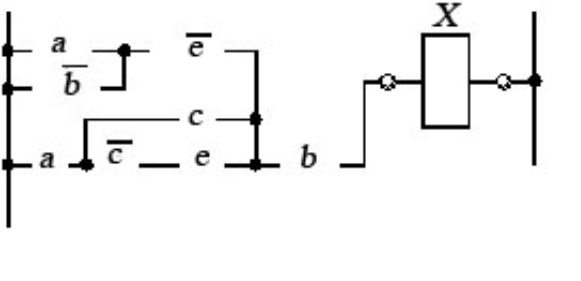
| Наименование                              | Формулировка   | Графическая интерпретация   |
|---|--|---|
| <b>4. Законы нулевого множества</b>       |  |   |
| а) относительно сложения                  | $0 + a = a$  |  <p>При параллельном соединении контакта какого-либо элемента <math>a</math> с постоянно разомкнутой цепью общее состояние цепи будет определяться состоянием элемента <math>a</math>, а при последовательном соединении контакта какого-либо элемента с постоянно разомкнутой цепью общая цепь всегда будет разомкнута независимо от состояния элемента <math>a</math></p> |
| б) относительно умножения                 | $0 \cdot a = 0$<br>$0 \cdot a \cdot b \cdot c \cdot \dots \cdot q = 0$ |   |
| <b>5. Законы универсального множества</b> |  |   |
| а) относительно умножения                 | $1 \cdot a = a$  |  <p>Т. е. при последовательном соединении контакта какого-либо элемента <math>a</math> с постоянно замкнутой цепью общее состояние цепи будет определяться состоянием элемента <math>a</math>, а при параллельном соединении контакта с постоянно замкнутой цепью общая цепь будет всегда замкнута независимо от состояния элемента <math>a</math></p>                     |
| б) относительно сложения                  | $1 + a = 1$<br>$1 + a + b + c + \dots + q = 1$                         |   |
| <b>6. Законы дополненности</b>            |  |   |
| а) логическое противоречие                | $a \cdot \bar{a} = 0$  |   |
| б) закон исключенного третьего            | $a + \bar{a} = 1$  |   |

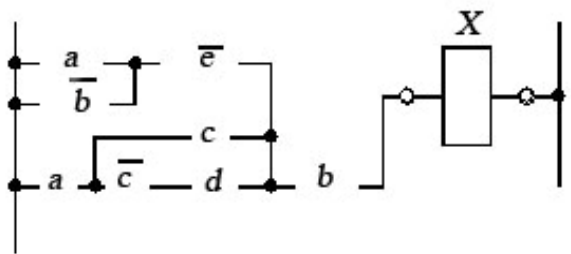
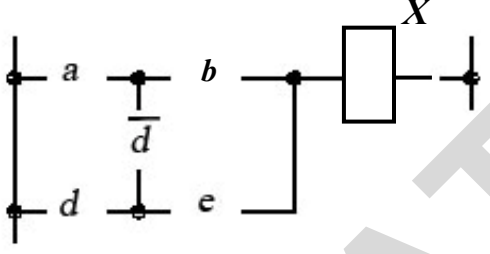
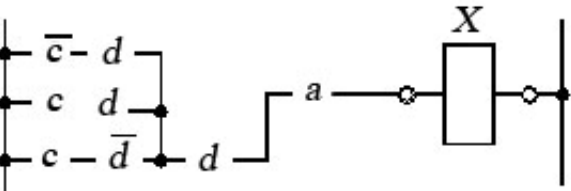
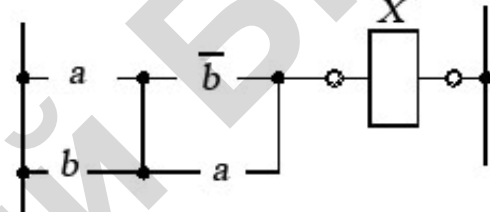
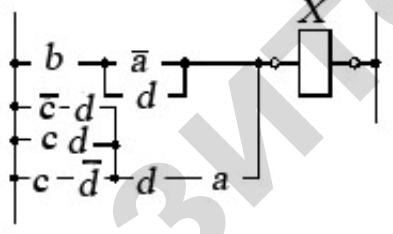
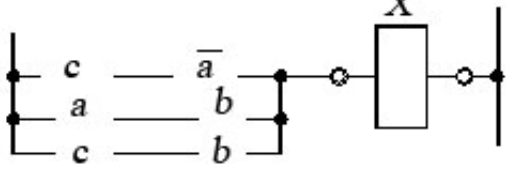
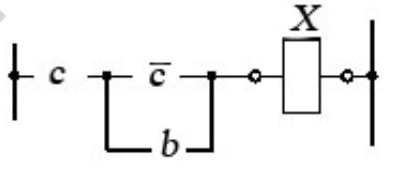
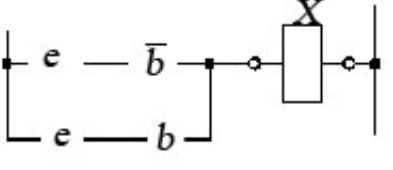
Окончание таблицы Пб.1

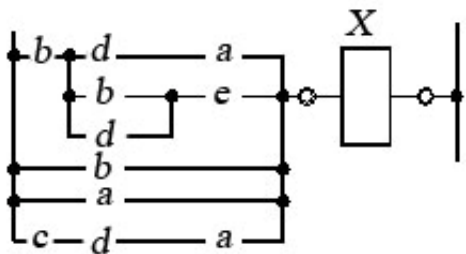
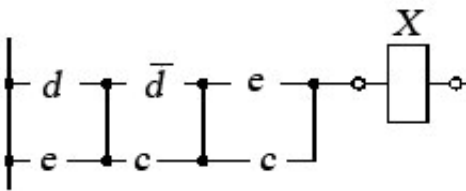
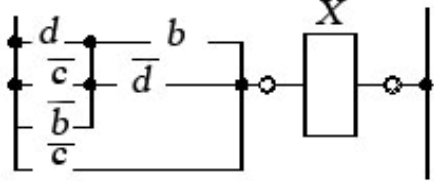
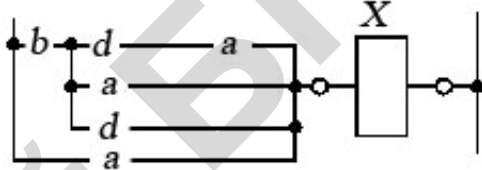
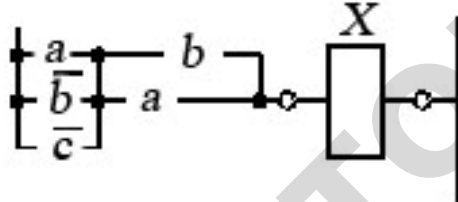
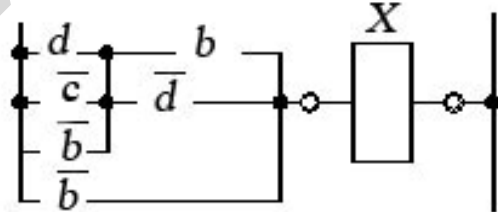
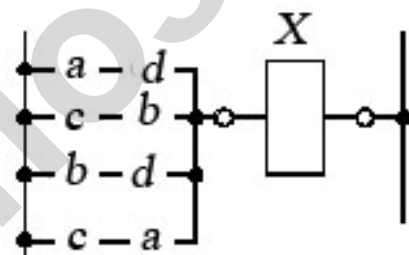
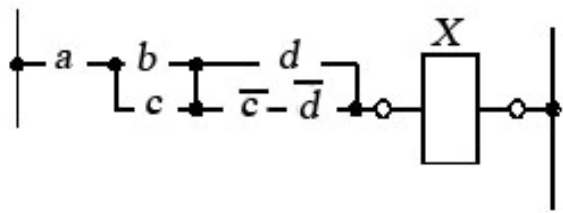
| Наименование                                 | Формулировка   | Графическая интерпретация   |
|--|--|---|
| 7. Закон двойной инверсии                    |  |   |
|  | $\overline{\overline{a}} = a$  |   |
| 8. Распределительные (дистрибутивные) законы |  |   |
| а)   | $a \cdot (b + c) = ab + ac$  |   |
| б)   | $a + b \cdot c = (a + b) \cdot (a + c)$  |   |
| 9. Законы поглощения                         |  |   |
| а)   | $a \cdot (a + b) = a$  |   |
| б)   | $a \cdot (a + b) \cdot (a + c) \cdot \dots \cdot (a + q) = a$  |   |
| в)   | $a + a \cdot b = a \cdot (1 + b) = a$  |   |
| г)   | $a + a \cdot b + a \cdot c + \dots + a \cdot q = a$  |   |
| д)   | $a \cdot (\overline{a} + b) = a \cdot \overline{a} + a \cdot b = a \cdot b$  |   |
| е)   | $a + \overline{a}b = a + b$  |   |
| 10. Законы склеивания (распространения)      |  |   |
| а)   | $ab + a\overline{b} = a$   |   |
| б)   | $(a + b)(a + \overline{b}) = a$  |   |
| в)   | $ab + \overline{a}c + bc = ab + \overline{a}c$   |   |
| г)   | $(a + b) \cdot (a + c) \cdot (b + c) = (a + b) \cdot (a + c)$  |   |
| д)   | $(a + b)(\overline{a} + c) = ac + \overline{a}b$   |   |
| 11. Законы де Моргана (законы инверсии)      |  |   |
| для двух переменных                          | а)<br>$\overline{a \cdot b} = \overline{a} + \overline{b}$   | <p>а)<br/>Черта над левой частью выражения является знаком отрицания или инверсии. Этот знак указывает на то, что вся функция имеет обратное значение по отношению к выражению, стоящему под знаком отрицания</p> |
|  | б)<br>$\overline{a + b} = \overline{a} \cdot \overline{b}$   |   |
| для $n$ переменных                           | $\overline{a \cdot b \cdot c \cdot \dots \cdot n} = \overline{a} + \overline{b} + \overline{c} + \dots + \overline{n}$ |   |
|  | $\overline{a + b + c + \dots + n} = \overline{a} \cdot \overline{b} \cdot \overline{c} \cdot \dots \cdot \overline{n}$ |   |



Варианты заданий к теме 3

|  |   |
|--|---|
| <p>Вариант 1</p> <p>Упростите приведенную структуру:</p>    | <p>Вариант 2</p> <p>Упростите приведенную структуру:</p>    |
| <p>Вариант 3</p> <p>Упростите приведенную структуру:</p>   | <p>Вариант 4</p> <p>Упростите приведенную структуру:</p>  |
| <p>Вариант 5</p> <p>Упростите приведенную структуру:</p>  | <p>Вариант 6</p> <p>Упростите приведенную структуру:</p>  |

|   |  |
|---|--|
| <p>Вариант 7</p>  | <p>Вариант 8</p>   |
| <p>Упростите приведенную структуру:</p>    | <p>Упростите приведенную структуру:</p>    |
| <p>Вариант 9</p>  | <p>Вариант 10</p>  |
| <p>Упростите приведенную структуру:</p>    | <p>Упростите приведенную структуру:</p>    |
| <p>Вариант 11</p>   | <p>Вариант 12</p>  |
| <p>Упростите приведенную структуру:</p>  | <p>Упростите приведенную структуру:</p>  |
| <p>Вариант 13</p>   | <p>Вариант 14</p>  |
| <p>Упростите приведенную структуру:</p>  | <p>Упростите приведенную структуру:</p>  |

|   |  |
|---|--|
| <p>Вариант 15</p> <p>Упростите приведенную структуру:</p>    | <p>Вариант 16</p> <p>Упростите приведенную структуру:</p>    |
| <p>Вариант 17</p> <p>Упростите приведенную структуру:</p>    | <p>Вариант 18</p> <p>Упростите приведенную структуру:</p>    |
| <p>Вариант 19</p> <p>Упростите приведенную структуру:</p>  | <p>Вариант 20</p> <p>Упростите приведенную структуру:</p>  |
| <p>Вариант 21</p> <p>Упростите приведенную структуру:</p>  | <p>Вариант 22</p> <p>Упростите приведенную структуру:</p>  |

Примеры разработки принципиальных электрических схем автоматического управления, контроля и сигнализации

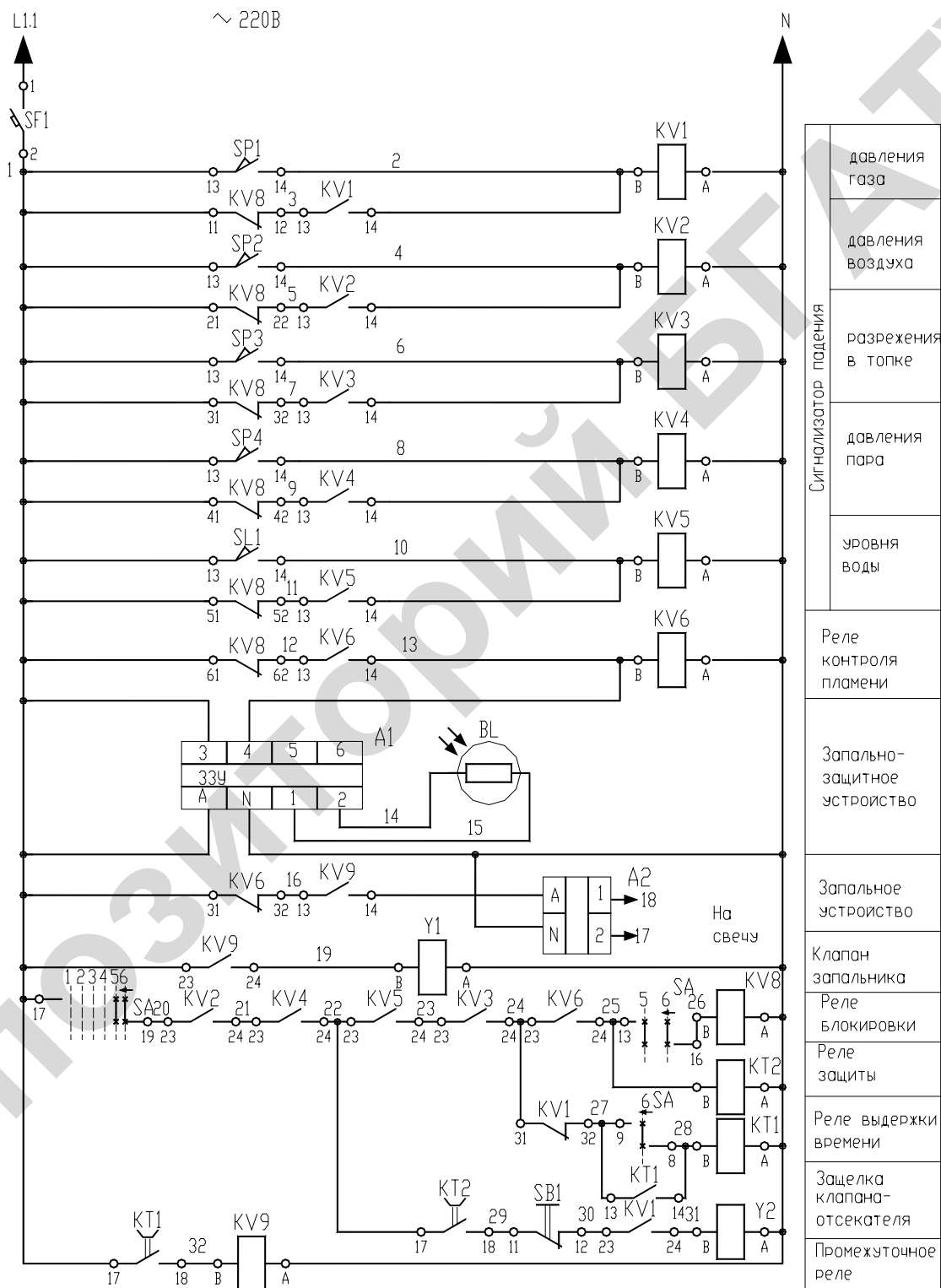


Рисунок П8.1 — Принципиальная электрическая схема автоматики безопасности котла

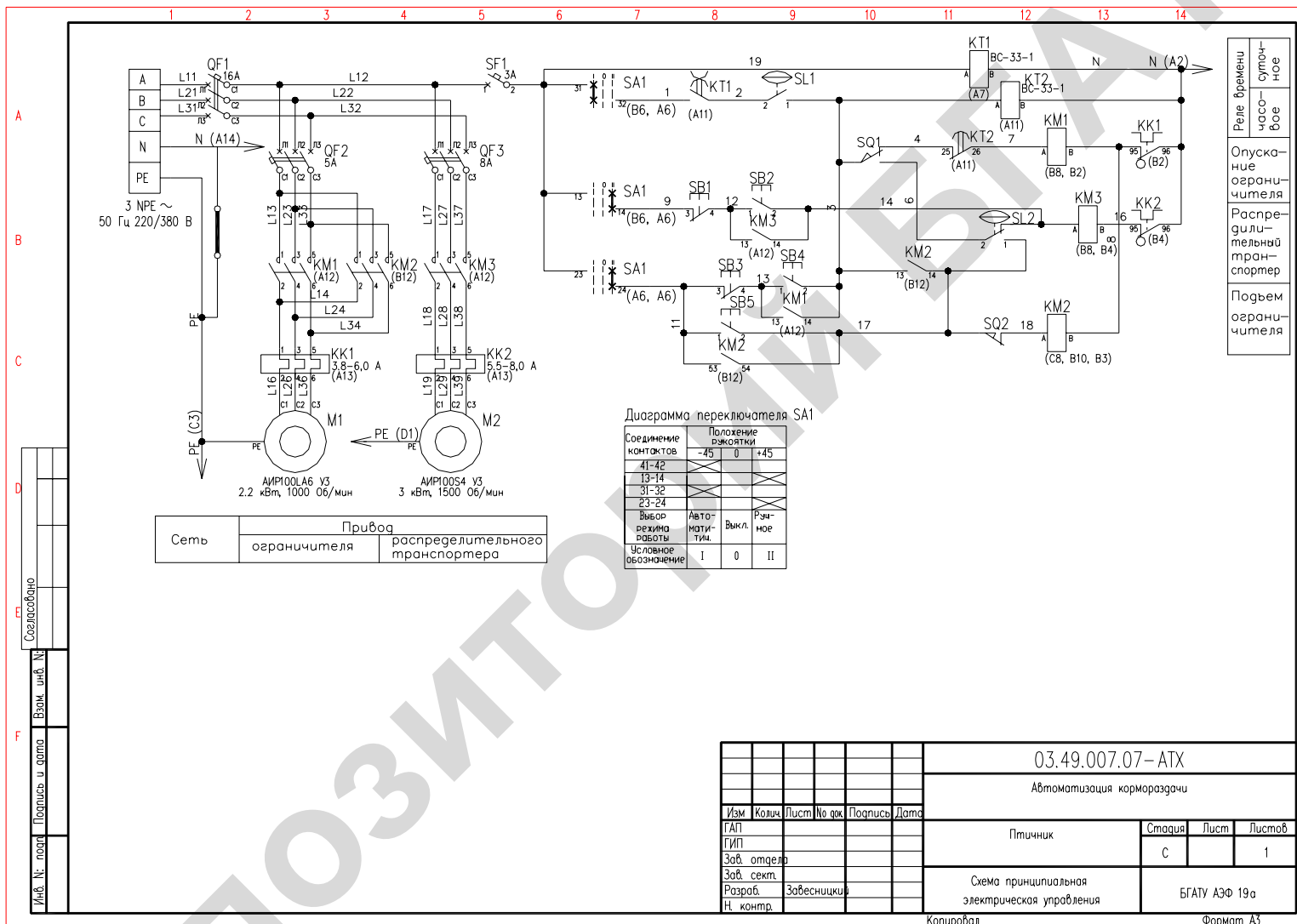


Рисунок П8.2 — Принципиальная электрическая схема управления кормораздачей в птичнике (вариант 1)

| Пер.в. примен.  | Поз обозначение | Наименование   | Код  | Примечание |
|-----------------|-----------------|--|--|------------|
|                 | Срав. №?        | KK1  | Реле электротепловое токовое РТЛ-101004,<br>I <sub>н</sub> =3.8–6.0 А ТУ 16–523.549–82 | 1          |
| KK2             |                 | Реле электротепловое токовое РТЛ-101204,<br>I <sub>н</sub> =5.5–8.0 А ТУ 16–523.549–82   | 1  |            |
| KM1, KM2, KM3   |                 | Пускатель магнитный ПМЛ-110004А 50 Гц 220 В<br>ТУ16–664.001–83   | 3  |            |
| KM2             |                 | Приспособка контактная ПКП-1104А ТУ16–523.554–82   | 1  |            |
| KT1, KT2        |                 | Реле времени ВС-33-1 УХЛ4, 220 В, 50 Гц 2–60 мин.<br>ТУ16–647.026–86   | 2  |            |
| M1              |                 | Двигатель АИР100LA6 У3, 2.2 кВт, 380 В, 50 Гц<br>ИМ2081, 1000 Об/мин ТУ У 3.08–00213799–074–95   | 1  |            |
| M2              |                 | Двигатель АИР100S4 У3, 3 кВт, 380 В, 50 Гц<br>ИМ1081, 1500 Об/мин ТУ 16–97. БВИЕ 525222.001 ТУ   | 1  |            |
| QF1             |                 | Выключатель АЕ2033ММ–20Н–20У3–А 380В, 50Гц<br>16А, 12In ТУ16–522.148–80  | 1  |            |
| QF2             |                 | Выключатель АЕ2033ММ–20Н–20У3–А 380В, 50Гц<br>5А, 12In ТУ16–522.148–80   | 1  |            |
| QF3             |                 | Выключатель АЕ2033ММ–20Н–20У3–А 380В, 50Гц<br>8А, 12In ТУ16–522.148–80   | 1  |            |
| Погр. и дата    | SA1             | Кнопка поворотная NEF30–Pcc, I–0–II<br>(stable/stable/stable), красный, XY, XY Poland,<br>Sosnowiec, SN Promet, Elementy sterownicze i<br>sygnalizacyjne, 1999 | 1  |            |
|                 | SB1, SB3        | Выключатель KE181У3, усл. 2, красный<br>ТУ16–642.015–84  | 2  |            |
|                 |                 |  |  |            |
| 03.49.00707–АТХ |                 |  |  |            |
| Изм. №          | Лист            | № докум.   | Погр.  | Дата       |
| Разраб          | Завесничий      |  |  |            |
| Проб            |                 |  |  |            |
| Н контр         |                 |  |  |            |
| Итв             |                 |  |  |            |
|                 |                 | Автоматизация кормораздачи   |  |            |
|                 |                 | БГАТУ АЭФ 19а  |  |            |
|                 |                 | Перечень элементов   |  |            |
|                 |                 | Копировал  |  |            |
|                 |                 | Формат А4  |  |            |

| Поз обозначение | Наименование | Код   | Примечание  |      |
|-----------------|--------------|---|---|------|
|                 | Срав. №?     | SB2, SB4, SB5   | Выключатель KE181У3, усл. 2, зеленый<br>ТУ16–642.015–84 | 3    |
| SF1             |              | Выключатель ЭльФ–102–1/03, 220/380 В, 50 Гц 3 А<br>В ГОСТ 50345–92                      | 1   |      |
| SL1             |              | Блок сигнализации уровня мембранный БСУ–1 У2 ТУ<br>1696 ИЖТП.656111.116 ТУ              | 1   |      |
| SL2             |              | Сигнализатор уровня СУ–1Ф У2 ТУ<br>1696 ИЖТП.656111.117 ТУ                              | 1   |      |
| SQ1, SQ2        |              | Микровыключатель МП101ЛУХЛЗ.12А, толкатель,<br>базовый способ крепления ТУ16–526.322–78 | 2   |      |
|                 |              |   |   |      |
|                 |              |   |   |      |
|                 |              |   |   |      |
|                 |              |   |   |      |
|                 |              |   |   |      |
| 03.49.00707–АТХ |              |   |   |      |
| Изм. №          | Лист         | № докум.  | Погр.   | Дата |
| Разраб          | Завесничий   |   |   |      |
| Проб            |              |   |   |      |
| Н контр         |              |   |   |      |
| Итв             |              |   |   |      |
|                 |              | Автоматизация кормораздачи  |   |      |
|                 |              | БГАТУ АЭФ 19а   |   |      |
|                 |              | Перечень элементов  |   |      |
|                 |              | Копировал   |   |      |
|                 |              | Формат А4   |   |      |

Рисунок П8.3 — Перечень элементов к принципиальной схеме управления кормораздачей(вариант 1)

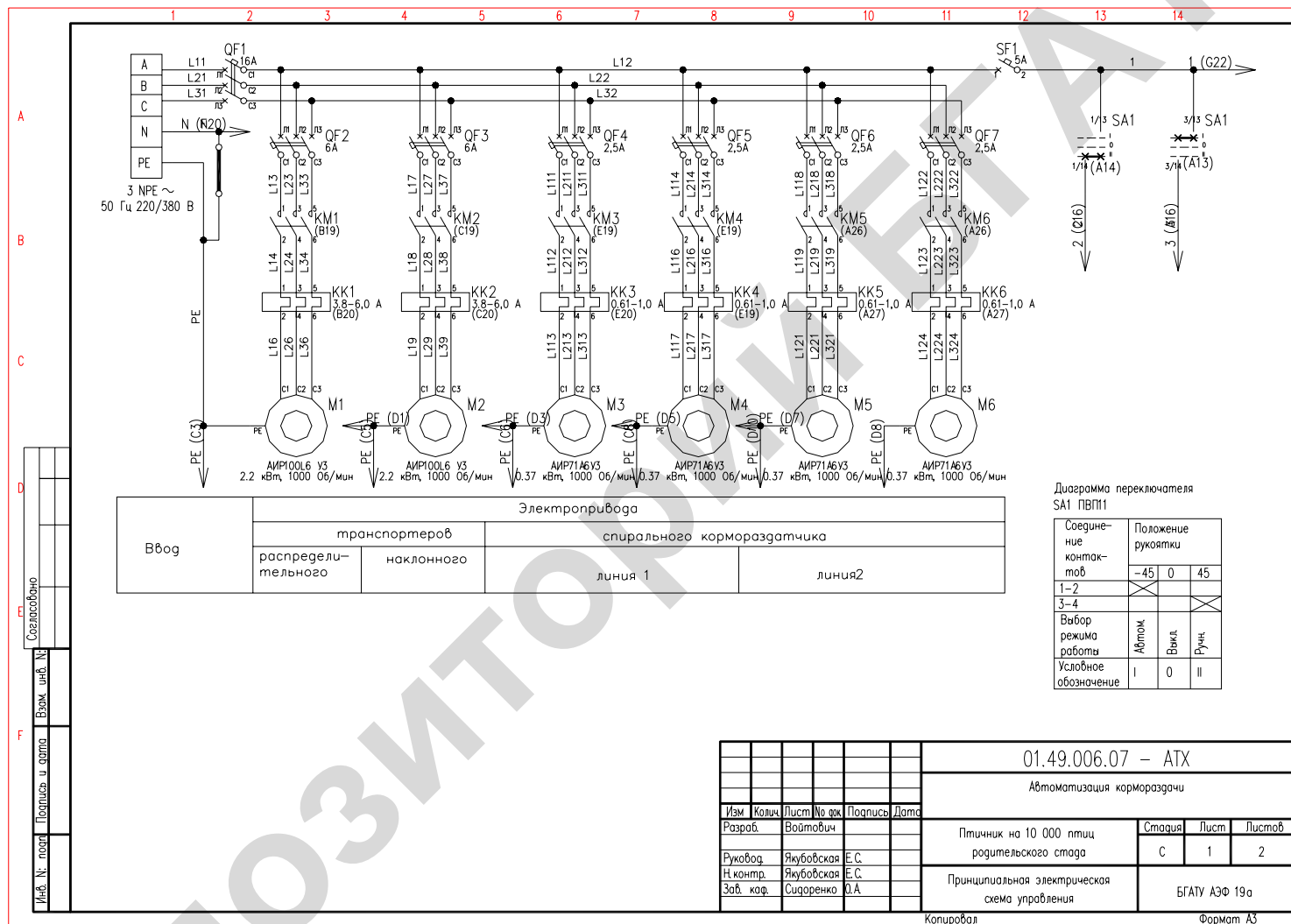


Рисунок П8.4 — Принципиальная электрическая схема управления кормораздачей в птичнике (вариант 2) — силовая часть (тема 4)

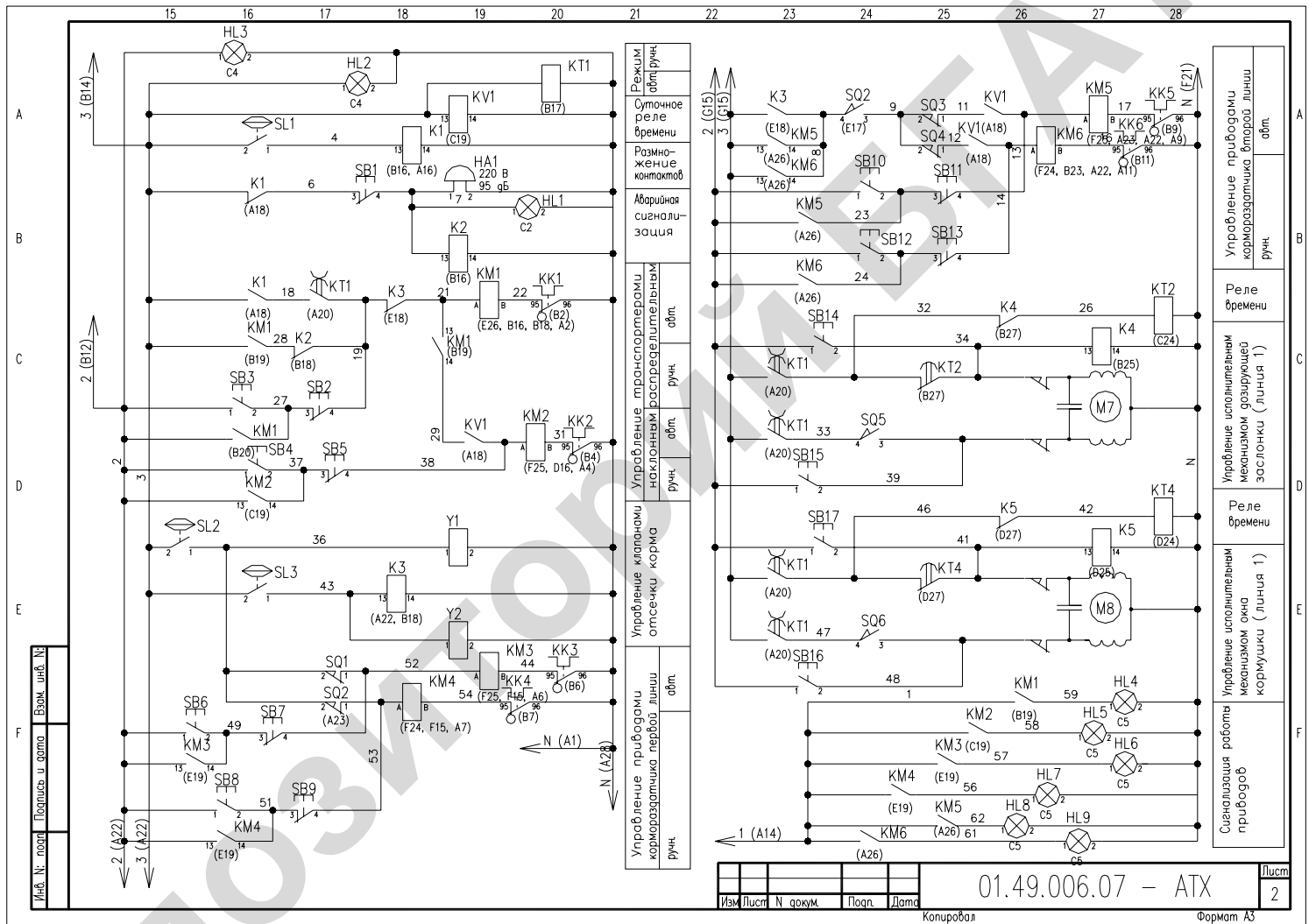


Рисунок П8.5 — Принципиальная электрическая схема управления кормораздачей в птичнике (вариант 2) на базе релейно-контактной схемы управления (тема 4) — цепи управления



| Лист № докум.<br>Изм. | Лист     | № докум. | Подг. | Дата | Лит. | Лист | Листов | Поз. обозначение           | Наименование   | Кол. | Примечание |
|-----------------------|----------|----------|-------|------|------|------|--------|----------------------------|--|------|------------|
|                       |          |          |       |      |      |      |        |                            |  |      |            |
| Лист № докум.<br>Изм. | Лист     | № докум. | Подг. | Дата | Лит. | Лист | Листов | HA1                        | Сирена сигнальная СС-1-220, 50Гц ТУ 4218-010-00226081-99   | 1    |            |
|                       |          |          |       |      |      |      |        | HL1                        | Светодиодная индикаторная лампа СКЛ 14, В-К-2-220, красный ЕНСК.433137.014 ТУ  | 1    |            |
|                       |          |          |       |      |      |      |        | HL2,HL3                    | Светодиодная индикаторная лампа СКЛ 11, В-Ж-2-220, желтый ЕНСК.433137.011 ТУ   | 2    |            |
|                       |          |          |       |      |      |      |        | HL4...HL9                  | Светодиодная индикаторная лампа СКЛ 11, В-Ж-2-220, желтый ЕНСК.433137.011 ТУ   | 6    |            |
|                       |          |          |       |      |      |      |        | K1...K5                    | Реле малогабаритное R4-2012-23-1012, 12 VDC, колодка GZR2, 2П Poland, Zary, Relpol S.A., Electromagnetic relays, Catalogue 2001/2002 | 5    |            |
|                       |          |          |       |      |      |      |        | KK1,KK2                    | Реле электротепловое токовое РТП-101004, In=3,8-6,0 А ТУ 16-523.549-82   | 2    |            |
|                       |          |          |       |      |      |      |        | KK3...KK6                  | Реле электротепловое токовое РТП-100504, In=0.61-1.0 А ТУ 16-523.549-82  | 4    |            |
|                       |          |          |       |      |      |      |        | KM1...KM6                  | Пускатель магнитный ПМП-110004А, 50 Гц, 220 В ТУ16-664.001-83  | 6    |            |
|                       |          |          |       |      |      |      |        | KT1                        | Программное реле РСЗ-522 ООО «Евроавтоматика ФиФ»  | 1    |            |
|                       |          |          |       |      |      |      |        | KT2,KT4                    | Реле времени ВС10-33, 50 Гц, 220 В ТУ16-528.001-83   | 2    |            |
| 01.49.006.07 – АТХ    |          |          |       |      |      |      |        |                            |  |      |            |
| Изм. №                | Лист     | № докум. | Подг. | Дата | Лит. | Лист | Листов |                            |  |      |            |
| Разраб.               | Войтович |          |       |      | С    | 1    | 2      |                            |  |      |            |
| Проб.                 |          |          |       |      |      |      |        | Автоматизация кормораздачи |  |      |            |
| Исполн.               |          |          |       |      |      |      |        | БГАТУ АЭФ 19а              |  |      |            |
| Контр.                |          |          |       |      |      |      |        | Перечень элементов         |  |      |            |
| Утв.                  |          |          |       |      |      |      |        | Копировал                  |  |      |            |
|                       |          |          |       |      |      |      |        | Формат А4                  |  |      |            |

| Лист № докум.<br>Изм. | Лист | № докум. | Подг. | Дата | Лит. | Лист | Листов | Поз. обозначение    | Наименование  | Кол.     | Примечание |      |      |      |        |           |  |  |  |
|-----------------------|------|----------|-------|------|------|------|--------|---------------------|---|----------|------------|------|------|------|--------|-----------|--|--|--|
|                       |      |          |       |      |      |      |        |                     |   |          |            |      |      |      |        |           |  |  |  |
| Лист № докум.<br>Изм. | Лист | № докум. | Подг. | Дата | Лит. | Лист | Листов | M1,M2               | Двигатель АИР100L6 У3, 2,2 кВт, 380 В, 50 Гц, IM2081, 1000 Об/мин ТУ 16-97. БВИЕ 525222.001 ТУ  | 2        |            |      |      |      |        |           |  |  |  |
|                       |      |          |       |      |      |      |        | M3,M4,M5,M6         | Двигатель АИР71А6У3, 0,37 кВт, 380 В, 50 Гц, IM1081, 1000 Об/мин ТУ 16-97. БВИЕ 525222.001 ТУ   | 4        |            |      |      |      |        |           |  |  |  |
|                       |      |          |       |      |      |      |        | M7,M8               | Исполнительный механизм МЭ0-400/250К  | 2        |            |      |      |      |        |           |  |  |  |
|                       |      |          |       |      |      |      |        | QF1                 | Выключатель АЕ2033ММ-20Н-20У3-А 380В, 50Гц 16А, 12In ТУ16-522.148-80  | 1        |            |      |      |      |        |           |  |  |  |
|                       |      |          |       |      |      |      |        | QF2,QF3             | Выключатель АЕ2033ММ-20Н-20У3-А 380В, 50Гц 6А, 12In ТУ16-522.148-80   | 2        |            |      |      |      |        |           |  |  |  |
|                       |      |          |       |      |      |      |        | QF4,QF5,QF6,QF7     | Выключатель АЕ2033ММ-20Н-20У3-А 380В, 50Гц 2,5А, 12In ТУ16-522.148-80   | 4        |            |      |      |      |        |           |  |  |  |
|                       |      |          |       |      |      |      |        | SA1                 | Кнопка поворотная NEF30-Рсн, I-0-II (stable/stable/stable), синий, XX, XX Poland, Sosnowiec, SN Promet, Elementy sterownicze i sygnalizacyjne, 1999 | 1        |            |      |      |      |        |           |  |  |  |
|                       |      |          |       |      |      |      |        | S81,S83,S84,S85,S86 | Выключатель KE181У3, исп. 2, зеленый ТУ16-642.015-84  | 11       |            |      |      |      |        |           |  |  |  |
|                       |      |          |       |      |      |      |        | S82,S85,S87,S89     | Выключатель KE181У3, исп. 2, красный ТУ16-642.015-84  | 6        |            |      |      |      |        |           |  |  |  |
|                       |      |          |       |      |      |      |        | SB11,SB13           | ТУ16-642.015-84   |          |            |      |      |      |        |           |  |  |  |
|                       |      |          |       |      |      |      |        | SF1                 | Выключатель ЭльФ-102-1/05, 220/380 В, 50 Гц, 5 А В ГОСТ 50345-92  | 1        |            |      |      |      |        |           |  |  |  |
|                       |      |          |       |      |      |      |        | S13,S23,S33         | Блок сигнализации урбня мембранный БСУ-1 У2 ТУ 1696 ИЖТЛ.656111.116 ТУ  | 4        |            |      |      |      |        |           |  |  |  |
|                       |      |          |       |      |      |      |        | SQ1...SQ6           | Микровыключатель МП1101ЛУХЛ3.12А, толкатель, базовый способ крепления ТУ16-526.322-78   | 6        |            |      |      |      |        |           |  |  |  |
|                       |      |          |       |      |      |      |        | Y1,Y2               | Клапан жидких сред ВН1 С-1, =24 V, G=1 ТУ16-23.7.190-91   | 2        |            |      |      |      |        |           |  |  |  |
|                       |      |          |       |      |      |      |        | 01.49.006.07 – АТХ  |   |          |            |      |      |      |        |           |  |  |  |
|                       |      |          |       |      |      |      |        | Изм. №              | Лист  | № докум. | Подг.      | Дата | Лит. | Лист | Листов |           |  |  |  |
|                       |      |          |       |      |      |      |        |                     |   |          |            |      |      |      |        |           |  |  |  |
|                       |      |          |       |      |      |      |        |                     |   |          |            |      |      |      |        | Формат А4 |  |  |  |

Рис. П8.6 – Перечень элементов к принципиальной схеме управления кормораздачей в птичнике (вариант 2) на базе релейно-контактной схемы управления

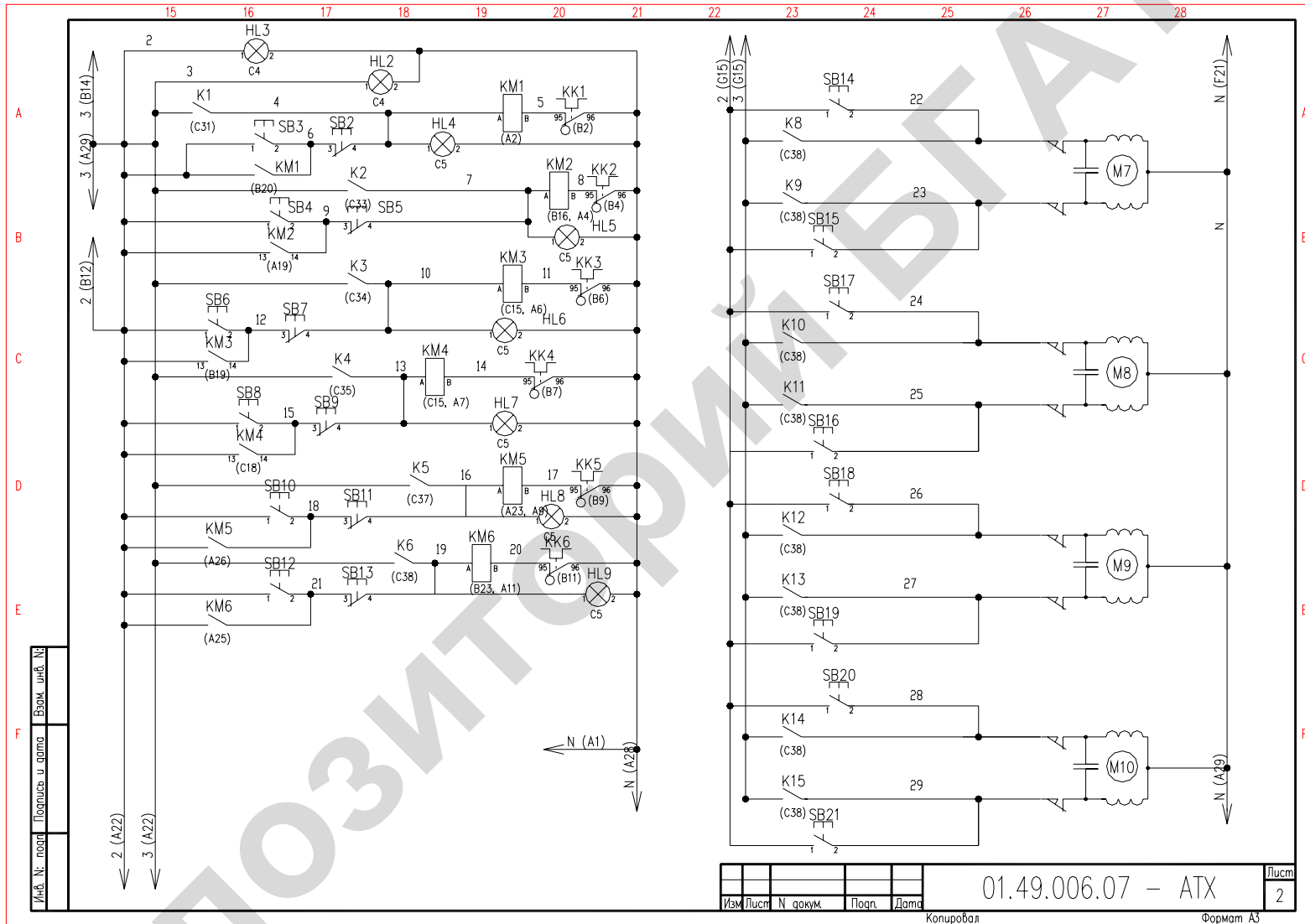


Рисунок П8.7 — Принципиальная электрическая схема управления кормораздачей в птичнике (вариант 2) на базе контроллера в качестве устройства управления (тема 4) — цепи управления

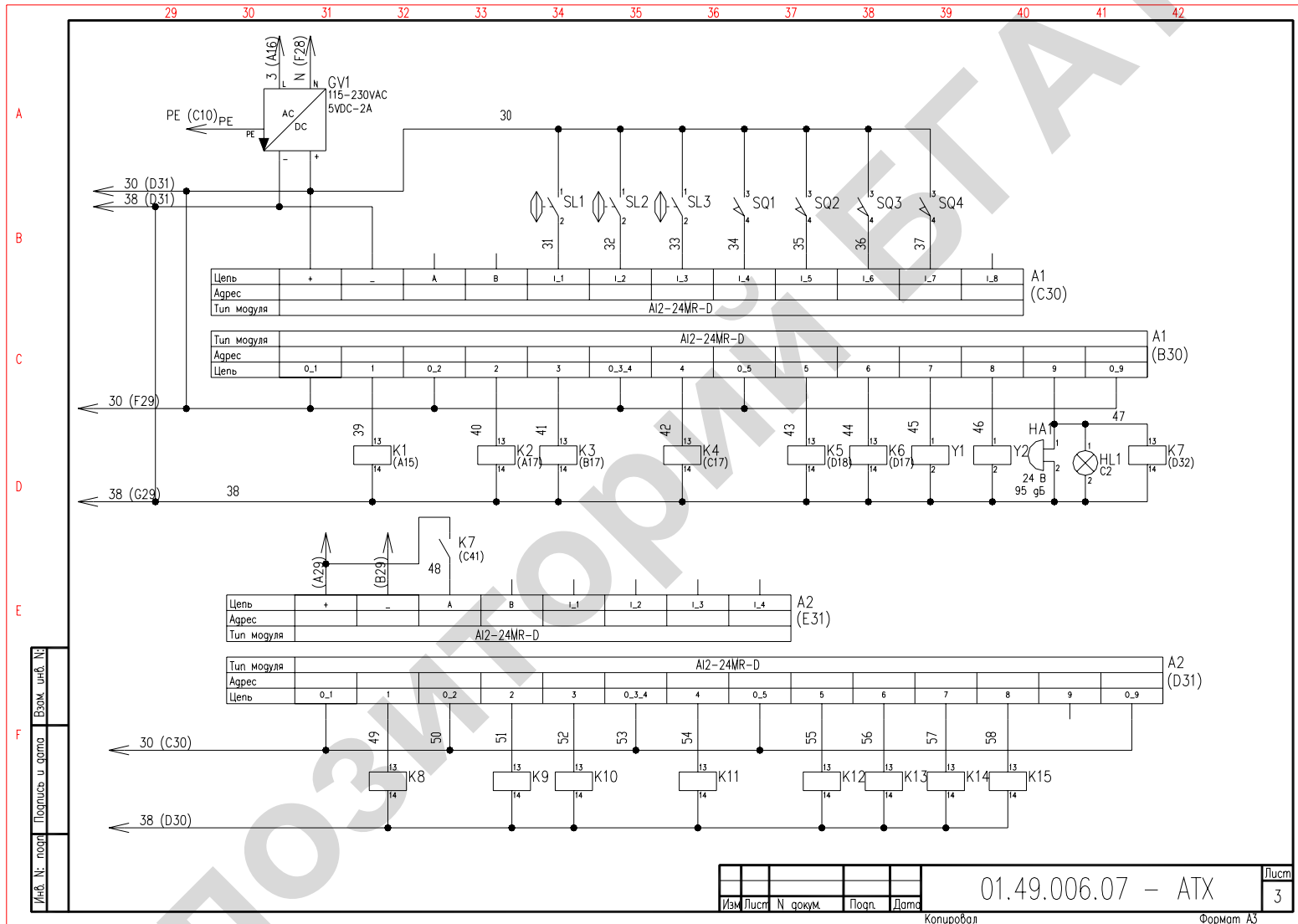


Рисунок П8.8 — Принципиальная электрическая схема управления кормораздачей в птичнике (вариант 2) на базе контроллера в качестве устройства управления (тема 4) — цепи управления – контроллер

| Пер. примен.               | Поз обозначение    | Наименование  | Кол.   | Примечание |
|----------------------------|--------------------|---|--|------------|
|                            |                    | A1,A2   | Контроллер AL2-24MR-D Mitsubishi Electric's<br>Technical Catalogue 2002 art.142520 | 2          |
|                            | GV1                | Источник стабилизированного питания CP-SNT<br>24W, 5VDC/2A Germany, Paderborn, Weidmuller<br>GmbH & Co. Complete Catalogue 2002/03<br>Cat.No.9928890005 | 1  |            |
| Стр.ав. №?                 | HA1                | Звуковой конвертор 3SB1902-2BN, 25mA, 0.6W<br>Germany, Siemens Ag, Siemens NS K-10/2001   | 1  |            |
|                            | HL1                | Светодиодная индикаторная лампа СКЛ 14.<br>В-К-2-24, красный ЕНСК433137.014 ТУ  | 1  |            |
|                            | HL2,HL3            | Светодиодная индикаторная лампа СКЛ 11.<br>В-Ж-2-220, желтый ЕНСК433137.011 ТУ  | 2  |            |
|                            | HL4...HL9          | Светодиодная индикаторная лампа СКЛ 11.<br>В-Л-2-220, зеленый ЕНСК433137.011 ТУ   | 6  |            |
| Погр. и дата               | K1...K15           | Реле малогабаритное R2-1012-23-1024, 24 VDC,<br>колодка GZR2, 2П Poland, Zory, Relpol S.A.,<br>Electromagnetic relays, Catalogue 2001/2002              | 15   |            |
|                            | KK1,KK2            | Реле электропелюбое токовое РТЛ-101004,<br>In=3.8-6.0 А ТУ 16-523.549-82  | 2  |            |
| Взам. инв. №? Инв.№? дубль | KK3...KK6          | Реле электропелюбое токовое РТЛ-100504,<br>In=0.61-1.0 А ТУ 16-523.549-82   | 4  |            |
|                            | KM1...KM6          | Пускатель магнитный ПМЛ-110004А, 50 Гц, 220 В<br>ТУ16-664.001-83  | 6  |            |
| Погр. и дата               | M1,M2              | Двигатель АИР100L6 У3, 2.2 кВт, 380 В, 50 Гц<br>IM2081, 1000 Об/мин ТУ 16-97. БВИЕ 525222.001 ТУ  | 2  |            |
|                            | 01.49.006.07 – АТХ |   |  |            |
| Инв. № подл.               | Изм. Лист          | № док.м.  | Подп.  | Дата       |
|                            | Разраб.<br>Пров.   | Войтович  |  |            |
| Изм. № подл.               | Изм. Лист          | № док.м.  | Подп.  | Дата       |
|                            | Изм. Лист          | № док.м.  | Подп.  | Дата       |
| Автоматизация кормораздачи |                    | Статус  | Лист   | Листов     |
|                            |                    | С   | 1  | 2          |
| Перечень элементов         |                    | БГАТУ АЭФ 19а   |  |            |
| Копировал                  |                    | Формат А4   |  |            |

| Пер. примен.               | Поз обозначение         | Наименование   | Кол.  | Примечание |
|----------------------------|-------------------------|--|---|------------|
|                            |                         | M3...M6  | Двигатель АИР71А6У3, 0.37 кВт, 380 В, 50 Гц<br>IM1081, 1000 Об/мин ТУ 16-97. БВИЕ 525222.001 ТУ | 4          |
|                            | M7...M10                | Исполнительный механизм МЭ0-400/250К   | 4   |            |
|                            | QF1                     | Выключатель AE2033MM-20H-20V3-A 380V, 50Гц<br>16A, 121н ТУ16-522.148-80  | 1   |            |
|                            | QF2,QF3                 | Выключатель AE2033MM-20H-20V3-A 380V, 50Гц<br>6A, 121н ТУ16-522.148-80   | 2   |            |
|                            | QF4...QF7               | Выключатель AE2033MM-20H-20V3-A 380V, 50Гц<br>2.5A, 121н ТУ16-522.148-80   | 4   |            |
|                            | SA1                     | Кнопка поворотная NEF30-Рсн, I-0-II<br>(stable/stable/stable), синий, XX, XX Poland,<br>Sosnowiec, SN Promet, Elementy sterownicze i<br>sygnalizacyjne, 1999 | 1   |            |
| Погр. и дата               | SW1,SW2,SW3,SW4         | Выключатель KE181У3, исп. 2, зеленый<br>ТУ16-642.015-84  | 14  |            |
|                            | SW5,SW6,SW7,SW8         | Выключатель KE181У3, исп. 2, красный<br>ТУ16-642.015-84  | 6   |            |
| Взам. инв. №? Инв.№? дубль | SF1                     | Выключатель ЭльФ-102-1/05, 220/380 В, 50 Гц, 5 А<br>В ГОСТ 50345-92  | 1   |            |
|                            | SL1,SL2,SL3             | Блок сигнализации уровня мембранный БСУ-1 У2 ТУ<br>1696 ИЖТП.656111.116 ТУ   | 3   |            |
| Погр. и дата               | SM1,SM2,SM3,SM4,SM5,SM6 | Микровыключатель МП1101ЛУХЛ3.12А, толкатель,<br>базовый способ крепления ТУ16-526.322-78   | 6   |            |
|                            | Y1,Y2                   | Клапан жидких сред ВН1 С-1, =24 В, G=1<br>ТУ16-23.7.190-91   | 2   |            |
| 01.49.006.07 – АТХ         |                         |  |   | Лист       |
|                            |                         |  |   | 2          |
| Копировал                  |                         | Формат А4  |   |            |

Рисунок П8.9 — Перечень элементов к принципиальной схеме управления кормораздачей в птичнике (вариант 2) на базе контроллера в качестве устройства управления

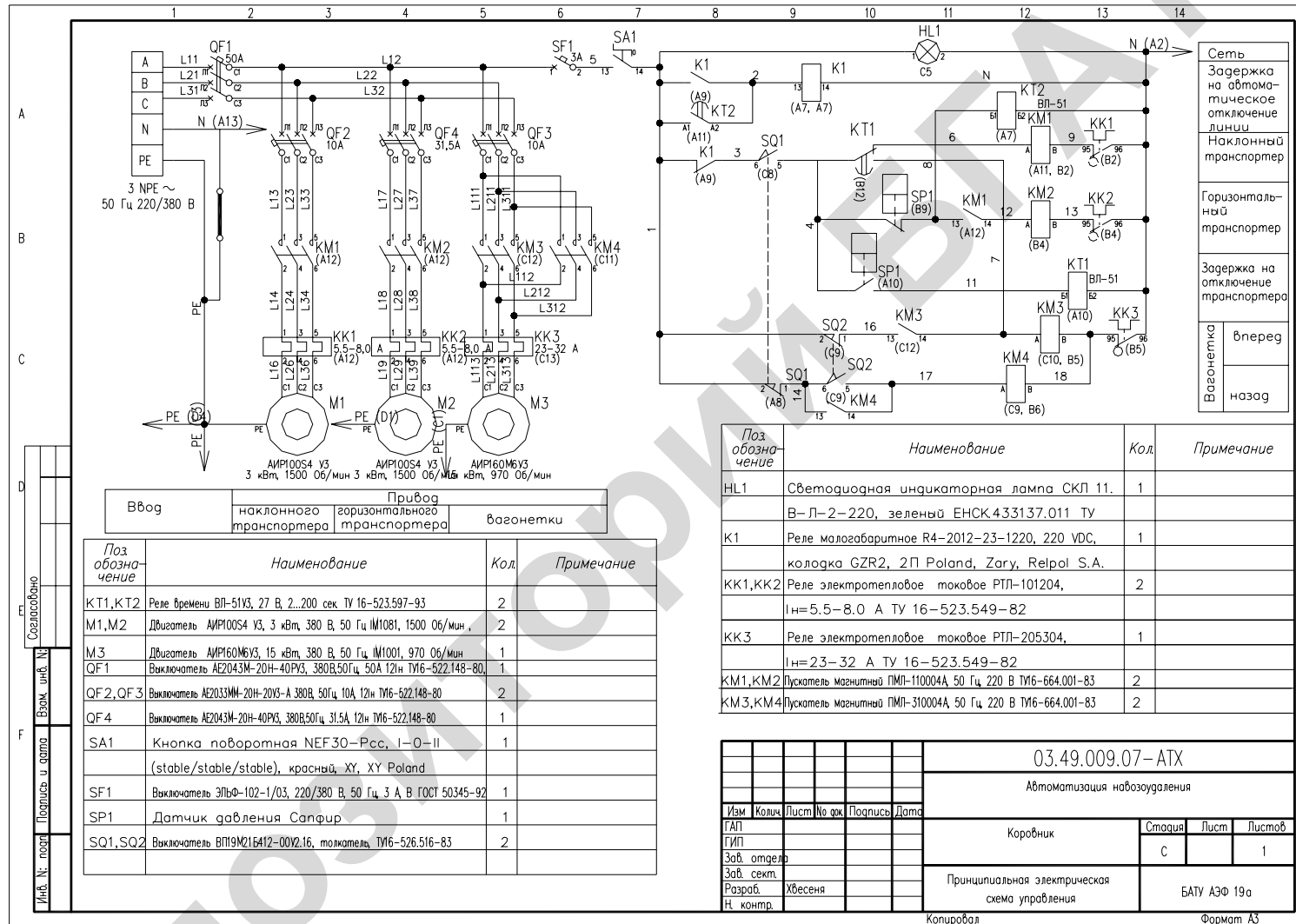


Рисунок П8.10 — Принципиальная электрическая схема управления новозоудалением

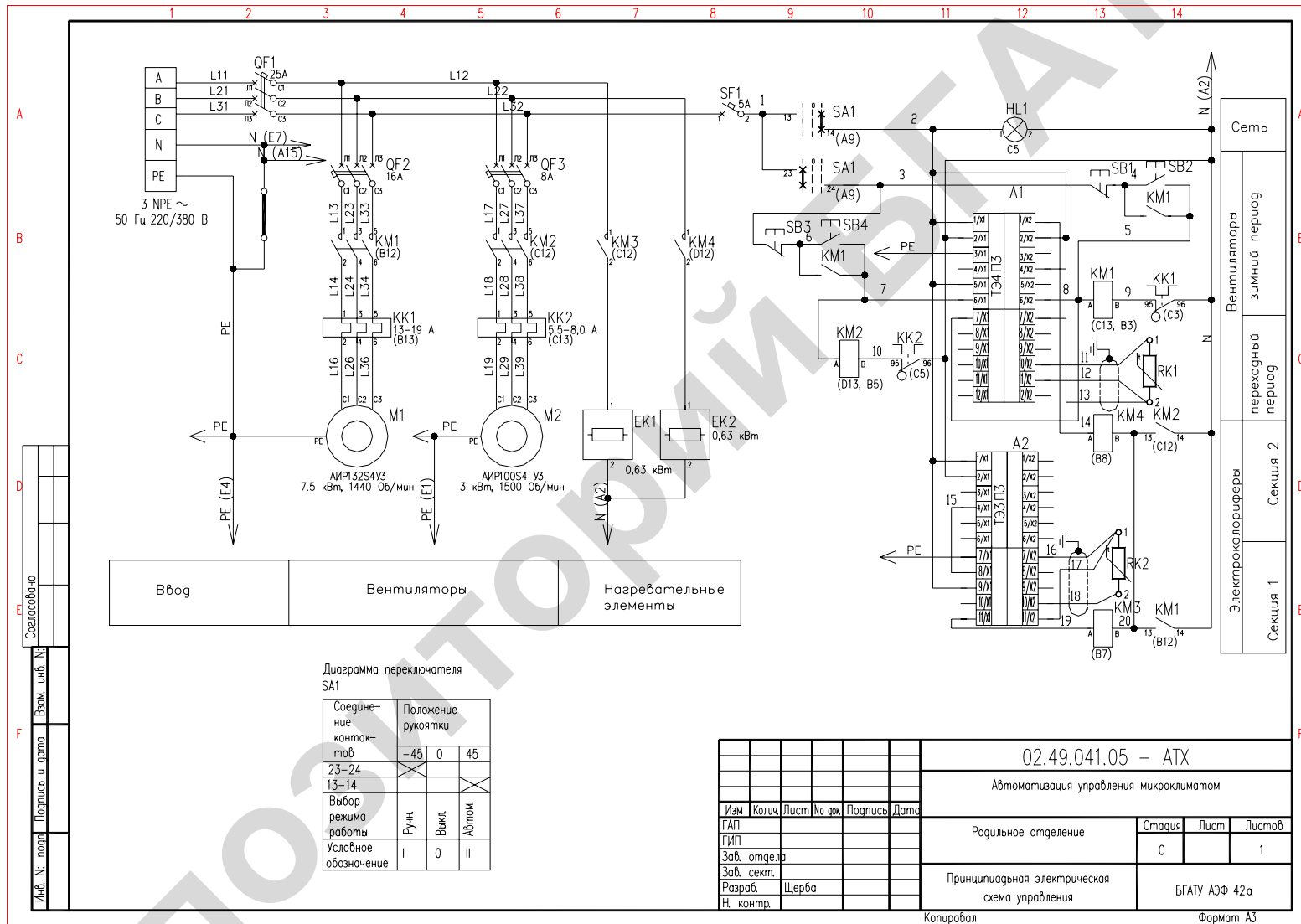


Рисунок П8.11 — Принципиальная электрическая схема управления микроклиматом в животноводческом помещении

| Лист № докум.<br>Изм. | № докум.<br>Изм. | Подр. | Дата | 02.49.041.07 – АТХ                        |      |        |
|-----------------------|------------------|-------|------|---|------|--------|
|                       |                  |       |      | Стр.                                      | Лист | Листов |
| Разраб.               | Щерба            |       |      | С   | 1    | 2      |
| Проб.                 |                  |       |      | Автоматизация<br>управления микроклиматом |      |        |
| Н.контр.              |                  |       |      | БГАТУ АЭФ 42а                             |      |        |
| Итв.                  |                  |       |      | Перечень элементов<br>Копировал Формат А4 |      |        |

| Лист № докум.<br>Изм. | № докум.<br>Изм. | Подр. | Дата | 02.49.041.07 – АТХ                        |      |        |
|-----------------------|------------------|-------|------|---|------|--------|
|                       |                  |       |      | Стр.                                      | Лист | Листов |
| Разраб.               | Щерба            |       |      | С   | 1    | 2      |
| Проб.                 |                  |       |      | Автоматизация<br>управления микроклиматом |      |        |
| Н.контр.              |                  |       |      | БГАТУ АЭФ 42а                             |      |        |
| Итв.                  |                  |       |      | Перечень элементов<br>Копировал Формат А4 |      |        |

| Лист № докум.<br>Изм. | № докум.<br>Изм. | Подр. | Дата | 02.49.041.07 – АТХ                        |      |        |
|-----------------------|------------------|-------|------|---|------|--------|
|                       |                  |       |      | Стр.                                      | Лист | Листов |
| Разраб.               | Щерба            |       |      | С   | 1    | 2      |
| Проб.                 |                  |       |      | Автоматизация<br>управления микроклиматом |      |        |
| Н.контр.              |                  |       |      | БГАТУ АЭФ 42а                             |      |        |
| Итв.                  |                  |       |      | Перечень элементов<br>Копировал Формат А4 |      |        |

| Лист № докум.<br>Изм. | № докум.<br>Изм. | Подр. | Дата | 02.49.041.07 – АТХ                        |      |        |
|-----------------------|------------------|-------|------|---|------|--------|
|                       |                  |       |      | Стр.                                      | Лист | Листов |
| Разраб.               | Щерба            |       |      | С   | 1    | 2      |
| Проб.                 |                  |       |      | Автоматизация<br>управления микроклиматом |      |        |
| Н.контр.              |                  |       |      | БГАТУ АЭФ 42а                             |      |        |
| Итв.                  |                  |       |      | Перечень элементов<br>Копировал Формат А4 |      |        |

| Лист № докум.<br>Изм. | № докум.<br>Изм. | Подр. | Дата | 02.49.041.07 – АТХ                        |      |        |
|-----------------------|------------------|-------|------|---|------|--------|
|                       |                  |       |      | Стр.                                      | Лист | Листов |
| Разраб.               | Щерба            |       |      | С   | 1    | 2      |
| Проб.                 |                  |       |      | Автоматизация<br>управления микроклиматом |      |        |
| Н.контр.              |                  |       |      | БГАТУ АЭФ 42а                             |      |        |
| Итв.                  |                  |       |      | Перечень элементов<br>Копировал Формат А4 |      |        |

| Лист № докум.<br>Изм. | № докум.<br>Изм. | Подр. | Дата | 02.49.041.07 – АТХ                        |      |        |
|-----------------------|------------------|-------|------|---|------|--------|
|                       |                  |       |      | Стр.                                      | Лист | Листов |
| Разраб.               | Щерба            |       |      | С   | 1    | 2      |
| Проб.                 |                  |       |      | Автоматизация<br>управления микроклиматом |      |        |
| Н.контр.              |                  |       |      | БГАТУ АЭФ 42а                             |      |        |
| Итв.                  |                  |       |      | Перечень элементов<br>Копировал Формат А4 |      |        |

| Лист № докум.<br>Изм. | № докум.<br>Изм. | Подр. | Дата | 02.49.041.07 – АТХ                        |      |        |
|-----------------------|------------------|-------|------|---|------|--------|
|                       |                  |       |      | Стр.                                      | Лист | Листов |
| Разраб.               | Щерба            |       |      | С   | 1    | 2      |
| Проб.                 |                  |       |      | Автоматизация<br>управления микроклиматом |      |        |
| Н.контр.              |                  |       |      | БГАТУ АЭФ 42а                             |      |        |
| Итв.                  |                  |       |      | Перечень элементов<br>Копировал Формат А4 |      |        |

| Лист № докум.<br>Изм. | № докум.<br>Изм. | Подр. | Дата | 02.49.041.07 – АТХ                        |      |        |
|-----------------------|------------------|-------|------|---|------|--------|
|                       |                  |       |      | Стр.                                      | Лист | Листов |
| Разраб.               | Щерба            |       |      | С   | 1    | 2      |
| Проб.                 |                  |       |      | Автоматизация<br>управления микроклиматом |      |        |
| Н.контр.              |                  |       |      | БГАТУ АЭФ 42а                             |      |        |
| Итв.                  |                  |       |      | Перечень элементов<br>Копировал Формат А4 |      |        |

Рисунок П8.12 — Перечень элементов к принципиальной схеме управления микроклиматом в животноводческом помещении

Приложение 9

Таблица П9.1 — Варианты заданий к теме 6

| №  | Функция                                 | №  | Функция   |
|----|---|----|---|
| 1  | $(a + b) \bullet \bar{c}$               | 15 | $a \bullet b + x \bullet \bar{e}$               |
| 2  | $(a + b) \bullet c$                     | 16 | $(a + b) \bullet \bar{d} + y$                   |
| 3  | $a \bullet b + c$                       | 17 | $(\bar{a} + b) \bullet \bar{d} + y$             |
| 4  | $a \bullet b + \bar{c}$                 | 18 | $(\bar{a} + \bar{b}) \bullet \bar{d} + y$       |
| 5  | $(a + x) \bullet \bar{c}$               | 19 | $(\bar{a} + \bar{b}) \bullet \bar{d} + \bar{y}$ |
| 6  | $(a + x) \bullet c$                     | 20 | $a\bar{b} + x\bar{e}$                           |
| 7  | $a \bullet b + d \bullet e$             | 21 | $a\bar{b} + xe$                                 |
| 8  | $a \bullet \bar{b} + d \bullet e$       | 22 | $ab + x\bar{e}$                                 |
| 9  | $\bar{a} \bullet \bar{b} + d \bullet e$ | 23 | $(a + \bar{b}) \bullet c$                       |
| 10 | $a \bullet b + \bar{d} \bullet \bar{e}$ | 24 | $(\bar{a} + b) \bullet \bar{c}$                 |
| 11 | $a \bullet b + x \bullet e$             | 25 | $(a + \bar{b}) \bullet \bar{c}$                 |
| 12 | $\bar{a} \bullet b + x \bullet e$       | 26 | $(\bar{a} + \bar{b}) \bullet \bar{c}$           |
| 13 | $a \bullet \bar{b} + x \bullet e$       | 27 | $(\bar{a} + \bar{b}) \bullet c$                 |
| 14 | $\bar{a} \bullet \bar{b} + x \bullet e$ | 28 | $(\bar{a} + b) \bullet c$                       |



## Приложение 10

### Справочные данные по интегральным микросхемам серии 155, К155, КМ155

Тип логики: ТТЛ.

Состав серии:

- 1) 155 ЛА1, К155 ЛА1, КМ155 ЛА1 — 2 элемента 4И-НЕ;
- 2) 155 ЛА2, К155 ЛА2, КМ155 ЛА2 — элемент 8И-НЕ;
- 3) 155 ЛА3, К155 ЛА3, КМ155 ЛА3 — 4 элемента 2И-НЕ;
- 4) 155 ЛА4, К155 ЛА4, КМ155 ЛА4 — 3 элемента 3И-НЕ;
- 5) 155 ЛА6, К155 ЛА6, КМ155 ЛА6 — 2 элемента 4И-НЕ с большим коэффициентом разветвления;
- 6) 155 ЛА7, К155 ЛА7, КМ155 ЛА7 — 2 элемента 4И-НЕ с открытым коллекторным выходом;
- 7) 155 ЛА8, К155 ЛА8, КМ155 ЛА8 — 4 элемента 2И-НЕ с открытым коллекторным выходом;
- 8) 155 ЛД1, К155 ЛД1, КМ155 ЛД1 — 2 четырехвыходовых расширителя по ИЛИ;
- 9) 155 ЛД3, К155 ЛД3, КМ155 ЛД3 — восьмивходовых расширители по ИЛИ;
- 10) К155 ЛИ1 — 4 элемента 2И;
- 11) К155 ЛН1 — 6 элементов НЕ;
- 12) К155 ЛП5, КМ155 ЛП5 — 4 двухвыходовых элемента «исключающее ИЛИ»;
- 13) К155 ЛП7 — 2 элемента 2И-НЕ с общим входом и двумя мощными транзисторами;
- 14) К155 ЛН2 — 6 элементов НЕ с открытым коллекторным выходом;
- 15) К155 ЛЛ1 — 4 элемента 2ИЛИ;
- 16) К155 ЛА11 — 4 высоковольтных элемента 2И-НЕ с открытым коллектором;

17) К155 ЛА12 — 4 элемента 2И-НЕ с высокой нагрузочной способностью;

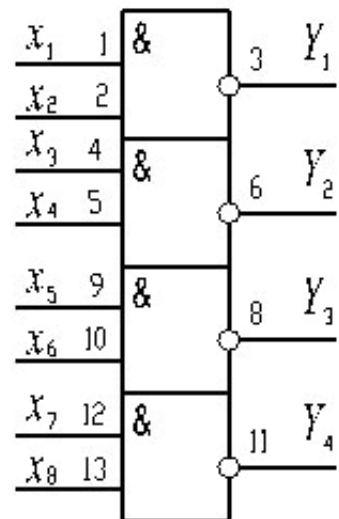
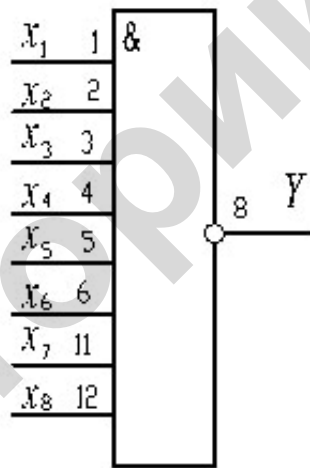
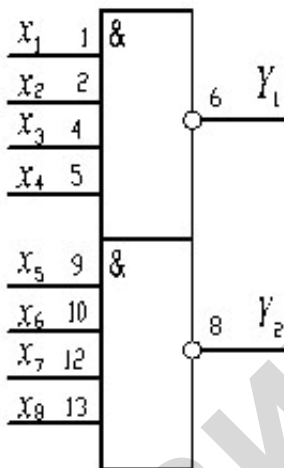
18) К155 ЛЕ1 — 4 элемента 2ИЛИ-НЕ;

19) К155 ЛА10, КМ155 ЛА10 — 3 элемента 2И-НЕ.

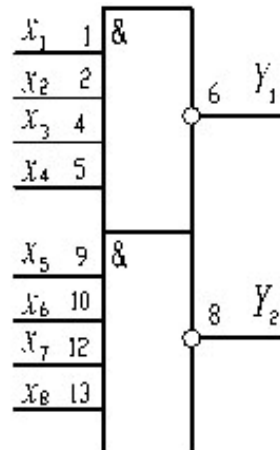
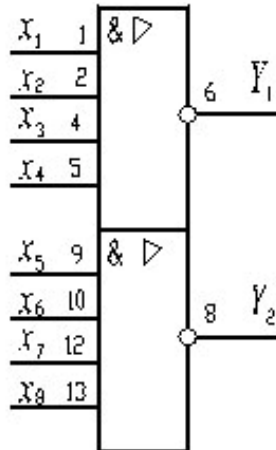
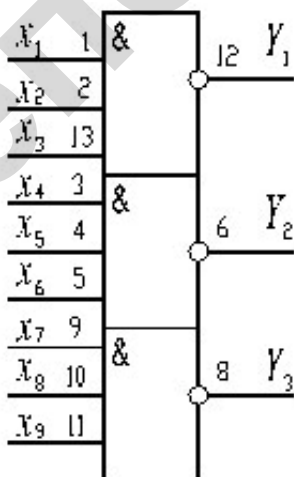
### Расположение выводов микросхем

Общий вывод всех микросхем — 7;  $+U_{\text{пит}}$  — 14; напряжение питания всех микросхем  $U_{\text{и.п.}} = 5 \text{ В}$ , выходное напряжение, соответствующее логической единице,  $U_{\text{вых}} = 2,4 \text{ В}$ , соответствующее логическому нулю,  $U_{\text{вых}} = 0,4 \text{ В}$ .

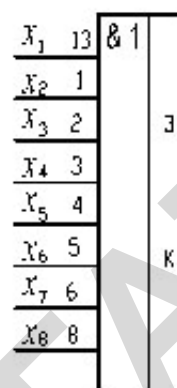
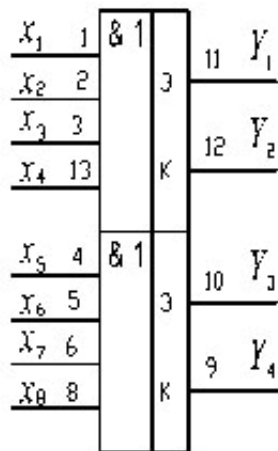
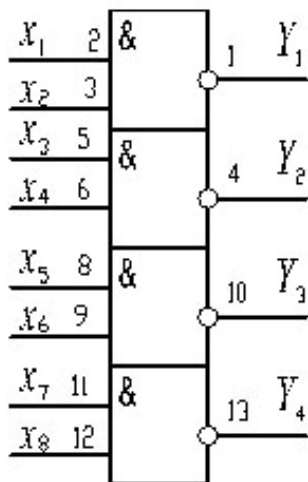
155 ЛА1, К155 ЛА1, 155 ЛА2, К155 ЛА2, 155 ЛА3, К155 ЛА3, КМ155 ЛА1, КМ155 ЛА2, КМ155 ЛА3



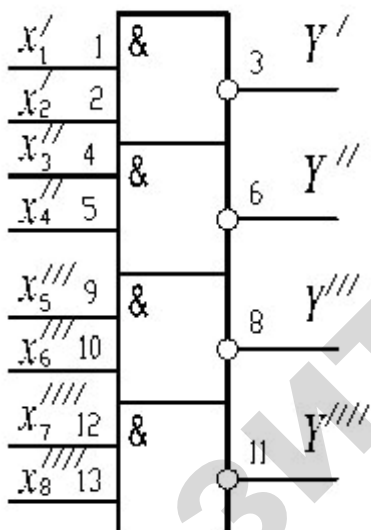
155 ЛА4, К155 ЛА4, 155 ЛА6, К155 ЛА6, 155 ЛА7, К155 ЛА7, КМ155 ЛА4, КМ155 ЛА6, КМ155 ЛА7



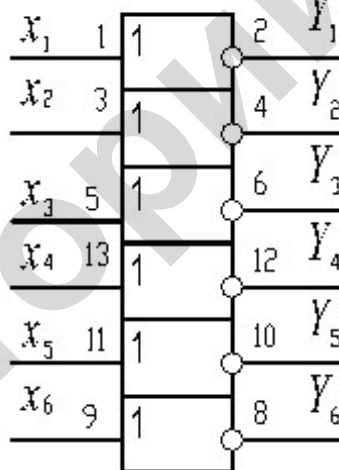
155 ЛА8, К155 ЛА8, 155 ЛД1, К155 ЛД1, 155 ЛД3, К155 ЛД3, КМ155 ЛА8



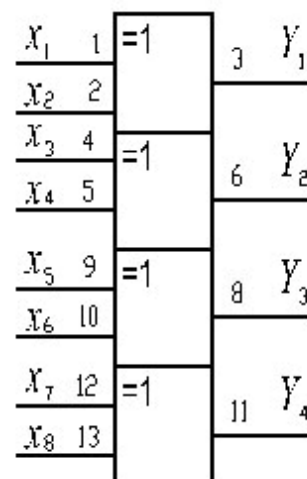
К155 ЛИ1



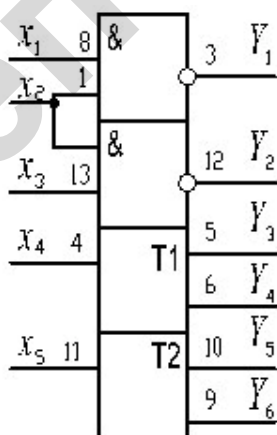
К155 ЛН1



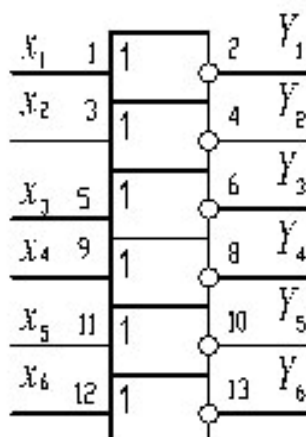
К155 ЛП5, КМ155 ЛП5



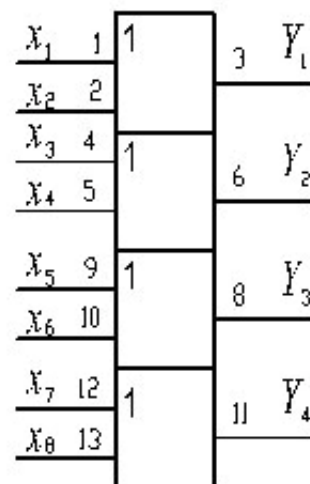
К155 ЛП7



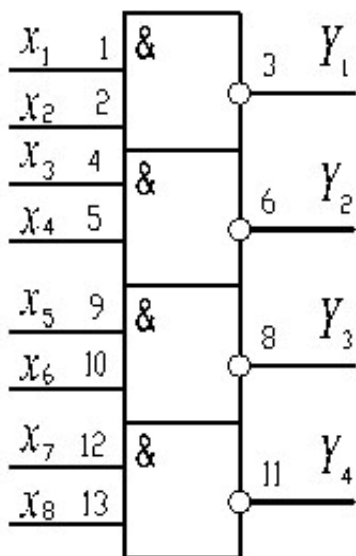
К155 ЛН2



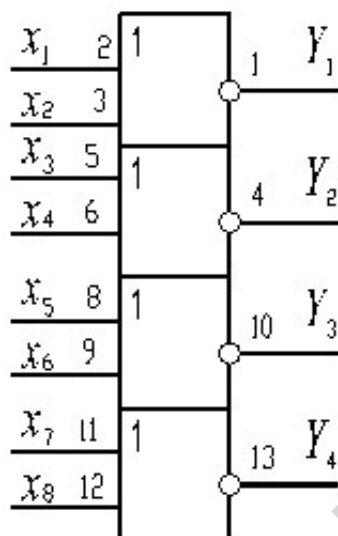
К155 ЛЛ1



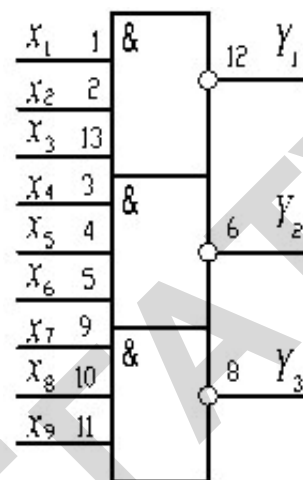
К155 ЛА11, К155  
ЛА12



К155 ЛЕ1



К155 ЛА10, КМ155  
ЛА10



## Приложение 11

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 П11.1 находят приборы, между которыми рассчитываются расстояния и номера групп.

В таблице П11.2 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 производится 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 П11.2, соответственно справа и слева следует прибавить сумму размеров «В» сочетаемых приборов из таблицы. П11.1 (графа 5);

- между горизонтальными осями — к размеру, указанному в таблице П11.2, соответственно сверху или снизу, следует прибавить сумму размеров «Н» сочетаемых приборов из таблицы П11.1 (графа 6).

Рекомендуемые минимальные размеры от края щита до оси крайнего прибора приведены в таблице П11.1 (графа 4).

При расположении круглых приборов в шахматном порядке расстояние между горизонтальными осями следует принимать 0,8 расстояния между вертикальными осями, определенного по таблицам П11.1 и П11.2.

В том случае, 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 П11.2. Таковыми случаями могут быть сочетание крупногабаритных приборов с малогабаритными, что увеличивает жесткость панели и т. д.

Таблица П11.1 — 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  |                                |
| Приборы вторичные 421700                             |         |        |   |                              |     |                            |      |     |     |                                |
| Приборы вторичные для измерения и записи температуры |         |        |   |                              |     |                            |      |     |     |                                |
| Логометры  | Ш 69000 | 14     | 180                                     | 100                          | 50  | 110                        | 110  | 60  | 50  | ТМ4-612-81                     |
|  | Ш 69001 | 2      | 140                                     | 50                           | 50  | 70                         | 70   | 70  | 70  | ТМ4-613-81                     |
|  | Ш 69002 |        |   |                              |     |                            |      |     |     |                                |
|  | Ш 69006 | 14     | 180                                     | 100                          | 50  | 110                        | 110  | 50  | 60  | ТМ4-512-81                     |
|  | Л-64И   | 14     | 180                                     | 100                          | 50  | 110                        | 110  | 50  | 50  | ТМ4-615-81                     |
| Милливольтметры                                      | 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  | 10  | 100 | ТМ4-618-81                     |
|  | КСУ2    | 8      | 230                                     | 120                          | 160 | 140                        | 140  | 16  | 160 | ТМ4-619-81                     |
|  | КСУ4    |        | 300                                     | 200                          | 200 | 210                        | 210  | 20  | 200 | ТМ4-620-81                     |
| Потенциометры  | 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                     |
|  | КСП3-П  | 7      | 240                                     | 160                          | 160 | 170                        | 200  | 160 | 160 | ТМ4-636-81                     |
|  | КСП3-ПИ |        |   |                              |     |                            |      |     |     |                                |
|  | КСП3-С  |        |   |                              |     |                            |      |     |     |                                |
|  | КСП3-У  |        |   |                              |     |                            |      |     |     |                                |
|  | КСП-УИ  | 8      | 300                                     | 200                          | 200 | 200                        | 230  | 200 | 200 | ТМ4-620-81                     |
|  | КСП-4   |        |   |                              |     |                            |      |     |     |                                |
|  | КВП1    |        |   |                              |     |                            |      |     |     |                                |
|  | КВП1-И  | 6      | 220                                     | 120                          | 80  | 160                        | 145  | 80  | 80  | ТМ4-659-81                     |
| КСП3-ПИ  |         |        |   |                              |     |                            |      |     |     |                                |

Продолжение таблицы П11.1

| 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  |                                |
| Потенциометры  | Модели 1030, 1031, 2030, 2031.        | 7      | 240                                     | 160   | 190 | 170  | 200 | 220 | 160 | ТМ4-636-81                     |
|  | КПП1                                  | 7      | 180                                     | 80  | 100 | 110  | 110 | 100 | 100 | ТМ4-617-81                     |
| Приборы регулирующие, блоки и элементы функциональных приборов регулирующих, регуляторы, работающие без постороннего источника энергии 421800. Регулирующие устройства |                                       |        |   |   |     |  |     |     |     |                                |
| 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 температуры   | РТ-2А, РТ-2Б (во встраиваемом кожухе) | 6      | 140                                     | 60  | 80  | 60   | 60  | 110 | 80  |                                |
|  | РРТ (во встраиваемом кожухе)          | 6      | 140                                     | 60  | 80  | 60   | 60  | 110 | 80  |                                |



Продолжение таблицы 11.1

| 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 |                                |     |
| Аппараты электрические на напряжение до 1000 В<br>342000 |          |        |   |                              |    |                            |    |             |    |                                |     |
| Переключатели типа «Гумблер»                             | 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    |        |   |                              |    |                            |    |             |    |                                |     |
|  | ТВ2-1-2  |        |   |                              |    |                            |    |             |    |                                |     |
| ТП1-2  | 60       | 8      | 8                                       | 15                           | 15 | 15                         | 15 | TM4-1214-73 |    |                                |     |
| Выключатели (переключатели)                              | ПВ2-10   | 13     | 90                                      | 25                           | 25 | 50                         | 50 | 50          | 50 | TM4-1223-75                    |     |
|  | ПВ3-10   |        |   |                              |    |                            |    |             |    |                                |     |
|  | ПП2-10   |        |   |                              |    |                            |    |             |    |                                |     |
|  | ПП3-10   |        |   |                              |    |                            |    |             |    |                                |     |
|  | ПВ2-25   |        |   |                              |    |                            |    |             |    |                                | 100 |
| 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                    |     |

Продолжение таблицы П11.1

| Наименование прибора                       | Тип                               | Группа | Размеры от края шита до оси прибора, мм | Размер прибора по фланцу, мм |    | Размеры монтажной зоны, мм |     |     |     | Обозначение монтажного чертежа |
|--|-----------------------------------|--------|---|------------------------------|----|----------------------------|-----|-----|-----|--------------------------------|
|  |                                   |        |   | В                            | Н  | В1                         | В2  | Н1  | Н2  |                                |
| Переключатель шестипакетный малогабаритный | ПМО                               | 15     | 120                                     | 35                           | 36 | 75                         | 75  | 75  | 75  | ТМ4-1206-73                    |
| Универсальный переключатель                | УП5300 (с числом секций до 10)    | 15     | 120                                     | 34                           | 35 | 70                         | 70  | 70  | 70  | ТМ4-1215-73                    |
|  | УП5300 (с числом секций 10,17,16) | 16     |   |                              |    |                            |     |     |     |                                |
| Прерыватель импульсный ступенчатый         | СИП-01УМ                          | 5      | 140                                     | 65                           | 83 | 100                        | 100 | 100 | 100 | ТМ4-916-80                     |
| Арматура сигнальная<br>34 6000             |                                   |        |   |                              |    |                            |     |     |     |                                |
| Арматура сигнальная                        | АС-220                            | 3      | 80                                      | 19                           | 19 | 25                         | 25  | 25  | 25  | ТМ4-1117-73                    |
|  | АС-53                             |        | 70                                      | 19                           | 34 | 20                         | 20  | 20  | 55  | ТМ4-1131-75                    |
|  | АЕ                                |        | 70                                      | 19                           | 19 | 19                         | 19  | 19  | 19  | ТМ4-1133-75                    |
|  | АМЕ                               |        | 60                                      | 14                           | 14 | 14                         | 14  | 14  | 14  | ТМ4-1132-76                    |
|  | АС                                | 3      |   |                              |    |                            |     |     |     |                                |

Окончание таблицы П11.1

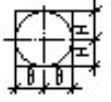
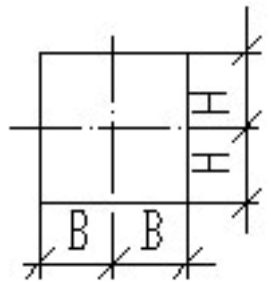
| Наименование прибора | Тип         | Группа | Размеры от края щита до осиприбора, мм | Размер прибора по фланцу, мм  |    | Размеры монтажной зоны, мм   |    |    |    | Обозначение монтажного чертежа |
|----------------------|-------------|--------|--|---|----|--|----|----|----|--------------------------------|
|                      |             |        |  |  |    |  |    |    |    |                                |
|                      |             |        |  | В   | Н  | В1   | В2 | Н1 | Н2 |                                |
|                      | Габарит 01  |        | 60                                     | 10  | 10 | 10   | 10 | 10 | 10 |                                |
|                      | Габарит 02  |        | 70                                     | 19  | 19 | 19   | 19 | 19 | 19 |                                |
|                      | Габарит 03  |        | 80                                     | 27  | 27 | 27   | 27 | 27 | 27 |                                |
|                      | Габарит 04  |        | 60                                     | 14  | 14 | 14   | 14 | 14 | 14 |                                |
|                      | Габарит 05  |        | 70                                     | 23  | 14 | 23   | 23 | 14 | 14 |                                |
|                      | Габарит 06  |        | 70                                     | 23  | 23 | 23   | 23 | 23 | 23 |                                |
|                      | Габарит 07  |        | 70                                     | 23  | 30 | 23   | 23 | 30 | 30 |                                |
|                      | Габарит 08  |        | 70                                     | 23  | 38 | 23   | 23 | 38 | 38 |                                |
|                      | Габарит 09  |        | 100                                    | 53  | 23 | 53   | 53 | 23 | 23 |                                |
|                      | Габарит 010 |        | 80                                     | 35  | 35 | 35   | 35 | 35 | 35 |                                |
|                      | Габарит 011 |        | 110                                    | 110   | 63 | 35   | 63 | 35 | 35 |                                |
| Табло световое       | ТСБ/2       | 1      | 100                                    | 55  | 23 | 55   | 55 | 23 | 23 | ТМ4-1124-73                    |
|                      | ТСМ         | 1      | 80                                     | 28  | 23 | 28   | 28 | 23 | 23 | ТМ4-1123-73                    |

Таблица П11.2 — 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 | —  | — | — | — | — | — | — | — | — |    |

Продолжение таблицы П11.2

|  |    | Группы приборов, до которых ведется расчет |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |    |
|--|----|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----|
|  |    | 11   | 12                       | 13                       | 14                       | 15                       | 16                       | 17                       | 18                       | 19                       | 20                       |    |
| Группы приборов, от которых ведется расчет | 1  | <input type="checkbox"/>                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |    |
|  | 2  | <input type="checkbox"/>                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |    |
|  | 3  | <input type="checkbox"/>                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | $120 \frac{100}{50} 120$ |    |
|  | 4  | <input type="checkbox"/>                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |    |
|  | 5  | <input type="checkbox"/>                   | <input type="checkbox"/> | $40 \frac{40}{40}$       | $40 \frac{40}{40}$       | $40 \frac{130}{40}$      | $40 \frac{40}{40}$       | $40 \frac{300}{40}$      | $40 \frac{40}{40}$       | $30 \frac{30}{30}$       | $30 \frac{60}{60}$       | 60 |
|  | 6  | <input type="checkbox"/>                   | <input type="checkbox"/> | $100 \frac{100}{40}$     | <input type="checkbox"/> | $40 \frac{40}{40}$       | <input type="checkbox"/> | $40 \frac{40}{40}$       | <input type="checkbox"/> | $30 \frac{30}{30}$       | <input type="checkbox"/> | 60 |
|  | 7  | <input type="checkbox"/>                   | <input type="checkbox"/> | $40 \frac{40}{40}$       | $40 \frac{40}{40}$       | $40 \frac{130}{40}$      | $40 \frac{40}{40}$       | $40 \frac{300}{40}$      | $40 \frac{40}{40}$       | $40 \frac{40}{40}$       | $40 \frac{60}{60}$       | 60 |
|  | 8  | <input type="checkbox"/>                   | <input type="checkbox"/> | $100 \frac{100}{40}$     | <input type="checkbox"/> | $40 \frac{40}{40}$       | <input type="checkbox"/> | $40 \frac{40}{40}$       | <input type="checkbox"/> | $40 \frac{40}{40}$       | <input type="checkbox"/> | 60 |
|  | 9  | <input type="checkbox"/>                   | <input type="checkbox"/> | $40 \frac{40}{40}$       | $40 \frac{40}{40}$       | $40 \frac{130}{40}$      | $40 \frac{40}{40}$       | $40 \frac{300}{40}$      | $40 \frac{40}{40}$       | $40 \frac{40}{40}$       | $40 \frac{50}{50}$       | 50 |
|  | 10 | <input type="checkbox"/>                   | <input type="checkbox"/> | $100 \frac{100}{40}$     | <input type="checkbox"/> | $40 \frac{40}{40}$       | <input type="checkbox"/> | $40 \frac{40}{40}$       | <input type="checkbox"/> | $40 \frac{40}{40}$       | <input type="checkbox"/> | 50 |



## **Монтажные зоны аппаратов, устанавливаемых в щитах и в статорах по ОСТ 36.13–90**

На рисунке П11.1 показаны варианты установки электроаппаратуры. Монтажная зона аппарата, способ установки, количество однотипных аппаратов, устанавливаемых в одном ряду, даны в таблице П11.3 и определяются ТМЗ-13-90.

На рисунке П11.2 показаны варианты установки приборов сигнальных. Монтажная зона аппарата, способ установки даны в таблице П11.4 и определяются ТМЗ-15-90.

На рисунке. П11.3 показаны варианты установки блоков зажимов. Монтажная зона аппарата, способ установки, количество однотипных аппаратов, устанавливаемых в одном ряду, даны в таблице П11.5 и определяются ТМЗ-165-90.

На рисунке П11.4 показаны варианты установки предохранителя ПР-2. Монтажная зона аппарата, способ установки, количество однотипных аппаратов, устанавливаемых в одном ряду, даны в таблице П11.6 и определяются ТМЗ-155-90.

На рисунке П11.5 и П11.6 показаны варианты установки вспомогательной аппаратуры. Монтажная зона аппарата, способ установки, количество однотипных аппаратов, устанавливаемых в одном ряду, даны в таблице П11.7 и определяются ТМЗ-19-90.

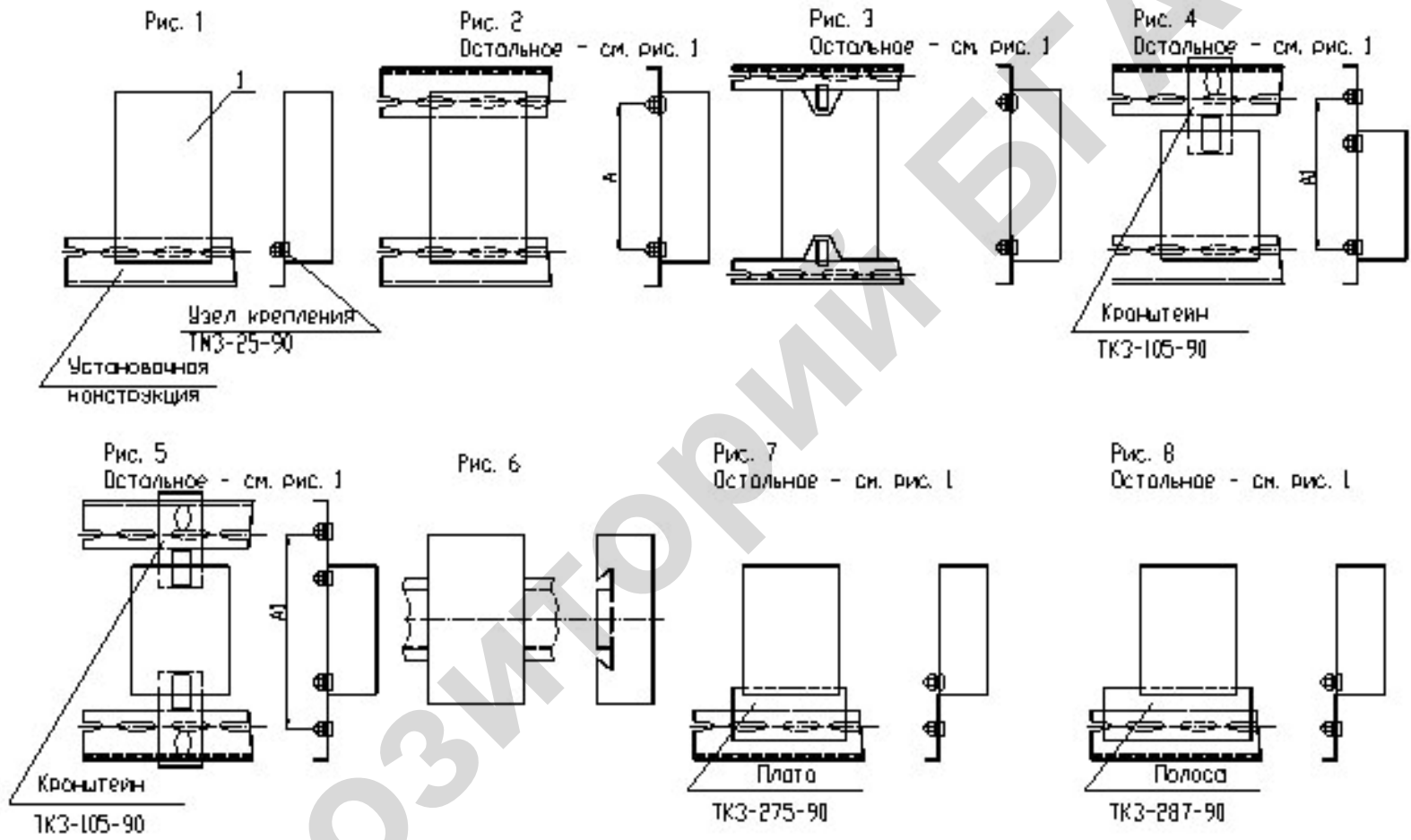
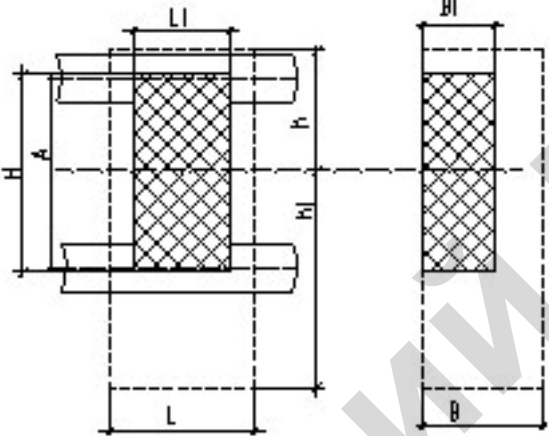


Рисунок П11.1 — Варианты установки электроаппаратуры



Таблица П11.3 Монтажные зоны аппаратов, устанавливаемых в щитах

| Условное наименование |     | Рисунок |                   | Аппарат<br>(поз. 1) | Установочная конструкция | Монтажная зона аппарата,<br>мм   |     | Габаритные и установочные размеры аппарата, мм |     |     |     |      |     |               |     | Максимальное количество однотипных аппаратов в ряду |    |    |    |    |                             |    |                |    |    |
|-----------------------|-----|---------|-------------------|---------------------|--------------------------|--|-----|--|-----|-----|-----|------|-----|---------------|-----|---|----|----|----|----|-----------------------------|----|----------------|----|----|
|                       |     |         |                   |                     |                          |  |     |  |     |     |     |      |     | ЩПМ           |     | ЩП, ЩПК, С, СП                                      |    |    |    |    | Рама поворотная РП для щита |    |                |    |    |
|                       |     |         |                   |                     |                          |  |     |  |     |     |     |      |     | Задняя стенка |     | Передняя стенка, стационарная рама                  |    |    |    |    |                             |    | Боковая стенка |    |    |
| Наименование          | Тип | L       | B                 | h                   | h1                       | A1   |     | 400  | 600 | 600 | 800 | 1000 | 600 | 800           | 600 | 800/1000  |    |    |    |    |                             |    |                |    |    |
| 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   |     |  |     |     |     |      |     |               |     |   | -  | -  | -  | -  | -                           | 2  | 4              | 2  | 4  |
| 2                     |     |         |                   | ТКЗ-286-90          |                          |  | 140 | 200  | 155 | 134 | 257 | 74   | 230 | 244           | 287 | 1   | 2  | 3  | 4  | 5  | -                           | -  | -              | -  | -  |
| 3                     | 1   | Реле    | РТТ-11<br>РТТ-111 | ТКЗ-285-90          | 85                       | 75   |     |  |     |     |     |      |     |               |     |   | -  | -  | -  | -  | -                           | 4  | 5              | 4  | 5  |
| 4                     |     |         |                   | ТКЗ-286-90          |                          | 60   | 60  | 67   | 56  | 75  | -   | -    | -   | 3             | 5   | 6   | 8  | 10 | -  | -  | -                           | -  | -              | -  | -  |

Продолжение таблицы П11.3

| 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          | Реле | РТТ-21<br>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  | -   | -  | -  | -  |    |
| 7  | 2,4        |      | РТЗ-51<br>переднее<br>присоед.<br>проводов | ТКЗ-285-90 | 105 | 181        | 90  |     | 90  |    | 81 | 152 | 131 | 125 | 139 | 179 | -   | -   | -   | -  | -   | 3  | 5  | 3  | 5  |
| 8  |            |      |  | ТКЗ-286-90 |     |            |     |     |     |    |    |     |     |     |     |     | 2   | 4   | 4   | 6  | 7   | -  | -  | -  | -  |
| 9  | 10         |      | РТЗ-51<br>заднее<br>присоед.<br>проводов   | ТКЗ-285-90 | 105 | 250        | 90  |     | 240 |    | 66 | 152 | 131 | 125 | 139 | 179 | -   | -   | -   | -  | -   | 4  | 6  | -  | -  |
| 10 |            |      |  |            |     | 181        |     |     |     |    |    |     |     |     |     |     | 90  | -   | -   | 4  | 5/6 |    |    |    |    |
| 11 |            |      |  |            |     | ТКЗ-286-90 |     |     |     |    |    |     |     |     |     |     | 250 | 240 | 2   | 4  | 5   |    |    | 7  | 8  |
| 12 | 13         |      | РТ40<br>переднее<br>присоед.<br>проводов   | ТКЗ-285-90 | 140 | 158        | 85  | 145 | 85  |    | 88 | 138 | 158 | 130 | 144 | 184 | -   | -   | -   | -  | -   | 3  | 4  | 3  | 4  |
| 13 |            |      |  | ТКЗ-286-90 |     |            |     |     |     |    |    |     |     |     |     |     | 2   | 3   | 3   | 5  | 6   |    |    |    |    |
| 14 | 5          |      | РТ40<br>заднее при-<br>соед. про-<br>водов | ТКЗ-285-90 | 90  | 240        | 105 |     | 250 |    | 67 | 128 | 80  | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 5  | 7   | -  | -  | -  | -  |
| 15 |            |      |  |            |     | 158        |     |     |     |    |    |     |     |     | 80  | 5   | 7   | 5   | 5/7 |    |     |    |    |    |    |
| 16 |            |      |  |            |     | ТКЗ-286-90 |     |     |     |    |    |     |     |     | 240 | 260 | 2   | 4   | 5   | 7  | 9   | -  | -  | -  | -  |

Продолжение таблицы П11.3

| 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 |   |     |
|----|-----|---------------------------------------|--|---|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|---|-----|
| 17 | 2,4 | Реле                                  | РТ-40/Д РТ-40/Ф РТ-40/Р1 РТ-40/Р5 переднее присоед. проводов | ТКЗ-285-90                              | 250        | 170 | 130 | 190 | 130 |     | 206 | 232 | 170 | 211 | 225 | 265 | -   | -   | -  | -  | -  | 1  | 2  | 1  | 2  |   |     |
| 18 |     |                                       |  | ТКЗ-286-90                              |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1  | 1  | 2  | 2  | 3  | -  | -  | - | -   |
| 19 |     |                                       |  | РТ-40/1Д РТ-40/Ф                        | ТКЗ-285-90 | 230 | 300 | 145 | 190 | 300 | 179 | 218 |     |     |     | 165 | 176 | 219 | -  | -  | -  | -  | -  | 2  | 2  |   |     |
| 20 |     |                                       | РТ-40/Р1 РТ-40/Р5 заднее присоед. проводов                   | ТКЗ-285-90                              |            | 170 |     |     | 120 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    | -  | -  | 2  | 2 |     |
| 21 |     |                                       |  | ТКЗ-286-90                              |            | 300 |     |     | 300 |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   | 2  | 2  | 3  | 4  |    |    | -  | - |     |
| 22 | 1   |                                       | Реле   | РТ-61, РТ-91 переднее присоед. проводов | ТКЗ-285-90 | 300 | 145 | 125 | 95  | 280 | 170 | 145 | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -  | -  | -  | -  | 1  | 2  | 1  | 2 |     |
| 23 |     | ТКЗ-286-90                            |  |   |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1  | 1  | 1  | 2  | 3  | -  | -  | - | -   |
| 24 |     | РТ-81, РТ-91 заднее присоед. проводов |  | ТКЗ-285-90                              | 275        | 180 |     |     | 200 | 245 | 149 |     |     |     |     |     |     | -   | -  | -  | -  | -  | 1  | 2  |    |   |     |
| 25 |     |                                       |  | ТКЗ-285-90                              |            | 145 |     |     | 100 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    | -  | -  | 1 | 1/2 |
| 26 |     |                                       |  | ТКЗ-286-90                              |            | 180 |     |     | 200 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1  | 1  | 2  | 2  | 3  |    |    | - | -   |
| 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  | -  | -  | -  | - |     |

Продолжение таблицы П11.3

| 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 |     |     |     |
|----|-----|---|--|------------|-----|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|------------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| 29 | 3   |   | РВМ12<br>РВМ13<br>заднее при-<br>соед. про-<br>водов     | ТКЗ-125-90 | 170 | 240        | 115 |     | 230 |     | 118 | 147 | 168 | 98  | -          | -          | -   | -   | -  | -  | -  | 2  | 3  | -  | -  |     |     |     |
| 30 |     |   |  |            |     | 168        |     |     |     |     |     |     |     |     |            |            |     |     |    |    |    |    |    |    |    | 90  |     |     |
| 31 |     |   |  |            |     | ТКЗ-128-90 |     |     |     |     |     |     |     |     |            |            |     |     |    |    |    |    |    |    |    | 240 | 230 | 1   |
| 32 | 2,4 |   | РВ100<br>РВ200 пе-<br>реднее при-<br>соед. про-<br>водов | ТКЗ-285-90 | 165 | 137        | 95  | 155 | 95  | 116 | 157 | 137 | 141 | 155 | 195        | -          | -   | -   | -  | -  | -  | 2  | 3  | 2  | 3  |     |     |     |
| 33 |     |   |  |            |     |            |     |     |     |     |     |     |     |     |            | ТКЗ-286-90 | 1   | 3   | 3  | 4  | 5  | -  | -  | -  | -  |     |     |     |
| 34 |     |   | РВ100<br>РВ200 зад-<br>нее присо-<br>ед. прово-<br>дов   | ТКЗ-285-90 | 130 | 260        | 115 |     | 280 |     | 98  | 147 | 98  | 112 | 152        | -          | -   | -   | -  | -  | -  | 3  | 4  |    |    |     |     |     |
| 35 |     |   |  |            |     | 137        |     |     |     |     |     |     |     |     |            | 90         | -   | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 3  | 4   | 3   | 3/4 |
| 36 |     |   |  |            |     | ТКЗ-286-90 |     |     |     |     |     |     |     |     |            | 260        | 280 | 2   | 3  | 4  | 5  | 6  | -  | -  |    |     |     |     |
| 37 | 6   |   | 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 | 80  | 45  | 85  | 125 | 75  | 89  | 129        | 60         | 74  | 114 | -  | -  | -  | -  | -  | 7  | 10 | 7   | 10  |     |
| 40 |     |   |  |            |     |            |     |     |     |     |     |     |     |     |            | ТКЗ-286-90 | 4   | 7   | 8  | 11 | 14 | -  | -  | -  | -  |     |     |     |
| 41 | 2,4 |   | ВС-33-1<br>переходной<br>колодки                         | ТКЗ-285-90 | 60  | 125        | 65  | 125 | 80  | 45  | 85  | 125 | 75  | 89  | 129        | -          | -   | -   | -  | -  | -  | 7  | 10 | 7  | 10 |     |     |     |
| 42 |     |   |  |            |     |            |     |     |     |     |     |     |     |     |            | ТКЗ-286-90 | 4   | 7   | 8  | 11 | 14 | -  | -  | -  | -  |     |     |     |
| 43 |     |   | ВС-43-3  | ТКЗ-285-90 | 110 | 135        | 90  | 140 | 84  | 120 | 135 | 100 | 114 | 154 | -          | -          | -   | -   | -  | -  | 4  | 5  | 4  | 5  |    |     |     |     |
| 44 |     |   |  |            |     |            |     |     |     |     |     |     |     |     | ТКЗ-286-90 | 2          | 4   | 4   | 6  | 8  | -  | -  | -  | -  |    |     |     |     |

Продолжение таблицы П11.3

| 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 |    |   |
|----|-----|------|--------------------|------------|-----|-----|----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 45 | 2,4 | Реле | BC-43-6            | TK3-285-90 | 145 | 135 | 90 | 135 | 80 |    | 120 | 120 | 135 | 100 | 114 | 154 | -   | -  | -  | -  | -  | 3  | 4  | 3  | 4  |    |   |
| 46 |     |      |                    | TK3-286-90 |     |     |    |     |    |    |     |     |     |     |     |     | -   | 2  | 3  | 3  | 4  | 6  | -  | -  | -  | -  |   |
| 47 |     |      | BC-44-1<br>BC-44-2 | TK3-285-90 | 220 | 125 |    |     |    |    |     | 195 | 123 | 125 |     |     |     | -  | -  | -  | -  | -  | 2  | 2  | 2  | 2  |   |
| 48 |     |      |                    | TK3-286-90 |     |     |    |     |    |    |     |     |     |     |     |     |     | 1  | 2  | 2  | 3  | 4  | -  | -  | -  | -  |   |
| 49 | 6   |      | ВЛ-54 ВЛ-55        | TK3-277-90 | 60  |     | 65 | 65  | 65 |    |     | 55  | 75  |     |     |     |     | -  | -  | -  | -  | -  | 6  | 10 | 6  | 10 |   |
| 50 |     |      |                    | TK3-278-90 |     |     |    |     |    |    |     |     |     |     |     |     |     | 4  | 7  | 8  | 11 | 14 | -  | -  | -  | -  |   |
| 51 | 2,4 |      |                    | TK3-285-90 | 75  |     |    |     |    |    |     |     |     |     | 50  | 64  | 104 |    |    |    |    |    |    | 6  | 8  | 6  | 8 |
| 52 |     |      |                    | TK3-286-90 |     |     |    |     |    |    |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| 53 | 2,4 |      | ВЛ-56 ВЛ-57 ВЛ-58  | TK3-285-90 | 140 | 110 | 65 | 125 | 65 |    |     | 120 | 75  | 110 | 65  | 79  | 119 | -  | -  | -  | -  | -  | 3  | 4  | 3  | 4  |   |
| 54 |     |      |                    | TK3-286-90 |     |     |    |     |    |    |     |     |     |     |     |     |     | 2  | 3  | 3  | 5  | 6  | -  | -  | -  | -  |   |
| 55 | 6   |      | ВЛ-59              | TK3-277-90 | 60  | 115 |    | 65  |    |    |     | 55  |     | 115 |     |     |     | -  | -  | -  | -  | -  | 6  | 9  | 6  | 9  |   |
| 56 |     |      |                    | TK3-278-90 |     |     |    |     |    |    |     |     |     |     |     |     |     | 4  | 7  | 8  | 11 | 14 | -  | -  | -  | -  |   |
| 57 | 2,4 |      |                    | TK3-285-90 | 75  |     |    |     |    |    |     |     |     |     | 50  | 64  | 104 |    |    |    |    |    |    | 6  | 8  | 6  | 8 |
| 58 |     |      |                    | TK3-286-90 |     |     |    |     |    |    |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| 59 | 6   |      | ВЛ63 -ВЛ-69        | TK3-277-90 | 50  | 125 |    | 65  |    |    |     | 45  |     | 122 |     |     |     | -  | -  | -  | -  | -  | 7  | 9  | 7  | 9  |   |
| 60 |     |      |                    | TK3-278-90 |     |     |    |     |    |    |     |     |     |     |     |     |     | 5  | 8  | 10 | 14 | 18 | -  | -  | -  | -  |   |



Продолжение таблицы П11.3

| 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  |     |    |   |   |
|-----|-----|------------|--|------------|-----|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|-----|----|-----|----|----|----|----|-----|-----|----|---|---|
| 108 | 6   | Реле       | ПЭ-36  | ТКЗ-277-90 | 40  | 100 | 50  | 50  | 50         | 25  | 65  | 100 | 50  | -  | -   | -  | -   | -   | -  | 10  | 15 | 10 | 15 |    |     |     |    |   |   |
| 109 |     |            |  | ТКЗ-278-90 |     |     |     |     |            |     |     |     |     |    |     |    | 6   | 11  | 13 | 18  | 23 | -  | -  | -  | -   |     |    |   |   |
| 110 | 2,4 |            |  | ТКЗ-285-90 |     |     |     |     |            |     |     |     |     |    | 110 |    | 64  | 104 | -  | -   | -  | -  | -  | 10 | 15  | 10  | 15 |   |   |
| 111 |     |            |  | ТКЗ-286-90 |     |     |     |     |            |     |     |     |     |    |     |    | 6   | 10  | 12 | 16  | 20 | -  | -  | -  | -   |     |    |   |   |
| 112 | 6   |            | ПЭ-37  | ТКЗ-277-90 | 80  | 93  | 60  | 60  | 60         | 34  | 90  | 93  | 80  | -  | -   | -  | -   | -   | -  | 5   | 8  | 5  | 8  |    |     |     |    |   |   |
| 113 |     |            |  | ТКЗ-278-90 |     |     |     |     |            |     |     |     |     |    |     |    |     |     | 3  | 5   | 6  | 8  | 11 | -  | -   | -   | -  |   |   |
| 114 | 2,4 |            |  | ТКЗ-285-90 |     |     |     |     |            |     |     |     |     |    |     |    | 120 |     | 94 | 134 | -  | -  | -  | -  | -   | 5   | 8  | 5 | 8 |
| 115 |     |            |  | ТКЗ-286-90 |     |     |     |     |            |     |     |     |     |    |     |    |     |     | 3  | 6   | 7  | 9  | 11 | -  | -   | -   | -  |   |   |
| 116 | 1   |            | ПЭ-37  | ТКЗ-285-90 | 110 | 93  | 45  | 45  | 90         | 34  | 93  | -   | -   | -  | -   | -  | -   | -   | -  | 4   | 5  | 4  | 5  |    |     |     |    |   |   |
| 117 |     |            |  | ТКЗ-286-90 |     |     |     |     |            |     |     |     |     |    |     |    |     |     |    |     |    |    |    |    |     |     |    |   | 2 |
| 118 | 5   |            | РП 8, РП 9<br>заднее<br>присоед.<br>проводов | ТКЗ-285-90 | 170 | 260 | 125 | 155 | 280        | 310 | 125 | 147 | 170 | 98 | -   | -  | -   | -   | -  | -   | 2  | 3  |    |    |     |     |    |   |   |
| 119 |     |            |  |            |     |     |     |     | 170        | 105 |     |     |     |    |     |    |     |     |    |     |    |    |    |    | 135 | -   | -  | 2 | 3 |
| 120 |     |            |  |            |     |     |     |     | ТКЗ-286-90 | 250 |     |     |     |    |     |    |     |     |    |     |    |    |    |    | 280 | 310 | 1  | 2 | 3 |
| 137 | 6   |            | РЭ16-22-<br>7 РЭ16-<br>40-7                  | ТКЗ-277-90 | 110 | 125 | 50  | 50  | 50         | 95  | 76  | 125 | 50  | -  | -   | -  | -   | -   | -  | 4   | 5  | 4  | 5  |    |     |     |    |   |   |
| 138 |     |            |  | ТКЗ-278-90 |     |     |     |     |            |     |     |     |     |    |     |    |     |     | 2  | 4   | 5  | 7  | 8  | -  | -   | -   | -  |   |   |
| 139 | 2,4 |            |  | ТКЗ-285-90 |     |     |     |     |            |     |     |     |     |    |     |    | 110 |     | 64 | 107 | -  | -  | -  | -  | -   | 4   | 5  | 3 | 5 |
| 140 |     | ТКЗ-286-90 |  |            |     |     |     |     |            |     |     |     |     |    |     |    |     | 2   | 4  | 5   | 7  | 8  | -  | -  | -   | -   |    |   |   |

Продолжение таблицы П11.3

| 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          |     | 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          |     | РП-342 заднее присоед. проводов   | ТКЗ-125-90                      | 170 | 250 | 110 |     | 290 |     | 98   | 147 |     |     |     | 195 | -          | -   | -  | -   | -  | 2   | 3  |    |     |     |   |
| 148 |            |     |   | ТКЗ-128-90                      |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     | 151        | 95  | -  | -   | 2  | 3   |    |    |     |     |   |
| 149 |            |     |   | ТКЗ-128-90                      |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     | 250        | 290 | 1  | 2   | 3  | 4   | 5  | -  | -   | -   | - |
| 150 |            |     |   | РП-342 заднее присоед. проводов |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     | ТКЗ-125-90 | 140 | 11 | 110 |    | 290 |    | 98 | 112 | 152 | - |
| 151 | ТКЗ-128-90 | 250 | 1   | 2                               | 3   | 4   | 5   | -   | -   | -   | 2    | 4   |     |     |     |     |            |     |    |     |    |     |    |    |     |     |   |
| 152 | ТКЗ-128-90 | 11  | 250   | 1                               | 2   | 3   | 4   | 5   | -   | -   | -    | -   | 2   | 4   |     |     |            |     |    |     |    |     |    |    |     |     |   |
| 153 | 1          |     | РПУ81М 100000 заднее присоед. проводов  | ТКЗ-285-90                      | 60  | 120 | 60  | 60  | 130 |     | 37,3 | 70  | 69  | -   | -   | -   | -          | -   | -  | -   | -  | 7   | 10 | -  | -   |     |   |
| 154 |            |     |   | ТКЗ-285-90                      |     | 70  |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     | 55         | -   | -  | 6   | 10 |     |    |    |     |     |   |
| 155 |            |     |   | ТКЗ-286-90                      |     | 120 |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     | 130        | 4   | 7  | 8   | 11 | 14  | -  | -  | -   | -   |   |
| 156 |            |     | РПУ82М 200000 заднее присоед. проводов  | ТКЗ-285-90                      | 125 | 130 |     | 39  | 68  | -   | -    | -   | -   | -   | 7   | 10  |            |     |    |     |    |     |    |    |     |     |   |
| 157 |            |     |   | ТКЗ-285-90                      | 68  |     |     |     |     | 55  | -    | -   | 6   | 10  |     |     |            |     |    |     |    |     |    |    |     |     |   |
| 158 |            |     |   | ТКЗ-286-90                      | 125 |     |     |     |     | 130 | 4    | 7   | 8   | 11  | 14  | -   | -          | -   | -  | 6   | 10 |     |    |    |     |     |   |



Продолжение таблицы П11.3

| 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 |
|-----|-----|-------------------------|-------------------------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 159 | 2,4 | Реле                    | РПУ2М30000              | ТКЗ-285-90 | 110 | 96  | 60  | 120 | 60  | 63 | 85  | 96  | 75  | 89  | 129 | -  | -  | -  | -  | -  | 4  | 6  | 4  | 6  |    |
| 160 |     |                         |                         | ТКЗ-286-90 |     |     |     |     |     |    |     |     |     |     |     | 2  | 4  | 5  | 6  | 8  | -  | -  | -  | -  |    |
| 161 | 1   |                         | РПУ2000003              | ТКЗ-285-90 | 40  | 120 | 80  | 80  | 130 | 38 | 67  | -   | -   | -   | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 11 | 16 |    |    |
| 162 |     |                         |                         |            |     | 67  |     |     | 55  |    |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    | -  | -  | 9  | 16 |
| 163 |     |                         |                         | ТКЗ-286-90 | 120 | 130 | 6   | 11  | 13  | 18 | 23  | -   | -   |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 164 | 2,4 |                         | РПУ2300003              | ТКЗ-285-90 | 75  | 113 | 85  | 145 | 85  | 54 | 113 | 113 | 92  | 106 | 146 | -  | -  | -  | -  | -  | 6  | 8  | 6  | 8  |    |
| 165 |     |                         |                         | ТКЗ-286-90 |     |     |     |     |     |    |     |     |     |     |     | 3  | 6  | 7  | 10 | 12 | -  | -  | -  | -  |    |
| 166 | 2   |                         | РПУ2500003              | ТКЗ-285-90 | 80  | 130 | 100 | 140 | 59  | 90 | 70  | 75  | -   | -   | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 5  | 8  |    |    |
| 167 |     |                         |                         |            |     | 70  |     |     | 75  |    |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    | -  | -  | 4  | 7  |
| 168 |     |                         |                         | ТКЗ-286-90 | 130 | 140 | 3   | 5   | 6   | 9  | 11  | -   | -   |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 184 | 8   |                         | РП-21 без розетки       | ТКЗ-285-90 | 40  | 80  | 50  | 40  | 29  | 34 | 45  | -   | -   | -   | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 11 | 16 | 9  | 16 |
| 185 |     |                         |                         | ТКЗ-286-90 |     |     |     |     | 6   |    |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 186 |     |                         | РП-21 с розеткой типа 1 | ТКЗ-285-90 | 90  | 50  | 35  | 35  | 62  | -  | -   | -   | -   | -   | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 11 | 15 | 9  | 16 |
| 187 |     |                         |                         | ТКЗ-286-90 |     |     |     |     |     |    |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 188 | 6   |                         | РП-21 с розеткой типа 2 | ТКЗ-277-90 | 73  | 60  | 50  | 31  | 72  | 73 | -   | -   | -   | -   | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 11 | 15 | 9  | 16 |
| 189 |     |                         |                         | ТКЗ-278-90 |     |     |     |     |     |    |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 190 | 2,4 | РП-21 с розеткой типа 2 | ТКЗ-285-90              | 60         | 80  | 70  | 135 | 70  | 43  | 80 | 50  | 54  | 104 | -   | -   | -  | -  | -  | -  | 7  | 10 | 7  | 10 |    |    |
| 191 |     |                         | ТКЗ-286-90              |            |     |     |     |     |     |    |     |     |     | 4   | 7   | 8  | 11 | 14 | -  | -  | -  | -  |    |    |    |

Продолжение таблицы П11.3

| 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 |   |    |   |
|-----|------------|-----------------------|----------------------------------|--|------------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|------|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|---|
| 192 | 6          |                       | 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 контактной 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 |            |                       |                                  | Модуль сигнально-блокировочный искробезопасный | 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 | -  | -  | -  | - |    |   |
| 212 | 1          | Устройство сигнальное | ЭС-41 переднее присоед. проводов | ТКЗ-285-90                                     | 155        | 87         | 75  |     | 75  | 136 | 95  | 87  | -  | -   | -    | -  | -   | -  | -  | -  | -  | 2  | 4  | 2  | 4  |   |    |   |
| 213 |            |                       |                                  | ТКЗ-286-90                                     |            |            |     |     |     |     |     |     |    |     |      |    |     |    |    | 1  | 3  | 3  | 4  | 5  | -  | - | -  | - |
| 214 |            |                       |                                  | ЭС-41 заднее присоед. проводов                 | ТКЗ-285-90 | 135        | 130 | 85  |     | 130 | 115 | 85  | 87 | -   | -    | -  | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 3  | 4  | - | -  |   |
| 215 |            |                       |                                  |  |            | 87         |     |     | 60  |     |     |     |    |     |      |    |     |    |    |    |    |    |    |    | -  | - | 3  | 4 |
| 216 |            |                       |                                  |  |            | 130        |     |     | 130 |     |     |     |    |     |      |    |     |    |    |    |    | 2  | 3  | 4  | 5  | 6 |    |   |

Продолжение таблицы П11.3

| 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    | ТКЗ-285-90 | 85  | 140 | 65  | 115 | 65  | 65  | 75  | 122 | 65  | 79  | 119        | -  | -  | -  | -  | -  | 5  | 7  | 5  | 7  |    |
| 222 |                      |           |            | ТКЗ-286-90 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |            | 3  | 5  | 6  | 8  | 11 | -  | -  | -  | -  |    |
| 223 | ПМЕ-012М             |           | ТКЗ-285-90 | 110        | 90  | 150 | 75  | 83  | 117 | 50  | 64  | 104 | -   | -   | -          | -  | -  | 4  | 5  | 4  | 5  |    |    |    |    |
| 224 | ПМЕ-042М<br>ПМЕ-012М |           | ТКЗ-286-90 |            |     |     |     |     |     |     |     |     | 2   | 4   | 4          | 6  | 7  | -  | -  | -  |    |    |    |    |    |
| 225 | ПМЕ-073М             |           | ТКЗ-285-90 | 170        | 140 | 85  | 145 | 85  | 150 | 110 | 122 | 100 | 114 | 154 | -          | -  | -  | -  | -  | 2  | 3  | 2  | 3  |    |    |
| 226 |                      |           | ТКЗ-286-90 |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1          | 2  | 3  | 4  | 5  | -  | -  | -  |    |    |    |
| 227 | ПМЕ-074М             |           | ТКЗ-285-90 | 175        | 95  | 155 | 95  | 155 | 137 | -   | -   | -   | -   | -   | 2          | 3  | 2  | 3  |    |    |    |    |    |    |    |
| 228 |                      |           | ТКЗ-286-90 |            |     |     |     |     |     | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | -          | -  | -  |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 229 | ПМЕ-111              |           | ТКЗ-285-90 | 110        | 101 | 65  | 125 | 65  | 87  | 72  | 86  | 58  | 72  | 112 | -          | -  | -  | -  | -  | 4  | 6  | 4  | 6  |    |    |
| 230 |                      |           | ТКЗ-286-90 |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2          | 4  | 5  | 6  | 8  | -  | -  | -  |    |    |    |
| 231 | ПМЕ-112              |           | ТКЗ-285-90 | 125        | 108 | 105 | 155 | 105 | 102 | 154 | 93  | 58  | 102 | -   | -          | -  | -  | -  | 3  | 5  | 3  | 5  |    |    |    |
| 232 |                      |           | ТКЗ-286-90 |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2   | 3          | 4  | 5  | 7  | -  | -  | -  |    |    |    |    |
| 233 | ПМЕ-113              |           | ТКЗ-285-90 | 120        | 125 | 115 | 165 | 115 | 97  | 180 | 108 | 164 | 178 | 218 | -          | -  | -  | -  | -  | 3  | 5  | 3  | 5  |    |    |
| 234 |                      |           | ТКЗ-286-90 |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2          | 3  | 4  | 6  | 7  | -  | -  | -  |    |    |    |
| 235 | ПМЕ-114              |           | ТКЗ-285-90 | 145        | 205 | 145 | 232 | 158 | 172 | 212 | -   | -   | -   | -   | -          | 3  | 5  | 3  | 5  |    |    |    |    |    |    |
| 236 |                      |           | ТКЗ-286-90 |            |     |     |     |     |     |     | 2   | 3   | 4   | 6   | 7          | -  | -  | -  |    |    |    |    |    |    |    |
| 253 | ПМЛ-1100             |           | ТКЗ-285-90 | 65         | 74  | 70  | 130 | 70  | 44  | 67  | 74  | 50  | 64  | 104 | -          | -  | -  | -  | -  | 7  | 10 | 7  | 10 |    |    |
| 254 |                      |           | ПМЛ-1101   |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | ТКЗ-286-90 | 4  | 7  | 8  | 11 | 14 | -  | -  | -  |    |    |

Продолжение таблицы П11.3

| 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 |    |
|-----|--------------------|------------|-----------|----------------------------|--------------------|------------|-----|-----|-----|-------|-------|-----|-------|-----|-----|------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 255 | 2,4                | Пускатель  | ПМЛ-2100  | ТКЗ-285-90                 | 80                 | 90         | 70  | 130 | 75  | 56    | 77    | 89  | 50    | 64  | 104 | 104        | -   | -  | -  | -  | -  | 5  | 8  | 5  | 8  |    |
| 256 |                    |            |           | ПМЛ-2101                   |                    |            |     |     |     |       |       |     |       |     |     | ТКЗ-286-90 | 3   | 5  | 6  | 9  | 11 | -  | -  | -  | -  |    |
| 257 |                    |            | ПМЛ-3100  | ТКЗ-285-90                 | 90                 | 110        | 95  | 155 | 95  | 75    | 126   | 107 | 100   | 114 | 154 | -          | -   | -  | -  | -  | 5  | 7  | 5  | 7  |    |    |
| 258 |                    |            |           | ПМЛ-4100                   |                    |            |     |     |     |       |       |     |       |     |     | ТКЗ-286-90 | 3   | 5  | 6  | 8  | 10 | -  | -  | -  | -  |    |
| 259 |                    |            | ПЛМ-1501  | ТКЗ-285-90                 | 125                | 104        | 70  | 130 | 70  | 103   | 73    | 104 | 50    | 64  | 104 | -          | -   | -  | -  | -  | 3  | 5  | 3  | 5  |    |    |
| 260 |                    |            |           | ТКЗ-286-90                 |                    |            |     |     |     |       |       |     |       |     |     | 2          | 3   | 4  | 5  | 7  | -  | -  | -  | -  |    |    |
| 261 |                    |            | ПЛМ-2501  | ТКЗ-285-90                 | 155                | 115        | 80  | 140 | 80  | 128,5 | 88    | 115 | 75    | 89  | 129 | -          | -   | -  | -  | -  | 3  | 4  | 3  | 4  |    |    |
| 262 |                    |            |           | ТКЗ-286-90                 |                    |            |     |     |     |       |       |     |       |     |     | 1          | 3   | 3  | 4  | 6  | -  | -  | -  | -  |    |    |
| 263 |                    |            | ПЛМ-3500  | ТКЗ-285-90                 | 190                | 137        | 95  | 155 | 95  | 165   | 126   | 137 | 100   | 114 | 154 | -          | -   | -  | -  | -  | 2  | 3  | 2  | 3  |    |    |
| 264 |                    |            |           | ПЛМ-4500                   |                    |            |     |     |     |       |       |     |       |     |     | ТКЗ-286-90 | 1   | 2  | 3  | 4  | 5  | -  | -  | -  | -  |    |
| 265 |                    |            | ПЛМ-3102  | ТКЗ-285-90                 | 110                | 118        | 75  | 135 | 75  | 88    | 102   | 118 | 75    | 89  | 129 | -          | -   | -  | -  | -  | 4  | 5  | 4  | 5  |    |    |
| 266 |                    |            |           | ТКЗ-286-90                 |                    |            |     |     |     |       |       |     |       |     |     | 2          | 4   | 5  | 6  | 8  | -  | -  | -  | -  |    |    |
| 267 |                    |            | ПЛМ-32020 | ТКЗ-285-90                 | 115                | 118        | 75  | 135 | 75  | 88    | 102   | 118 | 75    | 89  | 129 | -          | -   | -  | -  | -  | 4  | 5  | 4  | 5  |    |    |
| 268 |                    |            |           | ТКЗ-286-90                 |                    |            |     |     |     |       |       |     |       |     |     | 2          | 4   | 5  | 6  | 8  | -  | -  | -  | -  |    |    |
| 269 |                    |            | 2,4       | Выключатель автоматический | АК-63 однополюсный | ТКЗ-285-90 | 55  | 119 | 100 | 160   | 100   | 35  | 143,5 | 119 | 110 | 124        | 164 | -  | -  | -  | -  | -  | 7  | 11 | 7  | 11 |
| 270 |                    |            |           |                            |                    | ТКЗ-286-90 |     |     |     |       |       |     |       |     |     |            |     | 4  | 7  | 9  | 12 | 16 | -  | -  | -  | -  |
| 271 | АК-63 двухполюсной | ТКЗ-285-90 |           |                            | 70                 | 119        | 100 | 160 | 100 | 35    | 143,5 | 119 | 110   | 124 | 164 | -          | -   | -  | -  | -  | 6  | 9  | 6  | 9  |    |    |
| 272 |                    | ТКЗ-286-90 |           |                            |                    |            |     |     |     |       |       |     |       |     |     | 3          | 6   | 7  | 10 | 13 | -  | -  | -  | -  |    |    |



Таблица П11.4 — Монтажные зоны приборов сигнальных

| Условное наименование | Поз. 1<br>Прибор сигнальный |  | Установочная конструкция | Монтажная зона прибора, мм |     |     | Габаритные и установочные размеры прибора, мм |     |     |     |
|-----------------------|-----------------------------|--|--------------------------|----------------------------|-----|-----|---|-----|-----|-----|
|                       | Наименование                | Тип  |                          | L1                         | h   | h1  | L   | H   | B   | A   |
| 1                     | Звонок переменного тока     | ЗВП-24                                       | ТКЗ-285-90               | 160                        | 155 | 175 | 141   | 285 | 87  | 146 |
| 2                     |                             | ЗВП-127<br>ЗВП-220                           | ТКЗ-286-90               |                            |     |     |   |     |     |     |
| 3                     | Ревун                       | РВ-I-24Г,                                    | ТКЗ-285-90               | 140                        | 70  | 70  | 102   | 112 | 57  | 75  |
| 4                     |                             | РВ-II-24,<br>РВ-II-127,<br>РВ-II-220         | ТКЗ-286-90               |                            |     |     |   |     |     |     |
| 5                     |                             | РВП-24,<br>РВП-127,<br>РВП-220,<br>РБФ24-64А | ТКЗ-285-90               | 340                        | 100 | 150 | 169,5   | 195 | 127 | 124 |
| 6                     | ТКЗ-286-90                  |  |                          |                            |     |     |   |     |     |     |
| 7                     | Звонок-ревун                | ЗВРП-24,                                     | ТКЗ-285-90               | 350                        | 175 | 190 | 195   | 310 | 160 | 172 |
| 8                     |                             | ЗВРП-127,<br>ЗВРФ-24Г,<br>ЗВРП-220           | ТКЗ-286-90               |                            |     |     |   |     |     |     |
| 9                     | Звонок громкого боя         | МЗ-1   | ТКЗ-285-90               | 400                        | 170 | 170 | 335   | 296 | 95  | 240 |
| 10                    |                             | МЗ-2   | ТКЗ-286-90               |                            |     |     |   |     |     |     |

Таблица П11.5 — Монтажные зоны блоков зажимов

| Условное наименование | Рисунок | Поз. 1<br>Зажим, блок зажимов  | Поз. 2          |                        | Поз. 3       | Габаритные размеры зажима, блока, мм |      |      | Минимальное количество зажимов, блоков в горизонтальном (вертикальном) ряду |                |               |                                    |                |                |                |      |      |    |     |     |
|-----------------------|---------|--|-----------------|------------------------|--------------|--------------------------------------|------|------|---|----------------|---------------|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|------|------|----|-----|-----|
|                       |         |  | Крышка торцевая | Перегорodka для зажима |              |                                      |      |      | Скоба прижимная   | ЩШМ            |               |                                    |                | ЩШ, ЩПК, С, СП |                |      |      |    |     |     |
|                       |         |  |                 |                        |              |                                      |      |      |   | Боковая стенка | Задняя стенка | Передняя стенка, стационарная рама |                |                | Боковая стенка |      |      |    |     |     |
|                       |         |  | Количество      |                        |              |                                      |      |      | Установка   |                |               |                                    |                |                |                |      |      |    |     |     |
|                       |         |  | 1               | 1                      |              |                                      |      |      | 2   | вертикальная   |               |                                    | горизонтальная |                |                |      |      |    |     |     |
| Условное наименование |         |  | L               | B                      | H            | 600                                  | 1000 | 500  | 400   | 600            | 600           | 800                                | 1000           | 600            | 800            | 1800 | 2200 |    |     |     |
| 1                     | 1       | Зажимы наборные<br>ЗН23-4П25-Д/Д У3<br>ЗН23-4П25-Д/Д Т3<br>Исполнение 1<br>ТУ16-526.492-81 | -               | ПА9У<br>ПА9Т           | ПУ<br>ПТ     | 6,8                                  | 36   | 32,5 | 35  | 104            | 50            | 35                                 | 68             | 74             | 104            | 134  | 62   | 90 | 169 | 208 |
| 2                     |         | Зажимы наборные<br>ЗН24-4П16-В/В У3<br>ЗН24-4П16-В/В Т3<br>Тип 1<br>ТУ16-526.462-79        | КТ4У<br>КТ4Т    | -                      | СП1У<br>СП1Т | 10,5                                 | 34   | 24   | 22  | 65             | 32            | 22                                 | 42             | 48             | 66             | 86   | 40   | 60 | 108 | 134 |
| 3                     | 2       | Блоки зажимов<br>Б324-4П16-В/В У3-10,<br>Б324-4П16-В/В Т3-10<br>Тип 1<br>ТУ16-526.462-79   | КТ5У<br>КТ5Т    | -                      | -            | 118                                  | 34   | 33   | 2   | 5              | 2             | 2                                  | 4              | 4              | 6              | 8    | 3    | 5  | 10  | 12  |

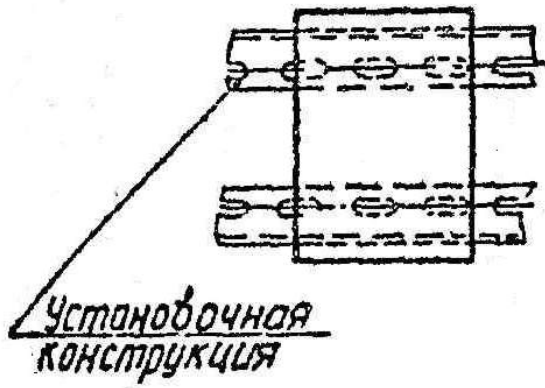
Таблица П11.6 — Монтажные зоны предохранителя

| Условное наименование | Рисунок | Поз. 1<br>Предохранитель<br>ПР-2 |                  | Монтажная зона<br>предохранителя, мм |     |     |    | Габаритные<br>и установочные<br>размеры<br>предохранителя,<br>мм |     |   |     | Минимальное количество однотипных<br>предохранителей в ряду |                                   |     |      |     |     |     |     |      |
|-----------------------|---------|----------------------------------|------------------|--------------------------------------|-----|-----|----|--|-----|---|-----|---|-----------------------------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
|                       |         | Номинальный<br>ток, А            | Напряжение,<br>В | L1                                   | h   | h1  | B1 | ЩШМ  |     | ЩШ, ЩПК, С, СП                              |     |   | Рама<br>поворотная<br>РП для щита |     |      |     |     |     |     |      |
|                       |         |                                  |                  |                                      |     |     |    | Задняя<br>стенка   | 600 | Передняя<br>стенка,<br>стационарная<br>рама |     | Боковая<br>стенка   | РП для щита                       |     |      |     |     |     |     |      |
|                       |         |                                  |                  |                                      |     |     |    |  |     | 400   | 600 |   | 600                               | 800 | 1000 | 600 | 800 | 600 | 800 | 1000 |
| 1                     | 1       | 15                               | 220              | 88                                   | 75  | 75  | 70 | 34   | 92  | 48  | —   | 2   | 4                                 | 5   | 7    | 9   | 4   | 6   | 4   | 6    |
| 2                     |         | 60                               |                  |                                      | 90  | 90  | 80 | 39   | 122 | 57  |     |   |                                   |     |      |     |     |     |     |      |
| 3                     | 2       | 15                               | 500              | 80                                   | 120 | 120 | 90 | 56   | 173 | 60  | 60  | 3   | 5                                 | 6   | 8    | 10  | 5   | 7   | 5   | 7    |
| 4                     |         | 60                               |                  |                                      |     |     |    | 90   | 69  |   |     |   |                                   |     |      |     |     |     |     |      |

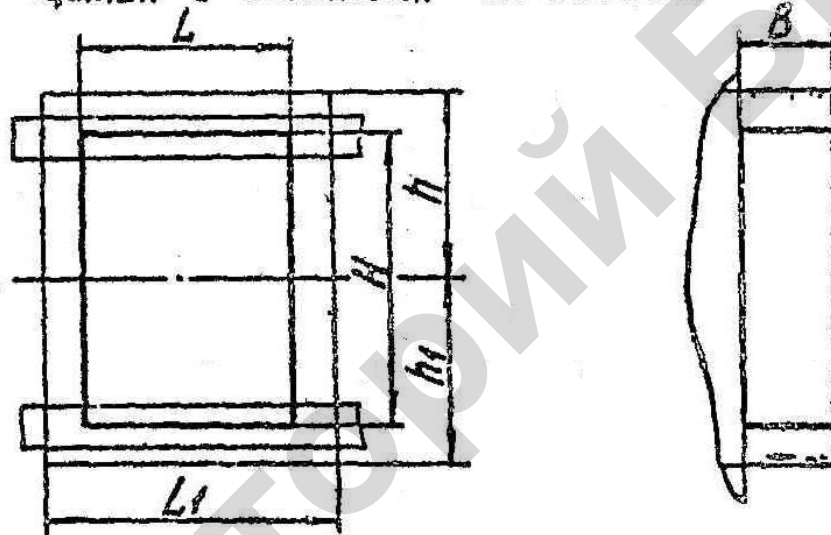


Таблица П11.7 — Монтажные зоны резисторов

| Условное наименование | Рисунок | Поз. 1<br>Резистор                        | Поз. 2        | Комплект деталей для резистора | Монтажная зона предохранителя, мм |     |     | Габаритные и установочные размеры предохранителя, мм |     |     |     | Минимальное количество однотипных аппаратов в ряду |                                    |                |                |     |     |                             |     |     |      |     |     |     |    |    |   |    |    |    |    |   |    |   |    |
|-----------------------|---------|---|---------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----|-----|--|-----|-----|-----|--|------------------------------------|----------------|----------------|-----|-----|-----------------------------|-----|-----|------|-----|-----|-----|----|----|---|----|----|----|----|---|----|---|----|
|                       |         |   |               |                                | Узел крепления ТМЗ-143-90         | L1  | B1  | H1   | B   | H   | L   | A  | ЩШМ                                |                | ЩШ, ЩПК, С, СП |     |     | Рама поворотная РП для щита |     |     |      |     |     |     |    |    |   |    |    |    |    |   |    |   |    |
|                       |         |   | Задняя стенка |                                |                                   |     |     |  |     |     |     |  | Передняя стенка, стационарная рама | Боковая стенка |                | 600 | 800 | 1000                        | 600 | 800 | 1000 |     |     |     |    |    |   |    |    |    |    |   |    |   |    |
|                       |         |   | 400           |                                | 600                               | 600 | 800 | 1000   | 600 | 800 | 600 | 800  | 1000                               |                |                |     |     |                             |     |     |      |     |     |     |    |    |   |    |    |    |    |   |    |   |    |
| 1                     | 1       | ПЭВ-3                                     | -             | КР-1                           | 40                                | 60  | 60  | 50   | -   | -   | -   | 7  | 11                                 | 13             | 17             | 22  | 11  | 15                          | 11  | 15  |      |     |     |     |    |    |   |    |    |    |    |   |    |   |    |
| 2                     |         | ПЭВ-7,5;<br>ПЭВ-10;<br>ПЭВР-10            |               | КР-2                           |                                   |     |     | 75   |     |     |     |  |                                    |                |                |     |     |                             |     |     | 65   | 28  |     |     |    |    |   |    |    |    |    |   |    |   |    |
| 3                     |         | ПЭ-7,5                                    |               | КР-3                           |                                   |     |     | 90   |     |     |     |  |                                    |                |                |     |     |                             |     |     | 35   | 80  | 31  |     |    |    |   |    |    |    |    |   |    |   |    |
| 4                     |         |   |               | КР-3Т                          |                                   |     |     |  |     |     |     |  |                                    |                |                |     |     |                             |     |     |      |     |     |     |    |    |   |    |    |    |    |   |    |   |    |
| 5                     |         | ПЭВ-15;<br>ПЭВР-13;<br>ПЭВ-20;<br>ПЭВР-20 |               | КР-4                           |                                   |     |     | 90   |     |     |     |  |                                    |                |                |     |     |                             |     |     | 80   | 31  |     |     |    |    |   |    |    |    |    |   |    |   |    |
| 6                     |         | ПЭВ-25;<br>ПЭВР-25                        |               | КР-5                           |                                   |     |     | 60   |     |     |     |  |                                    |                |                |     |     |                             |     |     | 35   | 4   | 7   | 8   | 11 | 14 | 7 | 10 | 7  | 10 |    |   |    |   |    |
| 7                     | 1       | ПЭ-15                                     | -             | КР-6                           | 40                                | 90  | 60  | 80   | -   | -   | -   | 7  | 11                                 | 13             | 17             | 22  | 11  | 15                          | 11  | 15  |      |     |     |     |    |    |   |    |    |    |    |   |    |   |    |
| 8                     |         |   |               | КР-6Т                          |                                   |     |     |  |     |     |     |  |                                    |                |                |     |     |                             |     |     |      |     |     |     |    |    |   |    |    |    |    |   |    |   |    |
| 9                     |         |   |               | ПЭ-20                          |                                   |     |     |  |     |     |     |  |                                    |                |                |     |     |                             |     |     | КР-7 |     |     |     |    |    |   |    |    |    |    |   |    |   |    |
| 10                    |         | КР-7Т                                     |               |                                |                                   |     |     |  |     |     |     |  |                                    |                |                |     |     |                             |     |     |      |     |     |     |    |    |   |    |    |    |    |   |    |   |    |
| 11                    |         | ПЭ-25                                     |               | КР-7                           |                                   |     |     |  |     |     |     |  |                                    |                |                |     |     |                             |     |     | 60   | 110 | 60  | 100 | 38 | -  | 4 | 7  | 8  | 11 | 14 | 7 | 10 | 7 | 10 |
| 12                    |         |   |               | КР-7Т                          |                                   |     |     |  |     |     |     |  |                                    |                |                |     |     |                             |     |     |      |     |     |     |    |    |   |    |    |    |    |   |    |   |    |
| 13                    |         | ПЭВ-30;<br>ПЭВР-30                        |               | КР-8                           |                                   |     |     |  |     |     |     |  |                                    |                |                |     |     |                             |     |     | 110  | 60  | 100 | 38  | 4  | 7  | 8 | 11 | 14 | 7  | 10 |   |    |   |    |
| 14                    | 2       | ПЭВ-40                                    | 4             | КР-9                           | 160                               | 60  | 60  | 31   | -   | -   | -   | 1  | 2                                  | 3              | 4              | 5   | 2   | 3                           | 2   | 3   |      |     |     |     |    |    |   |    |    |    |    |   |    |   |    |
| 15                    |         |   |               | КР-9Т                          |                                   |     |     |  |     |     |     |  |                                    |                |                |     |     |                             |     |     |      |     |     |     |    |    |   |    |    |    |    |   |    |   |    |
| 16                    |         | ПЭВ-50;<br>ПЭВР-50                        |               | КР-10                          |                                   |     |     | 160  |     |     |     |  |                                    |                |                |     |     |                             |     |     | 60   | 35  | 43  | 152 |    |    |   |    |    |    |    |   |    |   |    |
| 17                    |         |   |               | КР-10Т                         |                                   |     |     |  |     |     |     |  |                                    |                |                |     |     |                             |     |     |      |     |     |     |    |    |   |    |    |    |    |   |    |   |    |
| 18                    |         | ПЭ-50                                     |               | КР-11                          |                                   |     |     | 60   |     |     |     |  |                                    |                |                |     |     |                             |     |     | 32   | 38  | 154 |     |    |    |   |    |    |    |    |   |    |   |    |
| 19                    |         |   |               | КР-11Т                         |                                   |     |     |  |     |     |     |  |                                    |                |                |     |     |                             |     |     |      |     |     |     |    |    |   |    |    |    |    |   |    |   |    |



Монтажные зоны приборов, устанавливаемых в щитах и станинах по ГОСТ 36.13-90



Пример условного обозначения установки звонка переменного тока ЗВП24:  
 Звонок переменного тока ЗВП24 ТМЗ-15-90  
 Установка 1.

Рисунок П11.2 — Варианты установки приборов сигнальных

Рис. 1

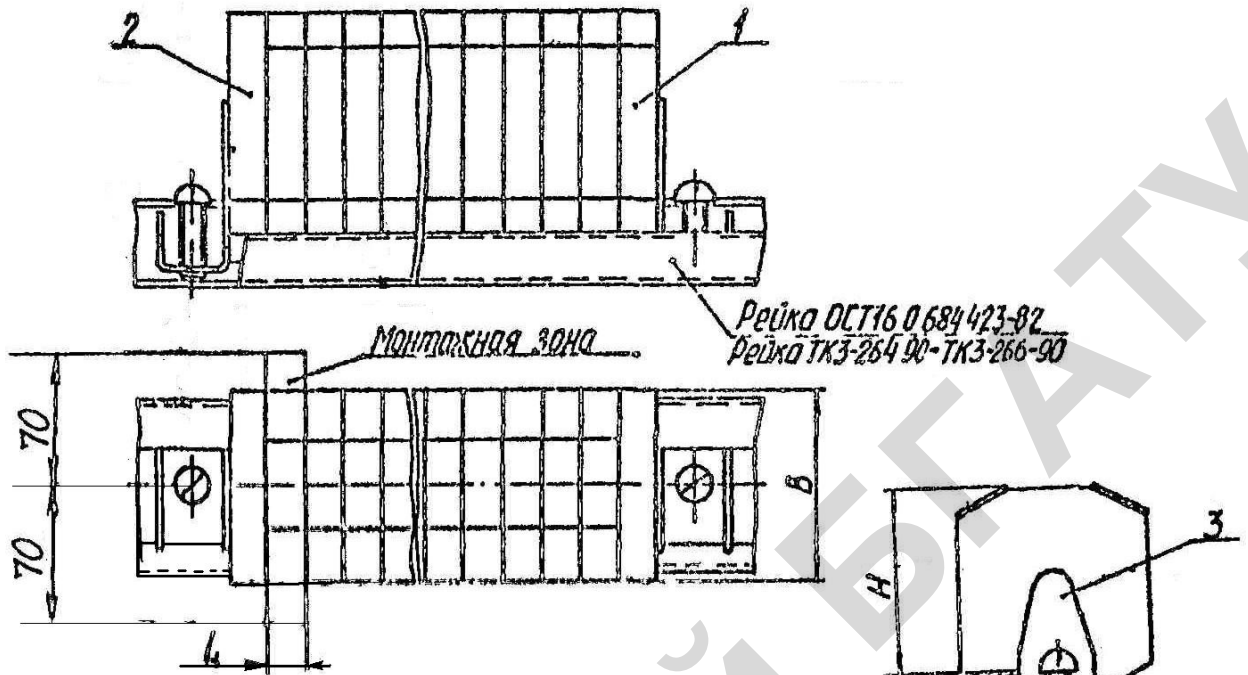


Рис. 2  
Остальное - см рис. 1

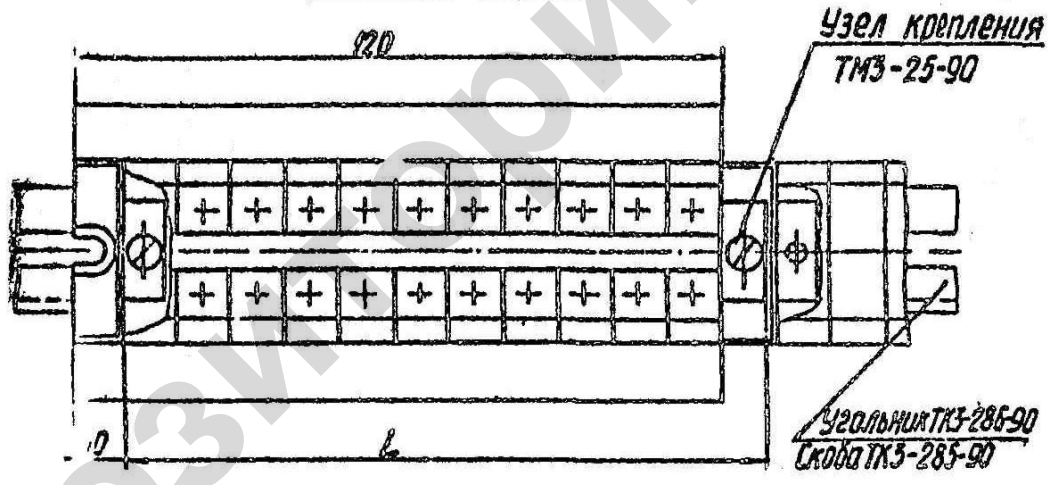


Рисунок П11.3 — Варианты установки блоков зажимов

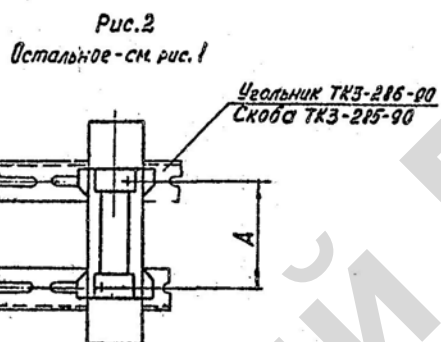
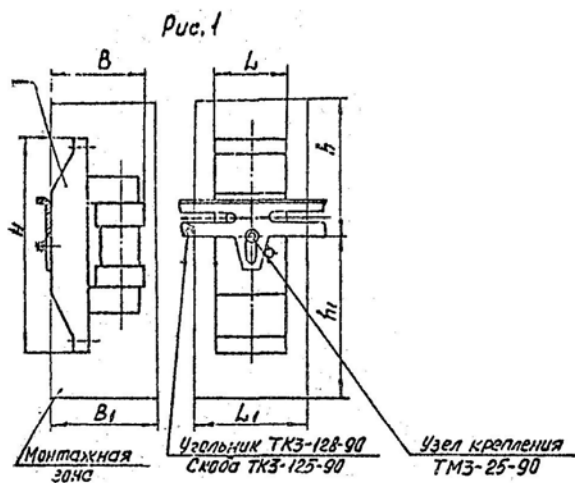


Рисунок П11.4 — Варианты установки предохранителя

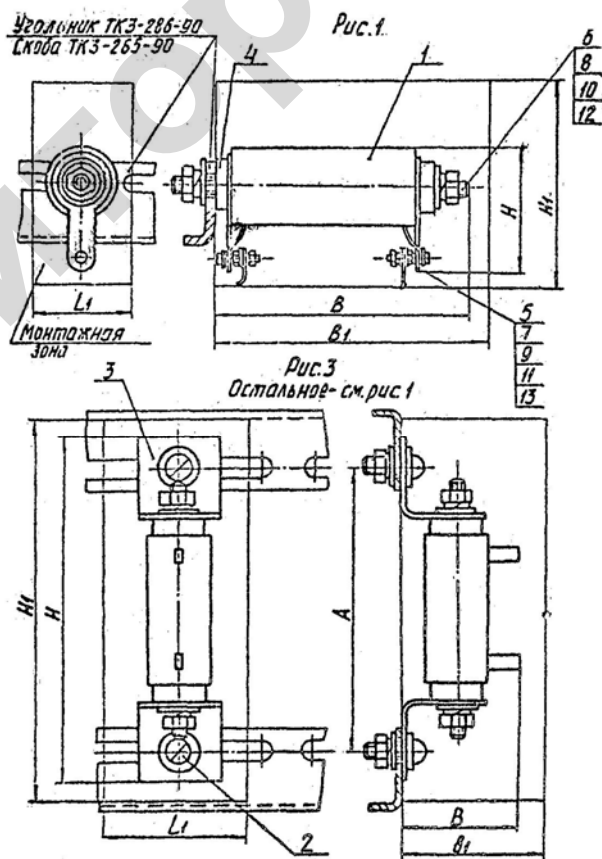
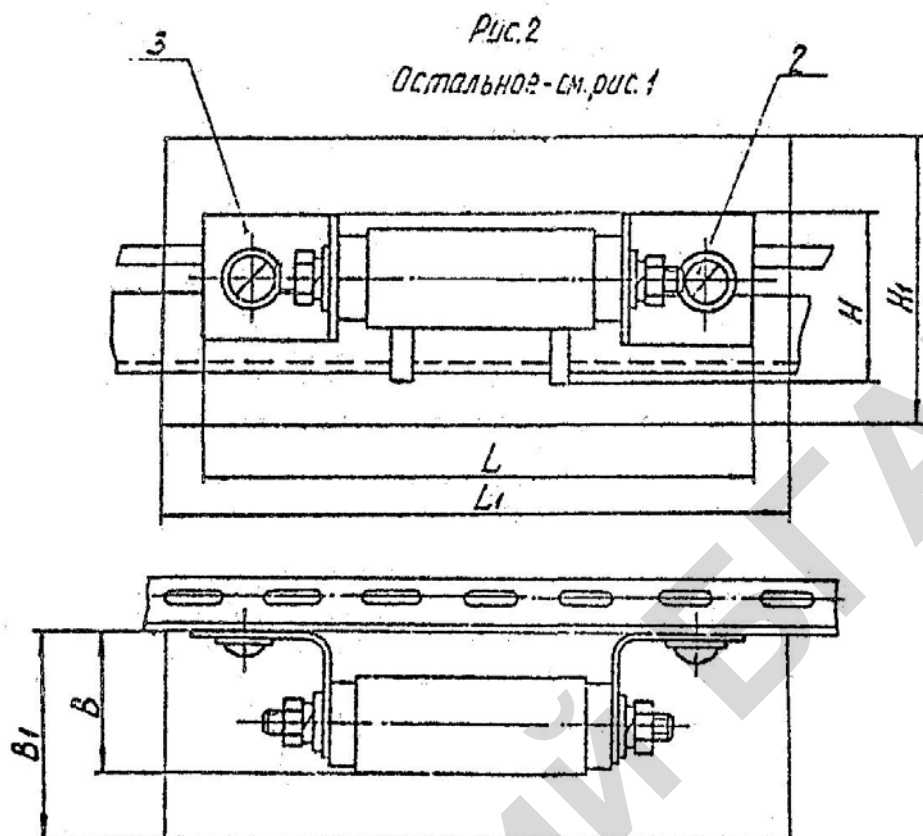


Рисунок П11.5 — Варианты установки резисторов (1 и 3)



*Пример условного обозначения установки резистора РЭВ-3 по рис.1  
Резистор РЭВ-3 ТМЗ-19-90. Установка 1*

Рисунок П11.6 — Варианты установки резисторов (2)

Таблица П11.4 — Монтажная зона контроллеров типа  $\alpha$   
в соответствии с инструкцией по  
эксплуатации

| Тип            | Размеры,<br>длина $\times$ высоту $\times$<br>ширину, мм | Размеры<br>монтажной зоны,<br>длина $\times$ высоту $\times$<br>ширину, мм | Примечание       |
|----------------|--|--|------------------|
| AL-6, A1-10    | 71,2 $\times$ 90 $\times$ 55                             | 80 $\times$ 200 $\times$ 70  | Первое поколение |
| AL-20          | 124,6 $\times$ 90 $\times$ 55                            | 150 $\times$ 200 $\times$ 70   |                  |
| AL2-14, AL2-24 | 124,6 $\times$ 90 $\times$ 52                            | 150 $\times$ 200 $\times$ 70   | Второе поколение |

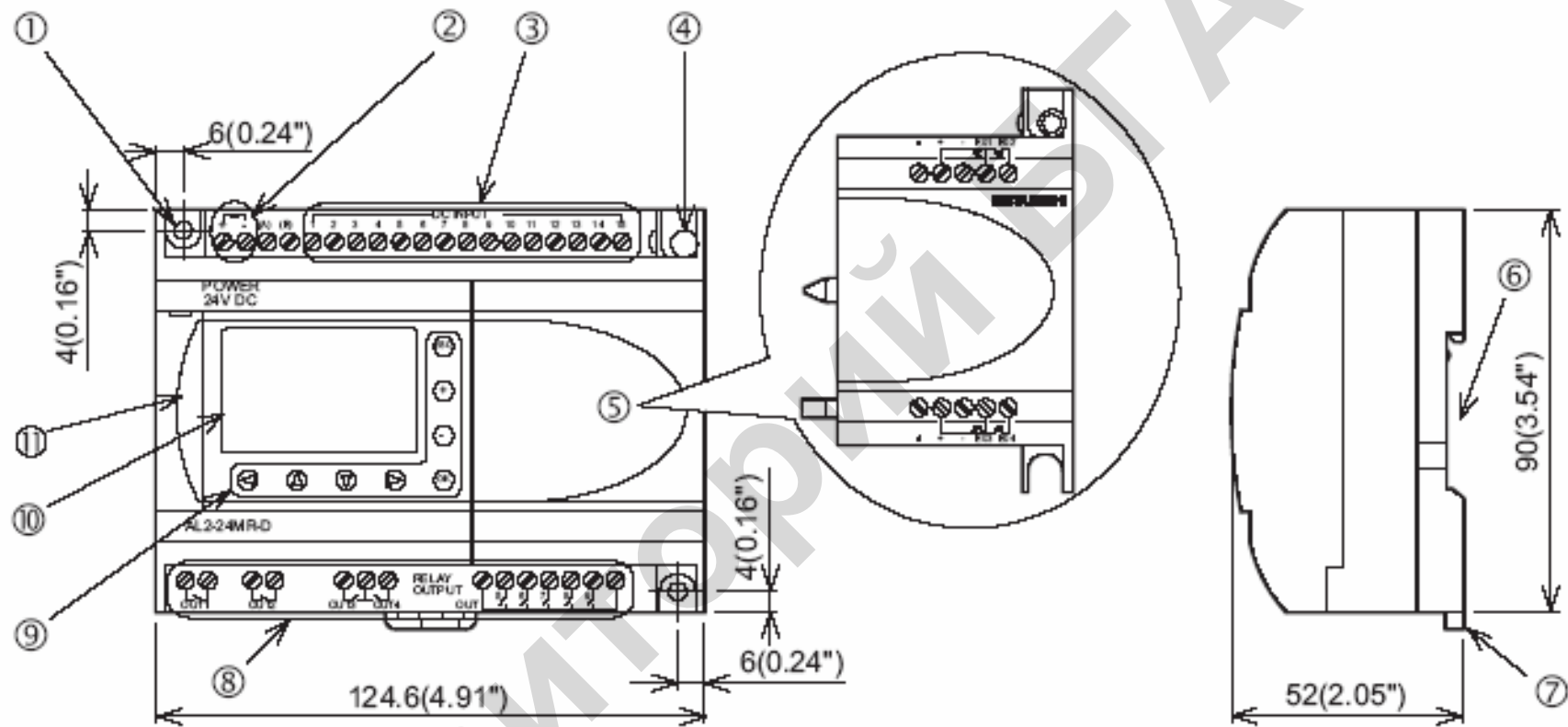


Рисунок П11.8 — Размеры и части контроллера:

- 1, 4 — монтажное отверстие; 2 — зажимы питания; 3 — входы; 5 — установка модуля расширения; 6 — вырез под DIN-рейку; 7 — клипса для крепления на DIN-рейку; 8 — выходы; 9 — кнопки управления терминалом; 10 — терминал; 11 — порт программирования

## Приложение 12

Пример заполнения таблиц исходных данных для рассматриваемого общего варианта в ходе изучения тем 2, 4 и 5

Таблица П12.1 — Исходные данные для компоновки аппаратов на фасаде щита



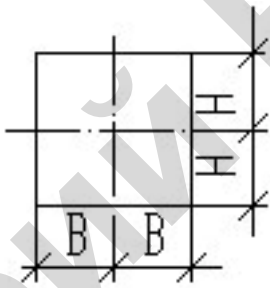
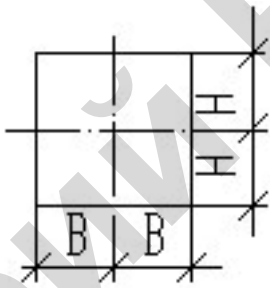
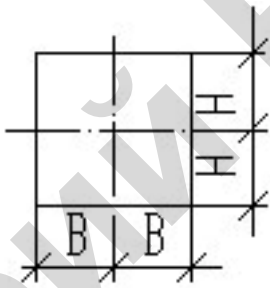
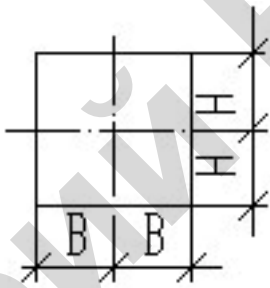
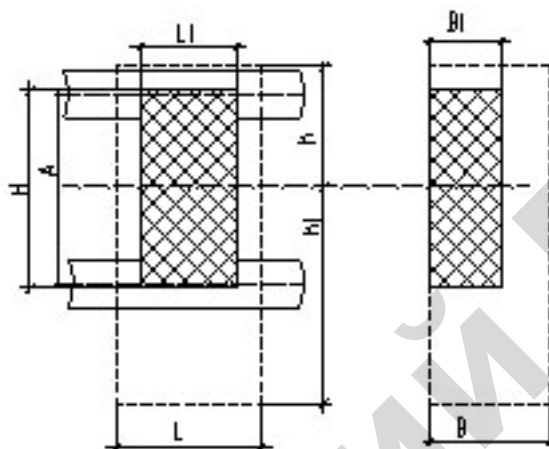
| Наименование и тип прибора   | Количество (N) | Группа | Размеры от края щита до оси прибора, мм | Размер прибора по фланцу, мм   |  | Размеры монтажной зоны, мм  |   |   |   | Размер до оси аналогичного прибора (слева \ справа, сверху \ снизу) |           | Обозначение монтажного чертежа |
|--|----------------|--------|---|--|--|---|---|---|---|---|-----------|--------------------------------|
|  |                |        |   |  |  |  |  |  |  | горизонт.   | вертикал. |                                |
|  |                |        |   |  |  |   |   |   |   | B   | H         |                                |
| HL1–HL9 — светодиодная индикаторная лампа СКЛ  | 9              | 3      | 70                                      | 19   | 19   | 25  | 25  | 25  | 25  | 99  | 99        | ТМ4-1117–90                    |
| SB2–SB21 — Выключатель KE181У3   | 20             | 4      | 80                                      | 20   | 21   | 35  | 35  | 25  | 25  | 120   | 122       | ТМ4-1148–73                    |
| SA1 — переключатель NEF30  | 1              | 15     | 120                                     | 35   | 36   | 75  | 75  | 75  | 75  | 190   | 192       | ТМ4-1206–73                    |
| <b>Итого</b> требуемая площадь $S_f = 1150 \text{ см}^2$   |                |        |   |  |  |   |   |   |   |   |           |                                |
| Монтажная площадь фасада щита ЩЩМ 1000 × 600 $S_{щ} = 5318,4 \text{ см}^2$ , что позволяет обеспечить установку в данный щит этой аппаратуры |                |        |   |  |  |   |   |   |   |   |           |                                |

Таблица П12.2 — 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<br>ЩШМ 1000 × 600 | Установочная конструкция | Необходимая для аппаратов площадь, см <sup>2</sup><br>$S_i = N \cdot L \cdot (h + h_1)$ |     |     |     |     |
|-----------------------|---------|---|----------------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|--|-------|-----|-----|-----|-----|--|--------------------------|---|-----|-----|-----|-----|
|                       |         |   |                | L                           |     | B   |     | h   |     | h1   |       | L1  |     | H   |     |  |                          |   | B1  |     | A   |     |
|                       |         |   |                | min                         | max | min | max | min | max | min  | max   | min | max | 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<br>7<br>0           | 2, 4    | QF1-QF7 —<br>Выключатель<br>AE2033MM-<br>20H-20Y3-A<br>380В, 50Гц | 7              | 55                          | 119 | 100 | 160 | 100 | 100 | 35   | 143,5 | 119 | 110 | 124 | 164 | 7  | TK3-<br>286-90           | $7 \cdot 5,5 \cdot 20 = 770$  |     |     |     |     |
| 2<br>7<br>5           | 6       | SF1 —<br>выключатель<br>ЭЛЬФ-102-1/05                             | 1              | 18                          | 75  | 65  | 65  | 65  | 65  | 17,5   | 74,4  | 75  | -   | -   | -   | 25   | DIN-<br>рейка            | $1 \cdot 1,8 \cdot 13 = 23,4$   |     |     |     |     |
| -                     | 6       | GV1 - источник<br>стабилизиро-<br>ванного пита-<br>ния CP-SNT     | 1              | 100                         | 50  | 30  | 30  | 30  | 30  | 90   | 50    | 40  | -   | -   | -   | -  | DIN-<br>рейка            | $1 \cdot 10 \cdot 6 = 60$   |     |     |     |     |





Окончание таблицы П12.2

| 1  | 2   | 3  | 4  | 5  | 6  | 7   | 8   | 9   | 10  | 11    | 12 | 13 | 14 | 15 | 16  | 17 | 18         | 19             |
|--|-----|--|----|--|----|-----|-----|-----|-----|-------|----|----|----|----|-----|----|------------|----------------|
| –  | 6   | A1, A2 — контроллер AL2-24MR-D Mitsubishi Electric                     | 2  | 150  | 70 | 100 | 100 | 100 | 100 | 124,6 | 52 | 90 | –  | –  | –   | –  | DIN-рейка  | 2*15*20 = 600  |
| 188  | 6   | K1–K15 — реле малогабаритное R2-1012-23-1024, 24 VDC,                  | 15 | 40   | 73 | 60  | 60  | 50  | 50  | 31    | 72 | 73 | –  | –  | –   | –  | TK3-277-90 | 15*4*11 = 660  |
| 3  | 1   | KK1, KK2 — реле электротепловое токовое РТЛ-101004                     | 2  | 85   | 76 | 60  | 60  | 60  | 60  | 67    | 56 | 76 | –  | –  | –   | 5  | TK3-286-90 | 2*8,5*12 = 204 |
| 4  | 1   | KK3–KK6 — реле электротепловое токовое РТЛ-100504,                     | 4  | 85   | 76 | 60  | 60  | 60  | 60  | 67    | 56 | 76 | –  | –  | –   | 5  | TK3-286-90 | 4*8,5*12 = 408 |
| 253  | 2,4 | KM1–KM6 — пускатель магнитный ПМЛ-110004А, 50 Гц, 220 В                | 6  | 65   | 74 | 70  | 130 | 70  | 70  | 44    | 67 | 74 | 50 | 64 | 104 | 7  | TK3-285-90 | 6*6,5*20 = 780 |
| 3  | 2   | ХТ1–ХТ4 — блок зажимов Б324 — П16 — В/ВУ3-10 (Установка по ТК3-165-90) | 4  | Монтажная зона по рис. В в приложении выше |    |     |     |     |     | 118   | 33 | 34 | –  | –  | –   | 4  | TK3-266-90 | 4*13*14 = 728  |
| <b>Итого</b> требуемая площадь, $S_v$ (сумма чисел графы 19 $\sum S_i$ ) |     |  |    |  |    |     |     |     |     |       |    |    |    |    |     |    |            | 4233,4         |
| Внутренняя монтажная зона щита ЦШМ 1000x600, $S_{щ}$                     |     |  |    |  |    |     |     |     |     |       |    |    |    |    |     |    |            | 4420           |

## Приложение 13

### Пример документации на щиты автоматики, выполненной с помощью пакетов САПР

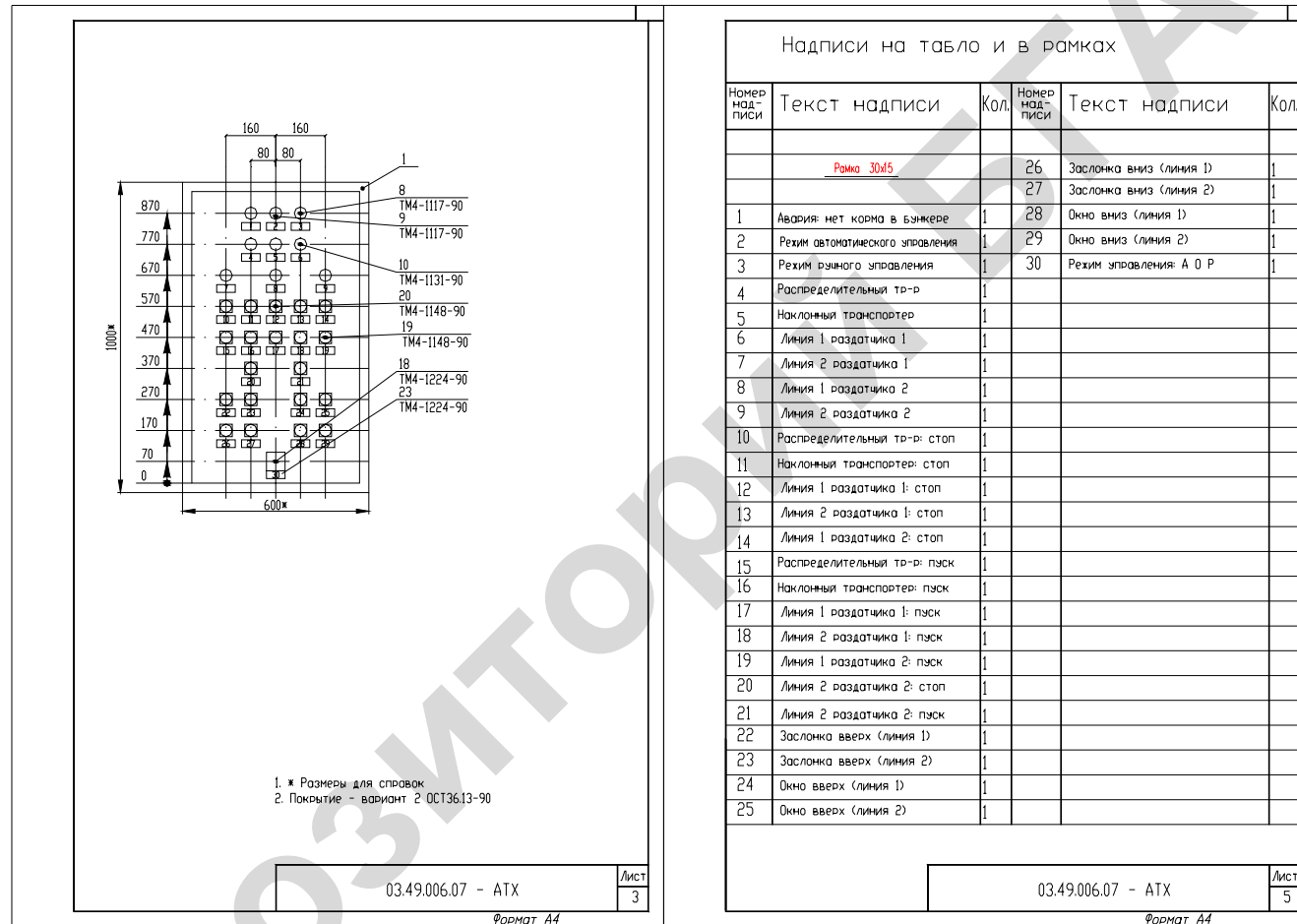


Рисунок П13.1 — Вид спереди малогабаритного щита, реализованный программой FASAD и перечень надписей к нему

| Поз.                       | Обозначение     | Наименование   | Кол.       | Примечание         |      |
|----------------------------|-----------------|--|------------|--------------------|------|
|                            |                 | <u>Документация</u>  |            |                    |      |
|                            | 03.49.006.07.ТС | Таблица соединений   | 1          |                    |      |
|                            |                 | <u>Стандартные изделия</u>   |            |                    |      |
| 1                          |                 | Щит ЩШМ-ЗД-1-1000х600х500  | 1          |                    |      |
|                            |                 | УХЛ 3.1 ОСТ 36.13-90   |            |                    |      |
| 2                          |                 | Угольник У600 ТКЗ-286-90   |            |                    |      |
| 3                          |                 | Скоба С ТКЗ-285-90   |            |                    |      |
| 4                          |                 | Рейка ТКЗ-266-90   |            |                    |      |
| 5                          |                 | DIN-рейка ТКЗ-277-90   | 1          | 2 м                |      |
|                            |                 | <u>Прочие изделия</u>  |            |                    |      |
| 6                          | A1, A2          | Контроллер AL2-24MR-D Mitsubishi Electric, Technical Catalogue 2002 art.142520   | 2          | Поставка заказчика |      |
| 7                          | GV1             | Источник стабилизированного питания CP-SNT 24W, 5VDC/2A Germany, Paderborn, Weidmuller GmbH & Co. Complete Catalogue 2002/03 Cat.No.9928890005 | 1          | Поставка заказчика |      |
| 8                          | HL1             | Светодиодная индикаторная лампа СКЛ 14. В-К-2-24, красный ЕНСК433137.014 ТУ  | 1          |                    |      |
| 03.49.006.07 - АТХ         |                 |  |            |                    |      |
| Автоматизация кормораздачи |                 |  |            |                    |      |
| Изм.                       | Кол.            | Лист   | Формат     | Подгр.             | Дата |
| Разраб.                    | Войтович        |  |            |                    |      |
| Руковод.                   | Фурсенко        |  |            |                    |      |
| Консульт.                  | Фурсенко        |  |            |                    |      |
| Вед. каф.                  | Сидоренко       |  |            |                    |      |
|                            |                 | Щит управления.  | БАНУ АСУП  |                    |      |
|                            |                 | Общий вид  | Группа 19а |                    |      |
| 03.49.006.07 - АТХ         |                 |  |            |                    |      |
| Лист 2                     |                 |  |            |                    |      |
| Формат А4                  |                 |  |            |                    |      |

| Поз.               | Обозначение                                 | Наименование   | Кол. | Примечание |
|--------------------|---|--|------|------------|
| 9                  | HL2, HL3                                    | Светодиодная индикаторная лампа СКЛ 11. В-Ж-2-220, желтый ЕНСК433137.011 ТУ      | 2    |            |
| 10                 | HL4...HL9                                   | Светодиодная индикаторная лампа СКЛ 11. В-Л-2-220, зеленый ЕНСК433137.011 ТУ     | 6    |            |
| 11                 | K1...K15                                    | Реле малогабаритное R2-1012-23-1024, 24 VDC                                      | 15   |            |
| 12                 | KK1, KK2                                    | Реле электропеллобое токовое РТЛ-101004, In=3.8-6.0 А ТУ 16-523.549-82           | 2    |            |
| 13                 | KK3...KK6                                   | Реле электропеллобое токовое РТЛ-100504, In=0.61-1.0 А ТУ 16-523.549-82          | 4    |            |
| 14                 | KM1...KM6                                   | Пускатель магнитный ПМП-110004А, 50 Гц, 220 В ТУ16-664.001-83                    | 6    |            |
| 15                 | QF1   | Выключатель АЕ2033ММ-20Н-20У3-А 380В, 50Гц 16 А, 12Н ТУ16-522.148-80             | 1    |            |
| 16                 | QF2, QF3                                    | Выключатель АЕ2033ММ-20Н-20У3-А 380В, 50Гц 6 А, 12Н ТУ16-522.148-80              | 2    |            |
| 17                 | QF4...QF7                                   | Выключатель АЕ2033ММ-20Н-20У3-А 380В, 50Гц 2.5А, 12Н ТУ16-522.148-80             | 4    |            |
| 18                 | SA1   | Кнопка поворотная NEF30-Рсп, I-0-II (stable/stable/stable), синий, XX, XX Poland | 1    |            |
| 19                 | SB3, SB4, SB6, SB8, SB10, SB12, SB14...SB21 | Выключатель KEI81V3, исп. 2, зеленый ТУ16-642.015-84                             | 14   |            |
| 20                 | SB2, SB5, SB7, SB9, SB11, SB13              | Выключатель KEI81V3, исп. 2, красный ТУ16-642.015-84                             | 6    |            |
| 21                 | SF1   | Выключатель ЭльФ-102-1/05, 220/380 В, 50 Гц, 5 А В ГОСТ 50345-92                 | 1    |            |
| 22                 | XT1...XT4                                   | Блок зажимов БЗ24 - П6 - В/В3 - 10   | 4    |            |
| 23                 |   | Рамка РПМ 30x15 ТУ36.1130-79   | 30   |            |
|                    |   | <u>Материалы</u>   |      |            |
| 24                 |   | Провод ПВ1 1,5 380 ГОСТ 6323 - 79  | 200  | м          |
| 03.49.006.07 - АТХ |   |  |      |            |
| Лист 2             |   |  |      |            |
| Формат А4          |   |  |      |            |

Рисунок П13.2 — Перечень элементов щита автоматики

Вид на внутренние плоскости (развернуто)

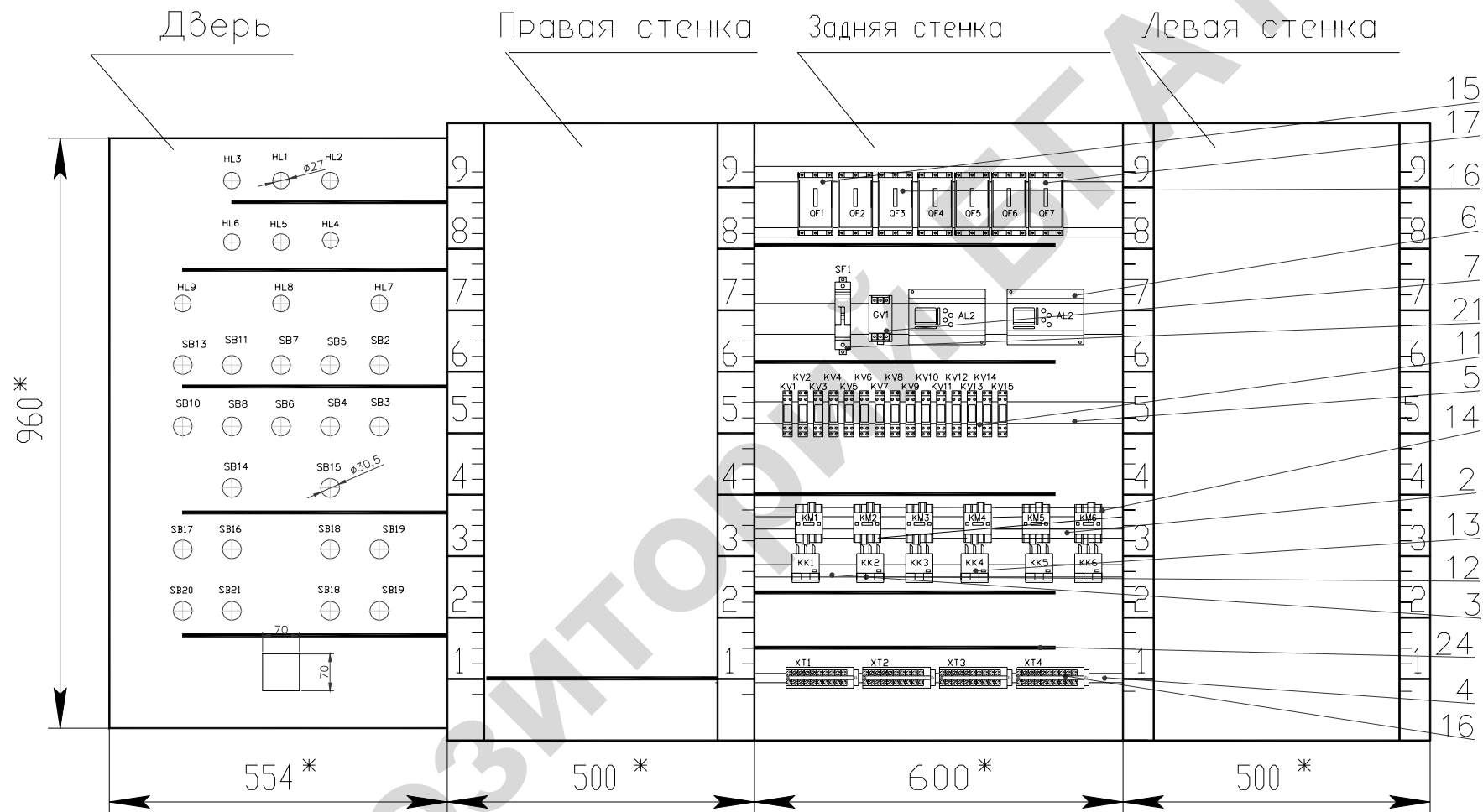


Рисунок П13.3 — Общий вид щита автоматики. Вид на внутренние плоскости щита

## Приложение 14

### Справочные данные для разработки схем соединения внешних проводок

Таблица П14.1 — Значения коэффициента кратности

| Ток защитного аппарата  | Кратность допустимых длительных токов   |   |  |
|---|---|---|--|
|   | В сетях, для которых защита от перегрузки обязательна (ПУЭ, п.3.1.11)         |   | В сетях, защищаемых только от коротких замыканий (ПУЭ, п. 3.1.9) |
|   | Проводников с резиновой или аналогичной по тепловым характеристикам изоляцией |   |  |
|   | Во взрыво- и пожароопасных зонах, жилых, торговых помещениях и т. д.          | невзрыво- и пожароопасных помещениях промышленных предприятий |  |
| Номинальный ток плавкой вставки предохранителей   | 1,25  | 1,0   | 0,33   |
| Ток срабатывания (уставки) автоматического выключателя, имеющего только электромагнитный расцепитель  | 1,25  | 1,0   | 0,22   |
| Номинальный ток расцепителя (теплого или комбинированного) автоматического выключателя с нерегулируемой обратозависимой от тока характеристикой | 1,0   | 1,0   | 1,0  |
| Ток срабатывания расцепителя автоматического выключателя без отсечки с регулируемой обратозависимой от тока характеристикой                     | 1,0   | 1,0   | 0,66   |

## Некоторые справочные данные для выбора сечения проводов

Для одно- и многопроволочных проводов с медной жилой без металлической оплетки с поливинилхлоридной или подобной изоляцией допустимые токовые нагрузки приведены ниже в таблице. Для проводов с алюминиевыми жилами в значениях токовых нагрузок, приведенных в таблице, необходимо учитывать коэффициент снижения нагрузки 0,78 (алюминиевые жилы допускается применять только для неподвижных соединений).

Таблица П14.2 — Значения токовых нагрузок для проводов с алюминиевыми жилами

| Номинальное сечение провода,<br>мм <sup>2</sup> | Токовая нагрузка, А |           |
|---|---------------------|-----------|
|   | На открытом воздухе | В каналах |
| 0,5   | 6,5                 | 6         |
| 0,75  | 10                  | 9         |
| 1   | 13,5                | 12        |
| 1,2   | 15,5                | 13,5      |
| 1,5   | 17,5                | 15,5      |
| 2,0   | 21                  | 18        |
| 2,5   | 24                  | 21        |
| 3,0   | 27                  | 24        |
| 4   | 32                  | 28        |
| 5   | 36                  | 32        |
| 6   | 41                  | 36        |
| 8   | 46                  | 43        |
| 10  | 57                  | 50        |
| 16  | 76                  | 68        |
| 25  | 101                 | 89        |
| 35  | 111                 | 111       |
| 50  | 151                 | 134       |
| 70  | 192                 | 171       |
| 95  | 232                 | 207       |

## Содержание

|   |     |
|---|-----|
| Введение.....   | 3   |
| Тема 1 Изучение ГОСТ 21.408–93. Разработка схем автоматизации технологического процесса.....                                  | 4   |
| Тема 2 Разработка алгоритма управления оборудованием технологической линии.....   | 19  |
| Тема 3 Алгебра логики и минимизация структурных формул.....   | 38  |
| Тема 4 Разработка структуры управления систем автоматического управления технологическим процессом .....                      | 50  |
| Тема 5 Разработка полных принципиальных электрических схем ..   | 64  |
| Тема 6 САУ ТП на бесконтактных логических элементах .....   | 85  |
| Тема 7 Разработка щита автоматики .....   | 116 |
| Тема 8 Схемы соединений, подключений внешних проводок .....   | 148 |
| Глоссарий.....  | 167 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ .....  | 169 |
| Приложение 1 Задания к теме 1 .....   | 170 |
| Приложение 2 Обозначения сред, используемых на схемах автоматизации.....  | 181 |
| Приложение 3 Требования к обозначению приборов и средств автоматики на схемах автоматизации (выдержки из ГОСТ 21.404–85)..... | 185 |
| Приложение 4 Исходные данные для проектирования САУ линии кормораздачи в птичнике на 10 000 птиц с 4-й по 18-ю неделю..       | 190 |
| Приложение 5 Примерные варианты к темам 2 и 4.....  | 208 |
| Приложение 6 .....  | 254 |
| Приложение 7 Варианты заданий к теме 3.....   | 257 |
| Приложение 8 Примеры разработки принципиальных электрических схем автоматического управления, контроля и сигнализации.....    | 260 |
| Приложение 9.....   | 272 |
| Приложение 10 Справочные данные по интегральным микросхемам серии 155, К155, КМ155.....                                       | 273 |

|   |     |
|---|-----|
| Приложение 11 Исходные данные для компоновки аппаратов в щитах автоматки.....   | 277 |
| Приложение 12 Пример заполнения таблиц исходных данных для рассматриваемого общего варианта в ходе изучения тем 2, 4 и 5. | 311 |
| Приложение 13 Пример документации на щиты автоматки, выполненной с помощью пакетов САПР .....                             | 314 |
| Приложение 14 Справочные данные для разработки схем соединения внешних проводок.....                                      | 317 |



Учебное издание

**Якубовская** Елена Степановна,  
**Волкова** Елена Сергеевна

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СЕЛЬСКОХО-  
ЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Практикум

Ответственный за выпуск *Е.С. Якубовская*  
Редактор *М.А. Макрецкая*  
Верстка *М.А. Макрецкая*

Подписано в печать 27.05.2008 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 18,6  
Уч.-изд. л. 17,6. Тираж 320 экз. Заказ 500.

Издатель и полиграфическое исполнение

Белорусский государственный аграрный технический университет  
ЛИ № 02330/0131734 от 10.02.2006. ЛП № 02330/0131656 от 02.02.2006.  
220023, г. Минск, пр. Независимости, 99, к. 2