

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кафедра «Проектирование и управление в технических системах»**

**Методические рекомендации для
самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Особенности управления и автоматизации технологических процессов в АПК

Направление подготовки (специальность) 27.04.06 *«Управление в технических системах»*

Профиль образовательной программы *Системы и средства автоматизации технологических процессов*

Форма обучения *очная*

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций.....	4
1.1 Лекция № 1 Общие понятия и технико-экономическая эффективность автоматизации технологических процессов.....	4
2. Лекция № 2 Характеристика объектов автоматизации АПК.....	6
3. Лекция № 3 Статистика и динамика технологических объектов управления.....	8
4. Лекция № 4 Характеристики технических средств автоматических систем управления.....	10
5. Лекция № 5 Методы синтеза автоматических систем управления.....	13
6. Лекция № 6 Автоматизация технологических процессов в полеводстве.....	16
7. Лекция № 7 Автоматизация технологических процессов в сооружениях защищенного грунта.....	20
8. Лекция № 8 Автоматизация процессов послеуборочной обработки зерна.....	26
9. Лекция № 9 Автоматизация хранилищ сельскохозяйственной продукции.....	30
10. Лекция № 10 Автоматизация процессов производства и переработки кормов.....	33
11. Лекция № 11 Автоматизация технологических процессов в животноводстве.....	36
12. Лекция № 12 Автоматизация технологических процессов в птицеводстве.....	39
13. Лекция № 13 Автоматизация установок микроклимата и животноводческих и птицеводческих помещениях.....	42
14. Лекция № 14 Автоматизация водоснабжения и гидромелиорации.....	45
15. Лекция № 15 Автоматизация системы технического сервиса в АПК.....	48
2 Методические указания по проведению практических занятий.....	53
2.1 Практическое занятие № ПЗ-1 Разработка схем автоматизации технологического процесса.....	53
2.2 Практическое занятие № ПЗ-2,3 Разработка алгоритма управления оборудованием технологической линии.....	63
2.3 Практическое занятие № ПЗ-4,5 Алгебра логики и минимизация структурных формул.....	82
2.4 Практическое занятие № ПЗ-6,7 Разработка структуры управления систем автоматического управления технологическим процессом.....	89
2.5 Практическое занятие № ПЗ-8,9 Разработка полных принципиальных электрических схем.....	102
2.6 Практическое занятие № ПЗ-10,11 Схемы соединений, подключений внешних проводов. Разработка щита автоматики.....	120

2.7 Практическое занятие № ПЗ-12,13	Разработка щита автоматики.....	136
2.8 Практическое занятие № ПЗ-14,15	Система автоматического управления технологических процессов на бесконтактных логических элементах.....	152
2.9 Практическое занятие № ПЗ-16,17	Схемы соединений, подключений внешних проводок.....	178

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1. 1 Лекция №1(2 часа).

Тема: «Общие понятия и технико-экономическая эффективность автоматизации технологических процессов»

1.1.1 Вопросы лекции:

- 1 Основные понятия о системах автоматизации;
- 2 Характеристика и классификация автоматических систем управления;
- 3 Общий подход к автоматизации технологических процессов;
- 4 Основные источники и показатели технико-экономической эффективности автоматизации.

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

- 1 Основные понятия о системах автоматизации;

В зависимости от функций, выполняемых специальными автоматическими устройствами, различают следующие основные виды автоматизации: автоматический контроль, автоматическую защиту, дистанционное и автоматическое управление, телемеханическое управление.

Автоматический контроль включает в себя автоматические сигнализацию, измерение, сортирование и сбор информации.

Автоматическая защита представляет собой совокупность технических средств, которые при возникновении ненормальных или аварийных режимов либо прекращают контролируемый производственный процесс (например, отключают определенные участки электроустановки при возникновении на них коротких замыканий), либо автоматически устраняют ненормальные режимы. Автоматическая защита тесно связана с автоматическим управлением и сигнализацией. Она воздействует на органы управления и оповещает обслуживающий персонал об осуществленной операции.

В зависимости от степени автоматизации различают ручное, автоматизированное и автоматическое управление. При ручном управлении все функции управления выполняет человек-оператор. При автоматизированном управлении часть функций выполняет человек, а другую часть — автоматические устройства. При автоматическом управлении все функции управления выполняют автоматические устройства. В соответствии с этими понятиями принято разделять системы управления на автоматизированные и автоматические.

В современной автоматике системы управления разделяют на автоматизированные системы управления производством (АСУП) и технологическими процессами (АСУ ТП).

Опыт автоматизации промышленности показывает, что при частичной автоматизации затраты на средства автоматики составляют от 1 до 10% капитальных вложений на установку в целом, при комплексной – от 10 до 25 % и при полной — более 25 %. В сельском хозяйстве на средства автоматики и метрологические приборы расходуется менее 7 %, хотя в теплицах они составляют 15...40 % общей стоимости технологического оборудования.

- 2 Характеристика и классификация автоматических систем управления;

Целью управления ТП может быть: стабилизация некоторой физической величины, изменение ее по заданной программе или, в более сложных случаях, оптимизация некоторого обобщающего критерия: наибольшая производительность процесса, наименьшая себестоимость продукта и т. д.

В самом простом случае (рис. 1.1, а) управление ТГТ осуществляется оператором 3, который на основании своего опыта и ориентируясь по показаниям контрольно-измерительных приборов 2 оценивает ход процесса по выходным параметрам $Y(t)$ и принимает меры воздействия $X(t)$ с целью устранения влияния внешних возмущений $X_B(t)$, действующих на объект управления 1. Естественно, результаты ТП в этом случае зависят от квалификации и добросовестности оператора.

Классификация автоматических СУ возможна по различным признакам, например, так, как это показано на рисунке 1.2

По методу управления автоматические СУ подразделяют на приспособляющиеся (адаптивные) и не приспособляющиеся к изменяющимся условиям работы ОУ.

Следующий признак классификации связан с результатом работы системы в установившемся состоянии. В соответствии с ним автоматические СУ делят на статические и астатические.

По виду дифференциального уравнения автоматические СУ подразделяют на линейные и нелинейные. К *линейным* относят системы, поведение которых описывается линейными дифференциальными уравнениями. Поскольку систем, абсолютно точно описываемых линейными дифференциальными уравнениями, практически не существует, сюда относят также линеаризованные системы, описываемые линейными дифференциальными уравнениями приближенно, при некоторых допущениях и ограничениях. К *нелинейным* относят системы, поведение которых описывается нелинейными дифференциальными уравнениями, причем в системе достаточно иметь всего один нелинейный элемент, чтобы вся она стала нелинейной.

3 Общий подход к автоматизации технологических процессов;

В общем случае система управления сельскохозяйственным производством строится путем последовательного объединения систем управления отдельными ТП при условии обеспечения максимальной универсальности систем, надежности и рационального использования новейших методов построения автоматических систем и технических средств. Такая поэтапная автоматизация позволяет получить наибольший эффект от внедрения автоматических устройств при минимальных затратах, связанных с автоматизацией важнейших звеньев ТП.

В состав технических средств локальных систем автоматики входят:

автоматические устройства с априорной или текущей информацией о возмущении, действующие по разомкнутой цепи преобразования сигнала в управляющее воздействие на ОУ;

автоматические регуляторы, обеспечивающие стабилизацию заданного значения регулируемой величины путем выработки управляющего воздействия, соответствующего отклонению этой величины от заданного значения;

средства автоматического контроля, которые выполняют функции измерения и регистрации контролируемых параметров процесса, а также сигнализации о достижении этими параметрами установленных предельных значений;

системы оптимизации, автоматически определяющие и поддерживающие оптимальный режим протекания ТП.

Структурная схема микропроцессорной системы управления на базе микроЭВМ показана на рисунке 1.4.

Существуют типовые измерительные преобразователи, позволяющие измерить и преобразовать в электрический сигнал практически любой технологический параметр. Это позволяет обходиться ограниченным числом преобразователей, регулирующих устройств и исполнительного механизма (ИМ) для автоматизации систем управления различного назначения.

4 Основные источники и показатели технико-экономической эффективности автоматизации;

Экономическая *эффективность автоматизации* измеряется степенью уменьшения совокупного труда, затрачиваемого на производство единицы продукции. При автоматизации сельскохозяйственных производственных процессов стоимость капитальных затрат обычно несколько возрастает, а эксплуатационные расходы на единицу продукции существенно сокращаются. Таким образом, эффективность автоматизации характеризуется суммарным сокращением затрат на производство единицы продукции.

Экономическая эффективность автоматизации складывается из энергетического, трудового, структурного и технологического эффектов.

В результате технико-экономических, социально-экономических и качественных сравнений автоматизированного и неавтоматизированного способов производства определяют основные показатели эффективности автоматизации: капитальные затраты, эксплуатационные годовые издержки, рентабельность, срок окупаемости, приведенные затраты и др.

Показатели экономической эффективности автоматизации необходимо рассчитывать для того, чтобы установить очередность автоматизации наиболее прогрессивных и экономически выгодных ТПв сельскохозяйственном производстве, выбрать наиболее экономичные методы и технические средства автоматизации, определить технико-экономические показатели ее эффективности, подсчитать годовой экономический эффект, имея в виду последующее материальное стимулирование работников.

1. 2 Лекция №2(2 часа).

Тема: «Характеристика объектов автоматизации АПК»

1.2.1 Вопросы лекции:

- 1 Характеристика технологических процессов;
- 2 Структура и принципы управления технологических процессов;
- 3 Особенности автоматизации АПК;
- 4 Типовые технические решения при автоматизации технологических процессов;

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

- 1 Характеристика технологических процессов;

Современное сельскохозяйственное производство — это объединение в комплекс сложных биотехнических систем.

Рассмотрим условия функционирования такой системы на базе одной из отраслей сельскохозяйственного производства — животноводства. При всем разнообразии технологических процессов в животноводстве их можно свести к сравнительно небольшому числу видов единичных операций:

биологические, т. е. происходящие в организме животного;
преобразования (приготовление корма, переработка навоза);
тепловые;

механические (перемещение материальных потоков, вращение рабочих органов).

Решение по управлению ТП принимают с учетом распорядка дня, режимов работы, организационных особенностей ТП.

Технологический процесс характеризуют группой качественных и численных показателей, на которые влияют возмущающие, а также управляющие воздействия.

Возмущения, влияющие на ход технологического процесса, могут контролироваться, а могут иметь случайный и неконтролируемый характер (поломки оборудования, заболевания животных).

Качество стабилизации параметров определяется требованиями технологии

автоматизированного процесса и возможностями системы управления. Как правило, переменные, входящие в вектор U , измеряют непосредственно, но иногда такая возможность отсутствует, и тогда соответствующий параметр может быть определен с помощью вычислительного устройства, использующего математическую модель процесса и результаты измерений входных возмущений.

2 Структура и принципы управления технологических процессов;

В общем виде структура управления ТП показана на рисунке 2.2. Если оператор — необходимая часть системы, то ее квалифицируют как автоматизированную, если нет — то как автоматическую.

Оператор действует в соответствии с целью управления, и его функции, в общем случае, очень обширны. К примеру, в обязанности оператора-животновода входят:

- соблюдение распорядка дня содержания и режимов кормления животных;
- получение информации от зооветслужбы о коррекции условий содержания, кормления и т. д.;

- восприятие информации о поведении объекта управления (животных);
- оценка и анализ технологической ситуации и выработка соответствующих решений;
- установка задания системе управления, коррекция программ в соответствии с текущими условиями;

- анализ информационных потоков о ходе ТП; защита животных и оборудования в случае возникновения аварийной ситуации;

- оперативная связь с вышестоящими органами управления, учет полученной продукции и т. д.

Все многообразие перечисленных задач, возникающих в ходе управления технологическим процессом, может быть классифицировано следующим образом.

Все пять рассмотренных принципов управления могут быть осуществлены в системах:

- местного управления (оператор следит за ходом ТПи управляет им, находясь рядом с технологической линией);

- дистанционного управления (оператор следит за ходом ТП по мнемосхеме, при этом улучшаются условия его работы, но контроль за ходом процесса ухудшается);

- централизованного управления (оператор следит за ходом ТП с центрального пульта, имеющего развитую систему контрольно-измерительных приборов, а возможно и ЭВМ в режиме оператора-советчика).

3 Особенности автоматизации АПК;

Автоматизация сельского хозяйства опирается на богатый опыт промышленности. Вместе с тем к методам и средствам автоматизации, применяемым в животноводстве и растениеводстве, предъявляют специфические требования, обусловленные особенностями сельскохозяйственного производства.

В отличие от промышленности в сельском хозяйстве наряду с техникой используются почва и живые организмы, машинная технология тесно переплетается и увязывается с биологическими процессами.

Немаловажные особенности — рассредоточенность сельскохозяйственной техники по большим площадям и удаленность ее от ремонтной базы, относительно малая мощность установок, тихоходность и невысокая квалификация обслуживающего персонала, а также сезонность их работы и непродолжительное использование в течение суток. Даже в животноводстве, где операции совершаются и повторяются ежедневно по определенному циклу, общее число часов работы машин в сутки относительно мало. Следовательно, средства автоматики должны быть очень многообразными, относительно дешевыми, простыми по устройству и надежными в эксплуатации.

Существенная особенность большинства сельскохозяйственных установок — их

работа на открытом воздухе, где окружающая среда непостоянна: широкие пределы изменения влажности и температуры, наличие примесей, пыли, мякины, песка в полевом хозяйстве или агрессивных газов (аммиака, сероводорода и углекислого газа), бактериальной осемененности, плесени в животноводстве, а также наличие значительных вибраций и толчков.

При разработке устройств автоматики сельских установок их необходимо рассчитывать на широкие пределы изменения параметров окружающей среды. Это позволит получить высоконадежные средства, так как наиболее эффективные мероприятия борьбы за повышение надежности устройств автоматики — выбор элементов с малой опасностью отказов и различные способы увеличения надежности при проектировании. Указанные специфические особенности в первую очередь влияют на первичные преобразователи (датчики) и исполнительные органы автоматики, устанавливаемые непосредственно на объектах автоматизации и испытывающие все неблагоприятные условия окружающей среды. Остальные узлы автоматики можно располагать в отдельных помещениях или специальных шкафах, исключающих неблагоприятное воздействие окружающей среды.

4 Типовые технические решения при автоматизации технологических процессов;

Общая задача управления ТП — это минимизация (максимизация) некоторого критерия (себестоимость, затраты энергии и т.д.) при выполнении ограничений на технологические параметры, накладываемых регламентом.

Поскольку решение этой задачи для всего процесса в целом затруднительно (много влияющих факторов), весь ТП следует разбить на отдельные участки, причем обычно участок соответствует законченной технологической операции, имеющей свою подзадачу (приготовление корма, обработка молока и т.д.).

К числу типовых технологических параметров, подлежащих контролю и регулированию, относят расход, уровень, давление, температуру и ряд показателей качества.

Регулирование расхода. Системы регулирования расхода характеризуются малой инерционностью и частой пульсацией параметра.

Выбор закона регулирования зависит от требуемого качества стабилизации параметра.

Регулирование температуры. Температура — показатель термодинамического состояния системы. Динамические характеристики системы регулирования температуры зависят от физико-химических параметров процесса и конструкции аппарата. Особенность такой системы — значительная инерционность объекта и нередко измерительного преобразователя.

1. 3 Лекция №3(2 часа).

Тема: «Статистика и динамика технологических объектов управления»

1.3.1 Вопросы лекции:

- 1 Основные понятия математического моделирования;
- 2 Математические модели установившегося и переходного режимов и методы их линеаризации;
- 3 Аналитический метод построения математической модели;
- 4 Экспериментальные методы построения математической модели;

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

- 1 Основные понятия математического моделирования;
- Для создания автоматических СУ необходимо располагать математическим

описанием процессов, происходящих как в самой системе, так и в ее элементах.

Под математическим описанием (математической моделью) подразумевается совокупность уравнений и граничных условий, описывающих зависимость выходных величин от входных в установившемся и переходном режимах. В связи с этим различают две группы математических моделей:

установившегося режима (модель статики);

переходного режима (модель динамики).

Математическая модель может быть получена аналитическим или экспериментальным методами. В последнем случае она может быть *детерминированной*, когда выходная величина однозначно определяется входной, или *статистической*, когда входные воздействия — случайные величины.

2 Математические модели установившегося и переходного режимов и методы их линеаризации;

Напомним, что математическая модель установившегося режима (иначе — статическая характеристика элемента или системы) отражает функциональную связь между входными и выходными величинами в установившемся состоянии, а математическая модель переходного режима (динамическая характеристика элемента или системы) описывает изменение выходной величины во времени в зависимости от изменения входной величины.

Как уравнения статики, так и уравнения динамики могут быть линейными или нелинейными, в последнем случае они подлежат линеаризации.

Линеаризация уравнений динамики. Итак, в общем случае при наличии одной выходной (y) и нескольких входных величин (x) динамика элемента (системы) описывается дифференциальным уравнением (для двух x_1 и x_2)

Линеаризация уравнений статики. Уравнения статики элементов (систем) автоматического управления, как правило, нелинейные и могут быть представлены в виде кривой или ломаной линии.

Линеаризация нелинейных статических характеристик осуществляется несколькими способами.

Метод малых отклонений.

Метод касательной

Метод секущей.

3 Аналитический метод построения математической модели;

Дифференциальные уравнения простых элементов можно составить, используя закономерности протекающих в них физических явлений. Такими закономерностями могут быть: закон сохранения вещества (объект регулирования уровня, давления), закон

сохранения энергии (объект регулирования температуры), законы электротехники и т. д. Уравнения статических и переходных режимов составляют на базе уравнений балансов вещества или энергии.

При составлении дифференциальных уравнений сложного объекта (или системы) он должен быть расчленен на простейшие элементы, соединенные последовательно, для каждого из которых составляют математические модели статики и динамики. Дифференциальное уравнение объекта или системы в целом получают путем исключения промежуточных величин.

Чтобы получить такое простое уравнение, был сделан ряд допущений: процесс дросселирования газа считали изотермическим и не учитывали зависимость α от Δp .

4 Экспериментальные методы построения математической модели;

В практике синтеза автоматических СУ технологическими процессами сельскохозяйственного производства используют два метода экспериментального определения (идентификации) статических и динамических характеристик объектов автоматизации — активный и пассивный.

В первом случае испытательное воздействие стандартной формы задают искусственно, во втором — объект исследуют путем сопоставления выходных и входных величин в условиях нормальной эксплуатации объекта.

Выбор метода идентификации объекта определяется поставленной задачей, условиями опытов, эксплуатационными возмущениями и допустимыми по технологическим требованиям отклонениями исследуемых величин. Логика выбора метода будет рассмотрена далее.

Определение статических характеристик (активный метод).

Определение статических характеристик (пассивный метод).

Определение динамических характеристик.

1. 4 Лекция №4(2 часа).

Тема: «Характеристики технических средств автоматических систем управления»

1.4.1 Вопросы лекции:

1 Общие сведения о приборах и средствах автоматизации технологических процессов;

2 Измерительные преобразователи и устройства;

3 Автоматические регуляторы;

4 Исполнительные механизмы;

5 Регулирующие органы.

1.4.2 Краткое содержание вопросов:

1 Общие сведения о приборах и средствах автоматизации технологических процессов;

В целях унификации технических систем контроля и регулирования ТП различных

отраслей народного хозяйства создана Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП).

Функциональная схема ГСП включает несколько групп приборов и устройств: для получения информации о состоянии ТП; приема, преобразования и передачи информации по каналам связи; преобразования, хранения и обработки информации и формирования команд управления; использования командной информации в целях воздействия на ОУ.

Между техническими средствами электрической и гидравлической ветвей нередко существуют связи с взаимным обменом унифицированными сигналами благодаря применению электро- гидравлических (ЭГП) и гидроэлектрических преобразователей (ГЭП). Это дает возможность выбрать оптимальную структуру технических средств из устройств разных ветвей ГСП.

Самый простой вариант структуры гидравлической ветви — группа приборов, работающих без вспомогательной энергии, состоящая из регуляторов прямого действия.

В этой главе дана характеристика группы технических средств, являющихся основой самых различных автоматических систем сельскохозяйственного назначения. Основное внимание уделяют не конструктивным и метрологическим характеристикам оборудования, изучаемым в специальных курсах, а статическим и динамическим характеристикам, используемым при синтезе автоматических СУ. Результаты зависят также от выбора измерительного устройства, исполнительного механизма (ИМ) и регулирующего органа (РО).

2 Измерительные преобразователи и устройства;

Измерительное устройство регулятора, как и всякое звено контура регулирования, характеризуется зависимостью между выходной и входной величинами в установившемся и переходном режимах. В установившемся режиме эта зависимость характеризует статическую характеристику устройства. Желательно, чтобы статическая характеристика измерительного устройства в рабочем диапазоне изменения регулируемой величины была линейной.

Тип измерительного устройства автоматического регулятора определяется: видом регулируемого параметра (давление, температура, скорость и т. п.); физической природой преобразуемого сигнала (температура среды в электрический импульс, в механическое воздействие и т. д.); требуемой точностью поддержания регулируемого параметра; зависимостью показаний от условий измерения (запыленность среды, вибрация и т. п.).

Кроме механических применяют электрические измерители давления, использующие тензодатчики, пьезорезисторы, магнитоупругие элементы и т. д. В динамическом отношении эти измерители соответствуют безынерционным звеньям, коэффициент преобразования усиления которых определяется конструктивными особенностями измерителя.

Преобразователи потенциометрического типа включают в мостовую схему, питаемую постоянным или переменным током.

Электромашинный преобразователь — сельсин представляет собой миниатюрную электрическую машину, состоящую из статора и ротора. На статоре обычно располагают три обмотки, сдвинутые в пространстве на 120° по отношению одна к другой; а на роторе — одну обмотку. При использовании сельсинов в трансформаторном режиме одноименные зажимы обмоток статоров сельсинов датчика и приемника соединяют между собой. На обмотку ротора сельсина-датчика подают напряжение переменного тока U_n , а с ротора сельсина-приемника снимают напряжение U , значение которого пропорционально синусу угла рассогласования роторов. При этом согласованным

является положение, при котором оси обмоток роторов сельсинов сдвинуты на 90° .

При измерении частоты вращения рабочих органов мобильных сельскохозяйственных агрегатов часто применяют импульсные измерители скорости, преобразующие угловую скорость в частоту следования импульсов некоторого значения (тока, светового потока, излучения и т.д.).

3 Автоматические регуляторы;

Устройство, которое воспринимает разность между текущим и заданным значениями регулируемой величины и преобразует ее в воздействие на РО в соответствии с заложенным в регулятор законом регулирования, называют *автоматическим регулятором*.

Напомним, что элементы типового регулятора — это измерительный преобразователь, задатчик, усилитель и собственно регулирующее устройство, которое вырабатывает сигнал рассогласования текущего и заданного значения регулируемой величины, усиливает его и корректирует в соответствии с законом регулирования, вырабатывая сигнал регулирующего воздействия.

Большинство систем автоматического регулирования включает также ИМ, преобразующий командный сигнал от регулятора в соответствующее воздействие на РО.

При выборе структурной схемы любого реального регулятора, в том числе и пропорционального, решающее значение имеет передаточная функция (ПФ) исполнительного механизма, которая может соответствовать ПФ интегрирующего или пропорционального звена. К первой группе относятся электродвигательные ИМ, обеспечивающие постоянную скорость перемещения РО, ко второй — пневматические мембранные ИМ, у которых перемещение РО пропорционально регулирующему воздействию.

Релейные регуляторы кроме зоны нечувствительности имеют также и зону неоднозначности.

Системы автоматического регулирования с позиционными регуляторами применяют при автоматизации ТП сельскохозяйственного производства. Это стало возможным благодаря таким их преимуществам, как простота технических способов управления энергетическими потоками, удобство сочетания релейного элемента с ИМ постоянной скорости, перемещающим РО, а также благодаря дешевизне, надежности и простоте настройки самих регулирующих устройств.

4 Исполнительные механизмы;

Устройство, преобразующее управляющий сигнал регулятора в перемещение РО, называют *исполнительным механизмом*. Такое устройство обычно состоит из исполнительного двигателя, передаточного или преобразующего узла (например, редуктора), а также систем защиты, контроля и сигнализации положения выходного элемента, блокировки и отключения. Передаточная функция ИМ входит в ПФ регулятора, и потому ИМ должен обладать достаточным быстродействием и точностью, с тем чтобы осуществлять перемещение РО с возможно меньшим искажением закона регулирования.

Гидравлические ИМ обладают очень большим быстродействием и выходной мощностью, и потому их применяют в системах автоматизации мобильных сельскохозяйственных машин и агрегатов

Электродвигательные ИМ. В них используют электродвигатели постоянного и переменного тока, в том числе асинхронные двухфазные с полым ротором, с конденсаторами в цепи обмотки управления, а также асинхронные трехфазные двигатели. Исполнительные двигатели постоянного тока имеют независимое возбуждение или возбуждение от постоянных магнитов. Управляют этими двигателями, изменяя напряжение на якоре или на обмотке возбуждения (якорное или полюсное управление).

Электромагнитные ИМ. Они представляют собой соленоиды и электромагнитные

муфты. Соленоидный ИМ — это катушка, втягивающее усилие которой при подаче управляющего сигнала U перемещает якорь на расстояние S , преодолевая сопротивление пружины.

5 Регулирующие органы;

Устройство, позволяющее изменять направление или расход потока вещества или энергии в соответствии с требованиями ТП, называют *регулирующим органом* (РО).

Работоспособность РО определяется его характеристиками: диапазоном регулирования и рабочей расходной характеристикой.

Отношение максимального расхода среды G_{\max} к минимальному G_{\min} , соответствующему перемещению РО из одного крайнего положения A_{\min} в другое A_{\max} , называют *диапазоном регулирования*.

Регулирующие органы скоростного типа. Они изменяют производительность РО за счет изменения его частоты вращения. К РО этого типа относят устройства для регулирования частоты вращения вытяжных вентиляторов систем вентиляции животноводческих помещений, шнековых питателей-дозаторов и т.д.

Рациональный выбор рабочего органа и его конструктивное оформление в значительной степени обеспечивают надежность устройства и точность дозирования.

Вибрационные питатели (рис. 4.6, б) предназначены для подачи из бункера, не имеющего дна, мелко- и крупнокусковых материалов. Подачу материала регулируют изменением амплитуды выпрямленного напряжения, подводимого к электромагнитам питателя. Электромагниты, жестко связанные с корпусом лотка, заставляют его вибрировать с определенной частотой. Материал вследствие небольшого наклона лотка перемещается к его концу со скоростью, зависящей от амплитуды питающего напряжения. Достоинства вибрационных питателей — отсутствие вращающихся частей, плавное и практически безынерционное регулирование производительности.

Ленточные питатели (рис. 4.6, в) предназначены для выдачи сыпучих материалов с различными размерами фракций. Производительность питателя зависит от размеров фракций материала и скорости перемещения ленты v . Последнюю можно изменять с помощью частоты вращения электропривода или бесступенчатого вариатора, управляемого ИМ.

Тарельчатые питатели (рис. 4.6, г) предназначены для подачи из бункеров преимущественно мелкозернистых и мелкокусковых материалов. Тарельчатый питатель представляет собой круглый плоский диск (тарель), устанавливаемый под бункером и вращаемый специальным приводом желательнo с возможностью регулирования частоты вращения n .

Недостатком питателя является зависимость степени заполнения секторов от числа оборотов n вращения ротора.

Работоспособность системы автоматического управления в значительной мере зависит от правильности выбора регулирующего органа. Выбирают конкретный РО по данным справочников или каталогов в соответствии с наибольшим значением пропускной способности.

1. 5 Лекция №5(2 часа).

Тема: «Методы синтеза автоматических систем управления»

1.5.1 Вопросы лекции:

- 1 Выбор регулятора и закона управления;
- 2 Методы синтеза одноконтурных и многоконтурных автоматических систем регулирования;
- 3 Системы регулирования объектов с запаздыванием и нестационарных объектов;
- 4 Синтез систем позиционного регулирования;
- 5 Цифровые автоматические системы;

.6 Управление при неполной начальной информации.

1.5.2 Краткое содержание вопросов:

1 Выбор регулятора и закона управления;

Тип регулятора и закон управления (регулирования) выбирают в зависимости от технологических показателей, свойств ОУ, а так же требований к качеству процесса регулирования.

Приведенные рекомендации, однако, не исчерпывающие. Так, позиционные системы регулирования характеризуются автоколебаниями регулируемой величины, и если технология автоматизируемого процесса не допускает автоколебательного режима, то возможно применение регулятора непрерывного действия.

Одна из основных характеристик качества процесса регулирования — *точность*, оцениваемая значением статической ошибки, т. е. остаточным отклонением регулируемой величины от заданного значения по окончании переходного процесса.

В реальных системах статическая ошибка не должна выходить за пределы, допускаемые технологией автоматизируемого процесса.

Большинство остальных показателей качества характеризует работу системы в переходных режимах. Эти показатели могут быть разделены на две группы: определяемые непосредственно по кривой переходного процесса и косвенным показателям.

Все рассмотренные ранее показатели и критерии качества рассчитаны на оценку качества переходного процесса при отработке детерминированных воздействий (ступенчатой формы и др.). Между тем реальные системы отрабатывают возмущения случайного характера.

Качество работы таких систем оценивают значением среднеквадратичного отклонения или дисперсией выходного сигнала.

2 Методы синтеза одноконтурных и многоконтурных автоматических систем регулирования;

В задачи синтеза автоматических систем регулирования входят выбор закона регулирования и определение параметров настройки регулятора, обеспечивающих заданное или оптимальное качество переходных процессов.

Выбор закона регулирования основывается на требованиях к качеству стабилизации параметра, динамических характеристиках объекта регулирования и характеристиках возмущающих воздействий. При этом значение возмущающих воздействий оценивают по входному регулирующему воздействию x , обеспечивающему их компенсацию.

На номограммах представлены И-, П-, ПИ- и ПИД-регуляторы. С увеличением инерционности объекта, характеризуемой отношением τ/T^* , и изменением коэффициента усиления регулятора K_r должны быть использованы более сложные.

Выбор закона регулирования завершается проверкой обеспечения регулятором допустимых времени и ошибки регулирования.

3 Системы регулирования объектов с запаздыванием и нестационарных объектов;

Если объект регулирования имеет неудовлетворительные динамические характеристики, то требуется усложнение закона регулирования или переход от одноконтурной системы к многоконтурной, включающей в себя дополнительные (корректирующие) импульсы по возмущениям или вспомогательным выходным координатам.

В зависимости от корректирующего импульса много контурные автоматические системы регулирования (СР) делят на комбинированные, каскадные, с вводом производной от промежуточной регулируемой величины и взаимосвязанные системы.

Синтез каскадных автоматических СР. Этот тип многоконтурных СР рекомендуется в том случае, если основной вид возмущения — поступающее по каналу регулирующее воздействие. При этом сам объект, характеризующийся значительной инерционностью, должен иметь промежуточную (вспомогательную) регулируемую величину менее инерционную, чем основная.

Динамику многосвязных объектов описывают системой дифференциальных уравнений, а в преобразованном по Лапласу виде — матрицей ПФ.

Система связанного регулирования обеспечивает принцип автономности — взаимную независимость выходных координат при работе замкнутых СР. Автономность достигается организацией перекрестных компенсирующих связей по одному из двух вариантов: в виде прямых и обратных перекрестных компенсирующих связей.

4 Синтез систем позиционного регулирования;

Большинство автоматических систем характеризуется запаздыванием, определяемым свойствами объекта или наличием в СР периодически действующих регуляторов.

Классический способ улучшения качества регулирования — применение регуляторов, обеспечивающих компенсацию чистого запаздывания.

Существенное улучшение качества регулирования при особо неблагоприятных динамических характеристиках объекта ($\tau/T_{об} > 3$) обеспечивает пропорционально-дифференциальный регулятор.

Если возмущение, изменяющее динамику объекта, можно измерить, то лучший прием, обеспечивающий высокое качество регулирования, — параметрическая компенсация, т. е. автоматическое изменение параметров настройки регулятора. Соответствующая операция выполняется по команде вычислительного устройства, обрабатывающего информацию о состоянии объекта в соответствии с заранее разработанным алгоритмом.

5 Цифровые автоматические системы;

При синтезе автоматических СР с двухпозиционным регулятором следует учитывать, что даже в отсутствие возмущений такие системы находятся в режиме установившихся колебаний. Поэтому выбранные параметры регулятора — зона неоднозначности $2a$ и величина регулирующего воздействия B (рис. 5.3, б) — должны обеспечить минимальную амплитуду A_k и максимальный период T_k автоколебаний, а среднее значение регулируемой величины $u_{ср}$ возможно более близкое к заданному значению u_0 (рис. 5.3, в).

Существует большое число способов улучшения качества двухпозиционного регулирования.

Самые простые из них — это регулирование неполным притоком и (или) оттоком энергии. По сути своего влияния эти способы аналогичны уменьшению регулирующего воздействия, но их гораздо проще осуществить. Аналогичный эффект достигается и при включении ступенчатого импульсного прерывателя в выходные цепи регулятора (релейно-импульсное регулирование).

6 Управление при неполной начальной информации.

Цифровые автоматические системы (ЦАС) реализуются на базе миниЭВМ или микропроцессоров. По сравнению с традиционными (аналоговыми) они обеспечивают квантование регулируемой величины и регулирующего воздействия, причем как по уровню, так и по времени.

Квантование по уровню необходимо из-за ограниченной разрядности входных и выходных преобразователей ЦАС. Квантование по времени — из-за ограниченного быстродействия ЭВМ. В результате управляющие воздействия выдаются через

определенные промежутки времени (интервалы дискретности).

Цифровые автоматические системы на базе миниЭВМ (рис. 5.4, а). На базе мини-ЭВМ создаются централизованные ЦАС, в которых используют разнообразные периферийные устройства связи с ОУ и оператором.

Входные (ВВ), например аналого-цифровые, и выходные (ВД), например цифро-аналоговые, преобразователи позволяют вводить в ЭВМ аналоговую и цифровую (дискретную) информацию, а также вырабатывать регулирующие воздействия на аналоговые исполнительные механизмы (ИМ) и регуляторы (Р).

Микропроцессорные ЦАС. По сравнению с ЦАС на миниЭВМ они надежнее и дешевле за счет функциональной и пространственной децентрализации.

По условиям работы человек должен иметь возможность вмешиваться в работу ЦАС. Кроме того, управляющие сигналы ЦАС (они квантованы по уровню и времени) должны быть преобразованы в аналоговые. Эти задачи решают с помощью СтУ. Кроме того, СтУ запоминает задающие и регулирующие воздействия в промежутках времени между получением новых значений от ЦАС, индицирует регулирующую переменную, задающее и регулирующие воздействия, обеспечивает безударный переход из «автоматического» режима в «дистанционный» и обратно, а также и другие функции.

На базе микроЭВМ можно строить децентрализованные ЦАС, которые дешевле и надежнее рассмотренных ранее.

1. 6 Лекция №6(2 часа).

Тема: «Автоматизация технологических процессов

в полеводстве»

1.6.1 Вопросы лекции:

- 1 Системы автоматического контроля работы мобильных сельскохозяйственных агрегатов;
- 2 Системы автоматического управления положением рабочих органов и режимами работы мобильных сельскохозяйственных агрегатов;
- 3 Микропроцессорные системы управления работой мобильных сельскохозяйственных агрегатов;

1.6.2 Краткое содержание вопросов:

- 1 Системы автоматического контроля работы мобильных сельскохозяйственных агрегатов;

Системы автоматического контроля работы посевных агрегатов.

Они обеспечивают контроль частоты высева семян и количества технологического материала (семян, удобрений) в бункерах машин.

Функциональная схема таких систем (рис. 6.1) включает набор датчиков 11)...Д., установленных на посевном агрегате (объекте автоматического контроля), блок усиления и преобразования сигналов (БУП) датчиков, монитор для оператора (установленный в кабине трактора или самоходного комбайна).

Датчики основных контролируемых параметров (уровней семян, удобрений в бункерах сеялки и частоты высева семян) имеют фотоэлектрический принцип действия и состоят из оптически связанных между собой фотоприемника (например, фоторезистора, фотодиода) и светового излучателя (например, светодиода или лампы накаливания). Системы автоматического контроля (САК) имеют режим «Проверка», при котором генерируется импульсная последовательность, имитирующая сигналы датчиков при нормальном протекании технологического процесса высева семян.

Датчики уровня технологического материала в бункере сеялки устанавливаются в его нижней части. Если, например, уровень заполнения бункера семенами (удобрением)

превышает место (высоту) установки датчика, то световой поток его излучателя не попадает на соответствующий фотодиод 2 и выходной ток последнего будет минимален. Если же этот уровень ниже места установки датчика, то на фотодиод попадает световой поток, что вызывает существенное возрастание силы тока (в цепи фотодиода) и его увеличение усилителем 3 до порога включения электронного реле 6 и светового указателя 7 минимального уровня семян «С» (удобрений «У»),

Таким образом, оператор, находясь в кабине трактора (комбайна), получает достоверную информацию о наличии семян или удобрений в бункерах, а также о нарушениях работы конкретных семяпроводов высевающих аппаратов. Описанные системы автоматического контроля существенно сокращают сроки сева и повышают его качество.

Используя такую информацию, оператор может оперативно устранять возникающие отклонения, воздействуя на рулевой механизм трактора и изменяя положение комбайна относительно рядков растений. Чувствительный элемент датчика положения русел комбайна относительно рядков растений представляет собой рамку копира (рис. 6.3, в), которая может под воздействием растений кукурузы поворачиваться относительно основания 14. Рамка с ограничителем поворота 6 связана тросовым приводом 10 со шкивом 5 передающего преобразователя 7 датчика и посредством пластины 13 соединена с демпфирующим устройством 4. Ось оворота 11 рамки копира является базой ориентации машины. Изменение ее положения относительно центра междурядья приводит к повороту рамки.

2 Системы автоматического управления положением рабочих органов и режимами работы мобильных сельскохозяйственных агрегатов;

Системы автоматического управления положением рабочих органов МСА. Они позволяют повысить качество и эффективность выполнения ТП, а также улучшить условия работы оператора. В частности:

1. *Автоматическое управление глубиной вспашки* предназначено для стабилизации глубины вспашки (хода плугов, лемехов и других рабочих органов). Практическое применение нашли силовой, высотный и комбинированный способы стабилизации глубины вспашки.

Силовой способ основан на том, что тяговое сопротивление плуга зависит от глубины вспашки. При увеличении (уменьшении) тягового сопротивления специальная пружина, установленная между трактором и плугом, сжимается (разжимается) и перемещает шток и поршень управляющего гидроцилиндра. При этом последний перераспределяет (под давлением от насоса) поток масла (гидравлической жидкости) в соответствующие полости силового гидроцилиндра, который осуществляет выглубление (заглубление) лемехов плуга до заданного тягового усилия. Такой способ позволяет также стабилизировать нагрузку трактора и обеспечивать экономичную работу его двигателя. Силовой способ эффективен в работе преимущественно на однородных по составу почвах при постоянной скорости движения трактора, т.е. когда тяговое усилие трактора пропорционально глубине хода лемехов плуга.

2. *Автоматическое управление высотой среза* кормовых трав, кукурузы и другой зеленой массы применяют на сенокосилках и силосоуборочных комбайнах. Высоту среза растений устанавливают минимально допустимой, что повышает сбор зеленой массы.

3. *Системы автоматического управления рабочими органами про-реживателей сахарной свеклы* предназначены для обработки (срезания) пропашных культур свеклоуборочными и другими комбайнами.

Схема устройства системы автоматического управления про-реживателями сахарной свеклы показана на рисунке 6.7.

4. *Автоматическое управление положением фрезы* используют при обработке приствольных полос в садах, для отвода фрезы от стволов деревьев (кустов).

5. Автоматическое управление положением остова зерноуборочного комбайна при работе на склонах позволяет сохранять параллельность хедера комбайна относительно поверхности почвы, а также горизонтальность положения его молотильного барабана и очистительных устройств.

Системы автоматического управления режимами работы МСЛ. Они позволяют оптимизировать технологические, энергетические и эксплуатационные параметры функционирования МСА. В частности:

1. Автоматическое управление загрузкой рабочих органов уборочных комбайнов способствует повышению качества и эффективности ТП, уменьшению потерь технологического продукта и расхода топлива, а также улучшению условий труда операторов.

2. Автоматическое управление загрузкой и чистотой зерновой массы в потоке осуществляется путем предварительного и окончательного сепарирования (рис. 6.11) на воздушно-решетной зерноочистительной машине (ЗОМ).

Работа МСА включает три основных этапа: выезд в поле и возвращение в хозяйство, движение по рабочей длине гона (поля), повороты в конце гона. Наибольшие затраты времени и объем выполняемых работ определяются нахождением МСА на поле (гоне), поэтому рассмотрим основные методы управления направлением МСА по рабочей длине гона. К таким методам можно отнести: копирование, программное вождение, дистанционное управление, естественное и искусственное ориентирование.

Система автоматического управления направлением движения кормоуборочной машины. Она обеспечивает ориентацию кормоуборочной машины в процессе ее движения на рабочем гоне таким образом, что выкапывающие рабочие органы располагаются вдоль рядков убираемых корней. Это является необходимым условием надежного извлечения корней из почвы. Без управления направлением движения машина будет по разным причинам отклоняться от линии рядков и нормальный уборочный процесс невозможен.

3 Микропроцессорные системы управления работой мобильных сельскохозяйственных агрегатов;

Системы автоматического регулирования нормы внесения жидких компонентов. Полевые прицепные и самоходные опрыскиватели (подкормщики) оснащают устройствами автоматики, которые обеспечивают регулирование количества жидких компонентов (удобрений, химических препаратов), вносимых на единицу обрабатываемой площади.

Функционально-технологическая схема систем автоматического управления расходом жидкости показана на рисунке 6.16. На основании сигналов измерительного преобразователя 3 расхода жидкости, поступающей к распиливающей штанге, и сигналов от датчика (измерительного преобразователя пройденного агрегатом пути) 14 контроллер 4 вычисляет удельный расход жидкости на единицу обработанной площади (л/м^2). Если этот расход отлича-

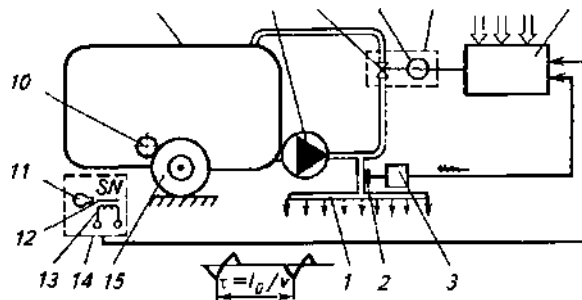


Рис. 6.16. Функционально-технологическая схема САУ РЖ:

1 — распыливающая штанга; 2 дросселирующее устройство; 3 - измерительный преобразователь; 4 — контроллер; 5 — исполнительный механизм; 6 электродвигатель; 7 — дроссель; 8 — распределитель; 9 — бак; 10—обрезиненный ролик; 11— флажковый модулятор; 12— постоянный магнит; 13 - индукционная катушка; 14 — датчик; 15— ходовое колесо

ется от заданного, то контроллер формирует импульсный командный сигнал на приводимый электродвигателем 6 исполнительный механизм (ИМ) 5, который за счет изменения проходного сечения дросселя 7 увеличивает или уменьшает расход жидкости, возвращаемой в бак 9, а следовательно, уменьшает или увеличивает расход жидкости, направляемой к сопловым аппаратам распыливающей штанги 1. Длительность командного импульса пропорциона величине отклонения текущего значения удельного расхода от его заданного значения.

Система САУ РЖ включает перепрограммируемый микропроцессорный контроллер, функциональная схема которого показана на рисунке 6.17. В его состав входят таймер программируемый Т, микропроцессор (МП), постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), панель индикации, контроллер и поле клавиатуры, блок питания (БП).

Микропроцессорная система автоматического контроля и автоматического регулирования (САКАР). Она предназначена в основном для корнеуборочных и кукурузоуборочных самоходных машин с гидростатической трансмиссией, а также и для других сложных уборочных МСА. САКАР обеспечивает выполнение функций систем автоматического контроля вождения, а также автоматического управления загрузкой рабочих органов самоходных МСА путем соответствующих изменений их поступательной скорости. САКАР позволяет выполнять и ряд дополнительных функций управления обеспечение диалогового режима с оператором и др.

Так, команда «Тест» запускает программу диагностики состояния рабочих органов и двигателя, при этом может осуществляться цифровая индикация состояния их кинематического режима.

Команды «Пуск» и «Стоп» соответственно пускают и приостанавливают программу контроля рабочих органов и двигателя при выполнении ТП. Команда «СAB» запускает программу коррекции системы автоматического вождения.

Команда «AP3» (автоматическое регулирование загрузки) запускает программу формирования сигнала уровня загрузки уборочной машины.

Бортовая автоматизированная система управления технологическими, энергетическими и эксплуатационными режимами работы МСА. Она предназначена для получения, обработки, хранения и выдачи оператору информации о технологических, энергетических и эксплуатационных режимах работы МСА, о действиях, которые рекомендуется выполнить оператору для обеспечения наиболее эффективной работы мобильного агрегата, а также об отклонениях от нормальной работы технологических и энергетических режимов МСА.

БАС включает:

1. Комплект датчиков: нагрузки двигателя, действительной скорости поступательного движения МСА, частоты вращения колес трактора (теоретической

скорости поступательного движения МСА), вращения коленчатого вала двигателя, вращения ВОМ, вращения ухвов прицепной машины (орудия), номера включенной передачи, температуры охлаждающей жидкости двигателя, температуры масла двигателя, давления масла в двигателе, давления масла в гидросистеме МСА, уровня топлива в баке, заряда аккумуляторной батареи.

2. Блок хранения, обработки и выдачи информации.

3. Блок стабилизированного напряжения.

Блок визуальной и звуковой индикации позволяет представлять контролируемые БАС информационные параметры работы МСА в цифровом (например, скорость МСА, расход топлива, время, температуру, давление и др.) или аналоговом (тахометр, уровень топлива в баке, нагрузка двигателя, уровень заряда аккумуляторной батареи и др.) виде.

Блок сопряжения с выходами датчиков обрабатывает аналоговые и цифровые сигналы датчиков в удобные для восприятия БАС.

Устройство ввода предназначено для ввода цифровой информации в микроЭВМ. Основу устройства составляет программируемый параллельный интерфейс.

Блок стабилизированного напряжения преобразует напряжение аккумуляторной батареи в стабилизированное напряжение +5 В, необходимое для питания всех интегральных микросхем БАС.

1. 7 Лекция №7(2 часа).

Тема: «Автоматизация технологических процессов в сооружениях защищенного грунта»

1.7.1 Вопросы лекции:

- 1 Назначение и виды защищенного грунта;
- 2 Характеристики сооружений защищенного грунта;
- 3 Способы обогрева защищенного грунта;
- 4 Технологические процессы (операции), механизруемые и автоматизируемые в сооружениях защищенного грунта;
- 5 Автоматическое управление температурой воздуха и почвы;
- 6 Автоматическое управление температурным режимом в блочных теплицах;
- 7 Автоматическое управление микроклиматом в ангарных теплицах;
- 8 Автоматическое управление температурой почвы и теплозащитным экраном;
- 9 Автоматическое управление влажностью воздуха и почвы температурой поливной воды;
- 10 Автоматическое управление концентрацией раствора минеральных удобрений;
- 11 Автоматическое управление содержанием диоксида углерода и досвечиванием растений;
- 12 Автоматизация гидропонных пленочных теплиц, парников;
- 13 Автоматизация теплиц для выращивания грибов.

1.7.2 Краткое содержание вопросов:

- 1 Назначение и виды защищенного грунта;

Согласно научно обоснованным нормам питания человек должен равномерно в течение всего года потребить 130...150 кг овощей и 120 кг картофеля. Однако суровые климатические условия не позволяют получать овощи из открытого грунта равномерно в течение круглого года. Так, в первой половине года населению поступает менее 10% овощей, а в июле—сентябре — более 90% огурцов и 70 % томатов. С целью равномерного потребления населением овощей в течение года около 25 % всего их количества должно выращиваться в сооружениях защищенного грунта (теплицах, парниках, утепленном грунте и т. п.).

Теплицы, особенно зимние, представляют собой весьма сложные, дорогостоящие и энергоемкие технические объекты с разветвленными системами электро-, тепло- и водоснабжения и канализации.

На производство 1 кг тепличных овощей в средней полосе расходуется до 200 МДж тепловой и 2,3 кВт · ч электрической энергии. Для обогрева 1 га площади зимних теплиц требуется за сезон более 2 тыс. т условного топлива, т. е. на порядок больше, чем для обогрева такой же площади жилых помещений.

Парники — это полностью или частично заглубленные в почву каркасные сооружения со съемным светопрозрачным покрытием на небольшой земельной площади, обслуживаемой снаружи.

Теплицы — это наиболее совершенный и технически оснащенный вид сооружений защищенного грунта.

По срокам использования теплицы делят на *зимние* (работающие круглогодично) и *весенние* (функционирующие с февраля по октябрь). Зимние теплицы в 2...3 раза дороже весенних из-за массивных строительных конструкций и большей насыщенности теплотехническими установками.

Башенные гидропонные теплицы — это многоэтажные стеклянные или светонепроницаемые сооружения высотой 20...40 м при экономном использовании земли. По высоте теплицы сооружен непрерывный конвейер со стеллажами для растений и питательного раствора. При движении конвейера растения на стеллажах в нижнем положении получают минеральную подкормку и увлажнение. Такую теплицу можно строить в любом месте: на бросовых землях или как пристройку к многоэтажному дому в городе.

2 Характеристики сооружений защищенного грунта;

Для сравнительной оценки сооружений защищенного грунта используют ряд показателей, характеризующих световой, тепловой, водный, воздушно-газовый и питательный режимы.

Световой режим определяется степенью использования солнечной энергии, которая характеризуется интегральным коэффициентом пропускания световой и инфракрасной солнечной энергии через светопроницаемые ограждения защищенного грунта.

Тепловой режим сооружений должен обеспечивать оптимальные температуры воздуха и почвы в соответствии с фазами роста и типом растений, способом выращивания и освещенности. Оптимальная температура воздуха для теплолюбивых культур (томат, огурец, баклажан, перец) при солнечной погоде равна 24 ± 4 °С, в пасмурную погоду 22 °С, ночью 15...20 °С, для умеренно требовательных к теплоте культур (редис, салат, сельдерей, укроп и т. п.) 16 ± 4 °С. Оптимальное значение среднесуточной температуры почвы для первых культур должно быть 22...26 °С, для вторых — на 4 °С ниже. При прорастании семян всех культур температуру почвы поддерживают на уровне 20...25 °С, а после появления всходов снижают до 18...20 °С для теплолюбивых и до 6...8 °С для умеренно требовательных к теплоте растений.

Режим питания. Интенсивное использование почвы в теплицах под две-три культуры за сезон предъявляет повышенные требования к составу субстратов и минеральному питанию.

В связи с уменьшением затрат из-за отсутствия обработки почвы удельные затраты труда в них в два раза ниже, а урожайность, по многолетним наблюдениям, выше на 20...50 %. Кроме того, сокращается период от посева до плодоношения овощей.

Гидропонный способ незаменим там, где невозможно использовать грунтовые теплицы.

3 Способы обогрева защищенного грунта;

В практике защищенный грунт обогревают за счет солнечного излучения, биологического топлива (биотоплива), горячей водой или паром от котельных, отходами теплоты промышленных предприятий, а также электронагревательными установками.

Солнечный обогрев используют в сооружениях защищенного грунта наряду с другими дополнительными видами обогрева.

Биологический обогрев осуществляют за счет теплоты, выделяемой органическими материалами в процессе их разложения микроорганизмами. В качестве биотоплива используют навоз животных, городские отбросы и органические отходы промышленных предприятий.

Водяной обогрев — самый распространенный вид обогрева благодаря высоким эксплуатационным и экономическим показателям.

Основные потребители теплоты в защищенном грунте — системы обогрева воздуха и почвы в теплице. Еще примерно 14% ее суммарного количества расходуется на обогрев коридора и служебных помещений, нагрев поливной воды и т.д. Суммарная мощность систем обогрева зимних теплиц в средней полосе России составляет около 7 МВт на 1 га.

Электрический обогрев используют в основном в парниках. Он бывает почвенный, воздушный и комбинированный — почвенно-воздушный. Для электрообогрева применяют специальные нагревательные провода, трубчатые, оголенные проволочные, асфальтобетонные, электродные и другие нагревательные элементы.

Электродный способ обогрева заключается в том, что в почву закладывают металлические электроды и при их помощи через почву пропускают ток, нагревающий ее. Однако этот способ не используют в практике из-за большого расхода металла (8...9 кг на 1 кВт установленной мощности обогрева), непостоянства сопротивления почвы и большой неравномерности распределения температуры по площади почвы. Как правило, установленная мощность 1 м длины электронагревателя для парника составляет

4 Технологические процессы (операции), механизруемые и автоматизируемые в сооружениях защищенного грунта;

Защищенный грунт характеризуется ежегодными затратами труда до 18 чел.-ч на 1 м² площади. Растения хорошо развиваются и плодоносят только при оптимальных значениях параметров микроклимата теплиц. Степень механизации и автоматизации технологических процессов в теплицах достаточно высокая.

Около 40% общих затрат труда приходится на подготовительные работы, которые выполняют при помощи машин: приготовление почвенных смесей; замена, стерилизация и предпосевная обработка почвы; дезинфекция конструкций теплиц; текущий ремонт; предпосевная обработка семян; изготовление питательных кубиков; предпосевное внесение удобрений и т. д. В процессе выращивания и сбора урожая средства механизации и автоматизации используют при посеве семян и уходе за рассадой, поливе и подкормке растений, опылении растений и их защите от болезней, сборе и транспортировке овощей и растительных остатков, а также для управления параметрами микроклимата.

В защищенном грунте должен быть точный высев, благодаря чему экономится до 40 % дорогостоящих семян овощных культур и снижаются затраты на последующее прореживание. Для посева применяют специальные парниковые сеялки. Для полива и подкормки растений минеральными удобрениями в крупных тепличных комбинатах используют стационарную систему дождевания, а в малых теплицах и парниках — передвижные насосные станции.

Проектный объем автоматизации ТП в зимних теплицах на примере блока многопролетной теплицы площадью 6 га показан на рисунке 7.2. Допустимые отклонения температуры воздуха в теплице от уровня, заданного агротехническими требованиями, составляют ± 1 °С, относительной влажности воздуха ± 5 %, температуры воды в системе надпочвенного обогрева ± 2 °С и т. д.

5 Автоматическое управление температурой воздуха и почвы;

Важнейшие факторы, определяющие рост растений: температура, освещенность, влажность воздуха и газовый состав окружающей среды.

На Земле существует равновесие между теплотой, поступающей за счет солнечного излучения, и ее потерей. В теплице это равновесие менее устойчиво, ибо ограждение задерживает часть теплоты солнечного излучения, отраженного от почвы. Это явление называется «парниковым эффектом». Равновесие, конечно, наступает. Однако важно, чтобы это произошло при той температуре, которая нужна растению. Следует также иметь в виду, что температура самого растения может значительно (иногда на 10 °С) отличаться от температуры почвы и окружающего воздуха.

Задача системы управления микроклиматом состоит в обеспечении условий для максимальной интенсивности фотосинтеза, который зависит от температуры, так как при высоких ее значениях дыхание (обратный фотосинтезу процесс) начинает превалировать над фотосинтезом.

Технические решения по автоматизации управления температурным режимом в многопролетных блочных и ангарных теплицах различаются, а потому далее рассмотрены самостоятельно.

6 Автоматическое управление температурным режимом в блочных теплицах;

СУ температурным режимом для холодного (режимом обогрева) и теплого (режимом вентиляции) времени года существенно различаются,

СУ режимом обогрева. В холодное время года управление температурным режимом в теплице может быть обеспечено за счет изменения температуры t (качество) или расхода G (количество) теплоносителя.

В ночные часы, когда фотосинтеза нет, температура в теплице должна быть понижена на 4...6 °С. Операция понижения температуры называется технологическим переходом «день—ночь» и выполняется по команде реле времени KTI (см. рис. 7.5, а). Это реле должно быть настроено таким образом, чтобы к восходу солнца теплица была уже разогрета.

СУ режимом вентиляции. В теплое время года управление температурным режимом в теплице может быть обеспечено за счет изменения степени открытия форточек или за счет действия системы испарительного охлаждения.

В современных САУ вентиляцией теплиц применяют устройства защиты, закрывающие форточки при аварийной скорости ветра. Соответствующая команда выдается спустя 60 с после того, как чашечный анемометр зафиксировал аварийную ситуацию. Спустя 2500 с (время хода исполнительного механизма) должен поступить сигнал, подтверждающий закрытие форточек. Запрет на открытие форточек снимается только через 300 с после того, как скорость ветра понизится до нормального значения.

7 Автоматическое управление микроклиматом в ангарных теплицах;

В ангарных теплицах в основном используется комбинированный обогрев: водяной (почвы и воздуха) и калориферный (воздуха). Основной обогрев обеспечивают греющие регистры, а дополнительный — калориферы. От калориферов подогретый воздух подается по воздуховодам и распределяется вентиляционной системой по всей теплице. Благодаря малой инерционности калориферного обогрева можно с высокой точностью управлять температурой воздуха.

Оборудование комплекта УТ-12 размещено в отдельных шкафах и включает в себя САУ:

- температурой воздуха в теплицах, бытовых помещениях и коридоре;
- температурой почвы;
- температурой поливной воды;

влажностью почвы и воздуха;
концентрацией растворов минеральных удобрений;
подачей диоксида углерода и облучением растений.

Возможно также автоматическое полное закрытие форточек по команде от анемометра при предельно допустимой скорости ветра. Положения форточек, значения температур вне и внутри теплицы контролируют соответствующие приборы.

8 Автоматическое управление температурой почвы и теплозащитным экраном;

Температура почвы мало отличается от температур окружающего воздуха и достаточно стабильна. Однако при понижении температуры замедляется поглощение растением питательных веществ и воды, а при повышении — чрезмерно развивается корневая система.

Температуру почвы в теплице поддерживают с помощью системы подпочвенного обогрева, монтируемой обычно только в теплицах для рассады. Стой обогреваемого грунта обладает громадной тепловой емкостью, и автоматизация осуществима только потому, что объект практически не подвержен действию внешних возмущений, поскольку температура воздуха в теплице достаточно стабильна, а солнечные лучи задерживаются растениями.

Задача внешнего контура — компенсировать возмущения, вызванные изменением температуры воздуха, влажности и т. п.

Теплозащитные экраны экономят большое количество теплоты, но управление ими должно быть автоматизировано, поскольку возможны ситуации, когда экран рационально развернуть даже в дневное время, если уровень освещенности мал и фотосинтез слаб, а тепловые потери сооружения значительны.

Дальнейшее совершенствование аппаратурной базы систем управления температурным режимом предусматривает широкое внедрение микроЭВМ и микропроцессорных комплексов, в основу алгоритма функционирования которых могут быть положены принципы автоматизации управления температурным режимом, рассмотренным в настоящей главе.

9 Автоматическое управление влажностью воздуха и почвы температурой поливной воды;

Автоматическое управление влажностью. Относительную влажность воздуха в теплице регулируют стационарной системой увлажнения (рис. 7.8, а).

К системам управления влажностью воздуха можно отнести систему управления туманообразованием, используемую в процессе черенкования. Измерителем влажности в таких системах служит модель листа или так называемый «электронный лист», изготовленный из неэлектропроводного материала с пленочным смачиванием. Электрическое сопротивление пленки влаги на поверхности «листа» характеризует степень увлажнения укореняемых растений.

При необходимости программу полива можно прервать, повернув переключатель *HS5*. С помощью переключателя *HS6* можно осуществить полив любого участка теплицы. В этом случае экспозиция полива не ограничена.

10 Автоматическое управление концентрацией раствора минеральных удобрений;

Автоматическая система управления концентрацией растворов минеральных удобрений (рис. 7.10) позволяет измерять концентрацию растворов в диапазоне от 0 до 0,2 МПа осмотического давления с точностью до $\pm 10\%$ и управлять ею. Концентрированный раствор минеральных удобрений готовят в специальном бассейне *Б*, откуда насосами-дозаторами *НД* подают его через регулирующий клапан *KPI* в поливную воду.

Одной из основных характеристик растворов минеральных удобрений является показатель pH, который обеспечивает протекание кислотно-щелочной реакции в

гидропонной теплице. Теоретически pH может изменяться от 0 до 14. При $\text{pH} < 7$ реакцию считают кислой, при $\text{pH} > 7$ — щелочной.

Характер реакции питательного раствора оказывает сложное и разностороннее влияние на рост и развитие растений. При этом в разные периоды роста растений требуется различное оптимальное значение pH.

Значение pH определяют методами физико-химического анализа. Из экспрессных методов наиболее подходит электрометрический метод измерения pH, принцип действия которого основан на определении потенциалов на электродах, помещенных в исследуемый раствор. Такой электродный датчик измеряет концентрацию водородных ионов (pH) в растворе и выдает сигнал в виде гальванического напряжения. Датчик измеряет pH с точностью до 0,1 pH, а для растений допускаются отклонения до $\pm 0,2$ pH, а иногда и до $\pm (0,3 \dots 0,5)$ pH.

Значением pH обязательно надо управлять при выращивании растений в гидропонных теплицах.

11 Автоматическое управление содержанием диоксида углерода и досвечиванием растений;

Интенсивность фотосинтеза в теплице зависит от концентрации CO_2 . В ночные часы концентрация его возрастает до 0,05 %, а в дневные падает до 0,01 %. В случае увеличения концентрации CO_2 в воздухе теплицы с 0,03 до 0,15 % интенсивность фотосинтеза значительно возрастает, а урожайность повышается на 10...20 %. Очевидно, требуемая по агротехническим нормам концентрация CO_2 может быть достигнута только в результате применения специальных систем подкормки, т. е. искусственной подачи CO_2 в теплицу.

Содержание диоксида углерода поддерживают на определенном уровне, сжигая природный газ в специальных генераторах или подавая в теплицу дымовые газы из тепличных котельных (реже из специальных газовых баллонов, содержащих CO_2).

Схема управления подкормкой CO_2 работает по заданной временной программе с 24-часовым циклом.

Подкормка уходящими дымовыми газами котельной экономически оправдана лишь при небольшом расстоянии между котельной и теплицами.

Автоматизация рассмотренных схем подкормки растений диоксидом углерода несложная, но наибольшего эффекта следует ожидать от системы авторегулирования, поддерживающей оптимальное соотношение между облученностью растений и концентрацией CO_2 в теплице.

Искусственное облучение в сооружениях защищенного грунта применяют при выращивании рассады и в селекционных целях.

Системы досвечивания включаются от фотореле или реле времени. При этом суммарная продолжительность светового дня должна быть не более 18 ч. Особенность этих систем управления —строгая последовательность (поочередность) включения отдельных групп ламп, позволяющая избежать ударных нагрузок на источник электроснабжения.

12 Автоматизация гидропонных пленочных теплиц, парников;

Идея гидропонного способа производства овощей заключается в замене грунта искусственным субстратом, периодически смачиваемым питательным раствором, содержащим все необходимые для развития растений компоненты.

Гидропонный способ имеет ряд преимуществ (повышение урожайности, уменьшение затрат на обслуживание и т.д.), однако требует дополнительного оборудования теплиц стеллажами (поддонами) 1 (рис. 7.13), резервуарами 4, устройствами для приготовления раствора 6, насосами 3 и 5.

Эффективная система обогрева для односкатного парника (рис. 7.14, а) — электрическая, например с помощью нагревательного провода, проложенного в грунте (почвенный обогрев 1) и вдоль стенок (воздушный обогрев 2). Схема управления обогревом парника (рис. 7.14, б) включает нагреватели с помощью датчиков температуры почвы SK^A и воздуха SK_B при снижении температуры почвы и воздуха до заданных пределов. Отключаются же нагреватели, как только один из указанных параметров достигает оптимального значения.

В период максимального энергопотребления реле времени отключает нагреватели. Работа нагревателей прекращается также при увеличении тока утечки (реле KA) и в случае открытия двери в теплицу с помощью конечного выключателя SQ автомата QF целью защиты персонала от поражения электрическим током.

Реле KA подключено по цепям 2, 3 к трансформатору тока TA . Оно срабатывает при касании персонала любой фазы напряжения.

13 Автоматизация теплиц для выращивания грибов;

Условия выращивания грибов существенно отличаются от условий выращивания овощей. Так, температура воздуха в период роста шампиньонов должна поддерживаться в узком диапазоне 16 °С. Выход за пределы диапазона вызывает ухудшение качества плодовых тел и снижение урожайности. Очевидно, столь жесткие условия могут быть обеспечены только при оборудовании теплицы системой кондиционирования воздуха.

Теплица площадью 1 га для выращивания грибов представляет собой одноэтажное здание, в котором по обе стороны «чистого» коридора располагаются 24 камеры и машинное отделение, где установлены кондиционер и холодильные установки. Каждая камера имеет два выхода: в «чистый» коридор и «рабочий», используемый для набивки камеры компостом, выгрузки отработавшего компоста и других операций.

Весь цикл выращивания шампиньонов длительностью 84 дня разделен на строго регламентированные операции.

Воздух, подаваемый в камеры теплицы, обрабатывается в центральном кондиционере, где после двухступенчатой очистки от механических примесей и обеззараживания ультрафиолетовым облучением подогревается до 30°С и поступает в увлажнительную камеру, а оттуда через каплеуловитель — в воздухоохладитель и затем во всасывающий патрубок вентилятора, нагнетающего его в главный воздушный канал.

Разность температур хладоносителя до и после испарителя охладительной установки поддерживается двумя терморегулирующими клапанами, а давление паров хладагента в магистрали к компрессору — регулятором прямого действия.

1. 8 Лекция №8(2 часа).

Тема: «Автоматизация процессов послеуборочной обработки зерна»

1.8.1 Вопросы лекции:

- 1 Механизация и автоматизация процессов послеуборочной обработки зерна;
- 2 Автоматизация процессов очистки и сортирования зерна;
- 3 Оптимизация автоматического управления очистительными и сортировальными машинами;
- 4 Автоматизация зерносушилок;
- 5 Автоматизация процесса активного вентилирования зерна;
- 6 Характеристика зерносушилок как объектов автоматизации;
- 7 Автоматизация взвешивания продукции;

1.8.2 Краткое содержание вопросов:

- 1 Механизация и автоматизация процессов послеуборочной обработки зерна;

В соответствии с принятой технологией весь урожай зерновых, бобовых, масличных культур и семян трав после комбайновой уборки подлежит очистке, а около 60 %

убранного урожая необходимо подвергать искусственной сушке.

Необходимость в послеуборочной обработке зерна (очистке, сортировании и сушке) вызвана тем, что поступающий из-под комбайнов зерновой ворох наряду с зерном содержит 20...30 % сорных и до 5 % солоmistых примесей, а влажность зерна в зависимости от климатических условий значительно отличается от допустимой (14 %) и иногда достигает 30 % и более.

Для послеуборочной очистки и искусственной сушки зерна используют стационарные зерноочистительно-сушильные пункты. Для этих пунктов предназначены зерноочистительные агрегаты типа ЗАВ и очистительно-сушильные комплексы (типа КЗС) производительностью 10...100т/ч и вентилируемые бункера вместимостью до 100 т. Для очистки и сортирования зернового вороха используют воздухорешетные и триерные машины, а сушат зерно в зерносушилках шахтного, камерного и барабанного типов и в установках активного вентилирования. Каждый агрегат и комплекс, помимо указанных машин, содержит набор транспортеров и норий, зернопроводы и накопительные емкости, устройства для взвешивания, загрузки и разгрузки автотранспорта, воздушные циклоны, щиты и пульта управления машинами. Все машины согласованы по производительности и объединены в единую поточную линию, обслуживаемую одним-двумя операторами.

На основе этих средств разработаны пульта и станции автоматического управления агрегатами и комплексами послеуборочной обработки зерна, которые автоматически обеспечивают:

- последовательность пуска машин поточной линии в направлении, обратном направлению потока зерна, начиная с машины, установленной в конце линии;

- остановку всех машин, предшествующих по потоку зерна любой остановившейся машине в линии;

- возможность ручного включения и отключения любой машины при наладке без соблюдения технологических блокировок;

- включение аспирационной системы перед пуском машин и отключение всех машин при останове аспирационной системы; программный розжиг топki и контроль ее работы; контроль температуры теплоносителя и нагрева зерна; защиту электрооборудования от токов короткого замыкания и перегрузок;

- работу разгрузочных устройств шахт и охладительных колонок сушилки;

- световую сигнализацию о включении и отключении всех двигателей машин и механизмов, о предельных уровнях зерна в сушилках и технологических емкостях и об отклонении температуры теплоносителя от заданного значения. Кроме световой, имеется аварийно-предупредительная звуковая сигнализация, которая срабатывает при аварийном останове какой-либо машины, переполнении технологических емкостей и при погасании пламени в топке. В схемах автоматики предусмотрены кнопочные посты для аварийного одновременного останова при необходимости всех работающих машин.

2 Автоматизация процессов очистки и сортирования зерна;

Технологические и электрические схемы автоматизации рассмотрим на примере автоматизации наиболее широко распространенного зерноочистительно-сушильного комплекса КЗС-20Ш. Автоматизация других агрегатов и комплексов выполнена аналогично.

Комплекс КЗС-20Ш предназначен для послеуборочной обработки зерновых, зернобобовых и крупяных культур.

Очищенные семена и отходы поступают в соответствующие секции блока бункеров. Зерносушилка СЗШ-16 имеет две шахты. При влажности зерна до 20 % поток зерна разделяется и одновременно проходит через обе шахты. При влажности свыше 20 % весь поток проходит обе шахты последовательно. При параллельной работе шахт зерно нориями 11 и 13 равномерно и одновременно распределяется по двум шахтам. Высушенное и охлажденное зерно норией 7 подается в резервный бункер 18, откуда

самотеком поступает во вторую ветвь загрузочной нории 5.

Останавливают машины в обратной последовательности, нажимая кнопки «Стоп» *SB17...SB1*. В случае переполнения бункеров 18, 20, 21 и 22 переключаются контакты датчиков уровня *SL1...SL4* и включается звуковой сигнал *HA*, а соответствующие сигнальные лампы *HL11...HL14* гаснут.

3 Оптимизация автоматического управления очистительными и сортировальными машинами;

Установлено, что существующая система автоматического контроля и дистанционного управления машинами не полностью удовлетворяет требованиям послеуборочной обработки зерна на агрегатах и комплексах и имеет существенные резервы. Оптимизация систем автоматического управления всеми технологическими процессами позволит повысить производительность машин на 20...25 %, снизить простой машин в 4...5 раз, уменьшить затраты труда в 2...3 раза и обеспечить заданное качество обработанного зерна. Этого можно достичь лишь при применении совокупности автоматических устройств, объединенных в оптимальную систему автоматизированного управления технологическими процессами всего послеуборочного комплекса.

Цель оптимизации автоматического управления зерноочистительной машиной состоит в получении максимальной производительности q_k при заданном значении чистоты ρ_k обработанного зерна.

Для получения хорошей чистоты очистки следует регулировать загрузку машины $q_{нс}$ погрешностью не более $\pm 5\%$ заданного значения.

Для высокопроизводительных зерноочистительных машин с целью получения высококачественной очистки экономически целесообразно использовать следующие автоматические СУ оптимальным процессом очистки зерна: СУ чистотой для блока подсеивных решет; СУ содержанием зерна Z_a в отходах каждого канала аспирации и СУ содержанием зерна Z_n для блока решет, отделяющего крупные примеси. Пока наиболее сложной и практически нерешенной в техническом отношении задачей является разработка датчиков чистоты сортировки и датчиков содержания зерна в каналах аспирации и в крупных примесях.

4 Автоматизация зерносушилок;

В сельском хозяйстве нашей страны используют шахтные, барабанные и камерные зерносушилки. Это наиболее ответственные объекты автоматизации зерноочистительно-сушильного комплекса, на которые приходится 85 % всех контролируемых и управляемых операций на комплексе.

Шахтные зерносушилки типа СЗШ (рис. 8.4) имеют две сушильные камеры, два надсушильных бункера 6, две загрузочные нории 7 влажного зерна, две нории сухого зерна 8, разгрузочные устройства 3, две охладительные колонки $P_{со}$ шлюзовыми затворами. Теплоноситель из топки 2 по трубопроводу 1 подается в сушильные камеры 4 и 5. Пространство между шахтами используется в качестве диффузора 12, в центральную часть которого снизу подводится теплоноситель. Отработанный теплоноситель отводится с боковых сторон с помощью вентиляторов 13. Внутри камеры размещены пятигранные коробки 11. Одной стороной каждый короб упирается в глухую стенку, в другой его стороне выполнено открытое окно.

Технологическая схема теплогенератора для зерносушилки типа СЗШ показана на рисунке 8.5.

Зерносушилку останавливает оператор, поочередно отключая оборудование в последовательности, обратной пуску, при помощи кнопок «Стоп» *SB19...SB1*. В экстренных случаях одновременно все машины останавливают кнопкой *SBили SB1*.

5 Автоматизация процесса активного вентилирования зерна;

Активное вентилирование — продувание массы зерна холодным или подогретым воздухом — наиболее эффективный прием временного хранения (консервирования) влажного зерна.

Круглосуточное вентилирование необходимо, если влажность зерна была выше 20 %, а относительная влажность воздуха не превышала 90%. В дождливую погоду проводят периодическое вентилирование зерна подогретым воздухом в течение 1,5 ч через 4...6 ч.

Автоматическая СУ воздухораспределением (рис. 8.8, б) воздействует на электропривод *М*, который устанавливает поршень-заглушку в требуемое положение следующим образом.

Схема управления загрузкой, температурой и влажностью зерна бункеров активного вентилирования показана на рисунке 8.9.

Благодаря высоким влагосорбционным свойствам озона и протонирования время сушки и затраты энергии сокращаются в 1,5...1,8 раза по сравнению с сушкой семян подогретым воздухом той же температуры.

6 Характеристика зерносушилок как объектов автоматизации;

Режим сушки. В зерноочистительных и сушильных пунктах автоматизация технологических процессов неполная. Рассмотренные схемы автоматизации зерноочистительно-сушильных комплексов обеспечивают дистанционное управление (пуск и останов) и автоблокировку в поточных линиях, защиту от аварийных и ненормальных режимов работы установок и предупредительную сигнализацию, контроль температуры теплоносителя и зерна, измерение предельных значений уровня в емкостях и влажности зерна на входе и выходе сушилки, а также регулирование температуры теплоносителя на входе в сушилку.

Для получения продовольственного и семенного зерна высокого качества параметры процесса сушки необходимо выбирать с учетом как биофизических свойств зерна (вида и типа зерновой культуры, начальной его влажности и температуры), так и технологических показателей процесса сушки (начальной и конечной температуры и влажности теплоносителя, загрузки и экспозиции сушки зерна в сушилке и др.).

Только с учетом указанных факторов можно обеспечить оптимальное автоматическое управление процессом сушки зерна по температуре и влажности. Как показывает практика, при ручном управлении процессом сушки температура теплоносителя (агента сушки) колеблется в пределах 15...20°C, температура нагрева зерна — 5...7 °C, а влажность зерна — 4...6 % от требуемых значений. Из-за инерционности изменения параметров управления оператор не в состоянии стабилизировать управляемые параметры на заданных уровнях, что вызывает нарушение процесса сушки, а производительность поточных линий не превышает 70 % номинальной. Например, при заниженной температуре теплоносителя производительность сушилки резко падает и увеличиваются удельные затраты энергии на сушку. При повышенной температуре клейковина (белок) зерна подвергается денатурации, что приводит к ухудшению качества продовольственного и особенно семенного зерна. В связи с этим семенное зерно сушат при более низкой температуре, чем продовольственное.

Для сушки продовольственного зерна температура теплоносителя должна быть не более $\pm 150^{\circ}\text{C}$, семян злаковых культур — 70, бобовых — 45 °C соответственно.

Другими словами, система автоматического управления должна оптимизировать процесс сушки систем по двум-трем управляемым параметрам: θ , w (A_w), θ_T — при помощи изменения входных величин (температуры теплоносителя θ_T , скорости или производительности q и времени / прохождения зерна через сушилку), по отклонению управляемых параметров и с учетом возмущающих воздействий G и $v\%$.

7 Автоматизация взвешивания продукции;

Сыпучие грузы взвешивают на платформенных рычажных и тензометрических

весах.

В сельскохозяйственном производстве наиболее распространены стационарные платформенные весы, грузоприемный механизм которых состоит из четырех поперечных рычагов, передающих усилие на коромысло или тягу циферблатного указательного устройства. Некоторые из этих весов могут регистрировать результаты взвешивания. На одной оси со стрелкой циферблатного указателя весов этого типа смонтирован барабан, имеющий 13 кодирующих дорожек. На каждой дорожке барабана в определенном порядке расположены отверстия, образующие цифровой код, соответствующий углу поворота стрелки. Двенадцать дорожек образуют код массы, тринадцатая служит для контроля успокоения подвижной системы весов. Считывание кода с барабана осуществляется фотодиодами, расположенными против каждой из дорожек и освещаемыми специальным источником света через отверстия в барабане. Положение, когда фотодиод освещен, соответствует 1, когда не освещен — 0. Таким образом, определенной схемой размещения отверстий на барабане записан циклический код чисел десятичной системы от 0 до 1000. Результат взвешивания считывается оператором со шкалы, фиксируется на бумажной ленте и может быть передан на пункт централизованного учета.

Преимущества схемы цифрового управления — отсчет импульсов; отсутствие погрешности в измерениях из-за налипания материала на стенки бункера 2.

Дальнейшее усовершенствование порционных весов — многокомпонентные весовые дозаторы, представляющие собой то же весовое устройство, но приспособленное для последовательного взвешивания в одном бункере нескольких компонентов какой-либо смеси (например, комбикорма).

1. 9 Лекция №2(2 часа).

Тема: «Автоматизация хранилищ сельскохозяйственной продукции»

1.9.1 Вопросы лекции:

- 1 Характеристика овощехранилищ как объекта управления микроклиматом;
- 2 Автоматические системы управления микроклиматом в овощехранилищах;
- 3 Автоматизация фрукто- и зернохранилищ;
- 4 Автоматизация учета, контроля и сортирования сельскохозяйственной продукции.

1.9.2 Краткое содержание вопросов:

1 Характеристика овощехранилищ как объекта управления микроклиматом;
Технология хранения сельскохозяйственной продукции включает в себя процессы подогрева, охлаждения и увлажнения продукции с целью предохранения ее от переохлаждения, перегрева и обезвоживания. Правильное хранение сельскохозяйственной продукции позволяет обеспечить круглогодичное снабжение населения страны продуктами питания и сохранить их высокие питательные и вкусовые качества, внешний вид.

Активное вентилирование позволяет поддерживать в хранилищах оптимальный температурно-влажностный режим. Одновременно оно обеспечивает удаление с поверхности овощей влаги, а из их массы — продуктов дыхания, ведущих к развитию болезнетворных микроорганизмов.

Воздух в массу хранимого продукта подают при помощи приточных вентиляционных систем, оборудованных центробежными или осевыми вентиляторами. Режим работы вентиляционной системы зависит от температуры наружного воздуха, вида и массы хранимого продукта. Для снижения температуры хранимого продукта наружный воздух нагнетается вентилятором через приточную шахту по вентиляционному каналу в массу продукта. При недопустимо низких и высоких температурах наружного воздуха

вентилятор прогоняет через продукт внутренний (рециркуляционный) воздух, а приточная камера в это время закрыта клапаном.

Период охлаждения наступает после двухнедельного лечебного периода, температуру хранимого картофеля постепенно снижают до 2...4°C. Для этого клубни картофеля вентилируют наружным воздухом или смесью его с внутренним воздухом в те периоды суток, когда температура наружного воздуха не менее чем на 4...5 °C ниже температуры насыпи картофеля. Охлаждают клубни медленно: на 0,5...0,6 °C в сутки при максимальной влажности воздуха до 100 %. Период охлаждения длится 20...25 суток.

Передаточная функция смесительной камеры. Во всех овощехранилищах с автоматическим управлением микроклиматом используется смесительная камера с регулируемым клапаном, передаточная функция которой определяется как для усилительного звена.

2 Автоматические системы управления микроклиматом в овощехранилищах;

В отечественной и зарубежной практике используют автоматические СУ только температурными режимами в овощехранилище. Автоматическое регулирование влажности применяют редко из-за отсутствия датчиков, работающих при относительной влажности воздуха более 90 %. При необходимости влажностью управляют вручную, включая вытяжные вентиляторы.

Микропроцессорная система управления микроклиматом теплиц «Среда» более совершенна, чем оборудование типа ОРТХ. Как и устройство ШАУ-АВ, она обеспечивает автоматическое пропорциональное регулирование температуры воздуха, направляемого в массу хранимого продукта, двухпозиционное регулирование температуры хранимого продукта и воздуха в верхней зоне хранилища, а также ряд технических измерений, сигнализацию отклонений температуры от заданной в отдельных секциях хранилища и т. д. Система «Среда» может управлять технологическим процессом в восьми секциях хранилища овощей вместимостью до 5000 т. В каждой секции овощехранилища установлены два рециркуляционно-отопительных агрегата, приточный вентилятор, смесительный клапан с приводом от ИМ, обогреватель клапана, несколько датчиков температуры воздуха (в верхней зоне и в магистральном канале), датчики температуры в массе хранимого продукта.

В помещениях для хранения фруктов (фруктохранилищах) концентрацию диоксида углерода поддерживают на уровне, существенно более высоком, чем в атмосферном воздухе: 1 % и более. При этом содержание кислорода уменьшается, а азота увеличивается, благодаря чему улучшаются условия хранения фруктов. Содержание CO₂ регулируют, пропуская циркуляционный воздух через известковое молоко или сжигая газ при контролируемой подаче воздуха. Полученная таким образом газовая смесь, обогащенная также и азотом, охлаждается и подается в хранилище. Рекомендуемая температура хранения — менее 5 °C, но не ниже температуры подмерзания плодов — должна поддерживаться с высокой точностью. Большое значение имеет также контроль влажности газовой смеси, от которой зависит потеря влаги хранимыми плодами, и контроль содержания газа этилена, выделяемого плодами.

3 Автоматизация фрукто- и зернохранилищ;

Автоматизация фруктохранилищ. Конструкции фрукто- и овощехранилищ имеют много общего. Автоматизация хранения фруктов вызвана необходимостью охлаждения продукта и точного поддержания температуры и относительной влажности воздуха. Поэтому в системе автоматизации оборудования фруктохранилища предусмотрено управление воздухоохладительными установками, подачей пара для увлажнения воздуха в камерах и концентрацией газа в газовых хранилищах.

Для фруктохранилищ вместимостью от 1000 до 3000 т разработан комплект электрооборудования, который обеспечивает автоматическое управление микроклиматом в камерах хранения фруктов, управление работой конденсаторного и испарительного обо-

рудования, управления работой и защиту компрессоров холодильных машин от аварийных режимов, сигнализацию о режимах работы оборудования. Один комплект может автоматически управлять двумя—четырьмя камерами.

Электрическая принципиальная схема СУ микроклиматом во фруктохранилище показана на рисунке 9.4.

Системой автоматики предусмотрено управление процессом удаления льда («снеговой шубы»), который постепенно накапливается на поверхности воздухоохладителей.

Автоматизация зернохранилищ. Семенное зерно хранят в мешках или закромах вместимостью от 100 до 5000 т, а фуражное зерно—россыпью в железобетонных силосах или металлических бункерах вместимостью до 10 000 т.

Крупные зернохранилища оборудованы электромеханизированными установками для загрузки и разгрузки зерна с автоматическими системами управления соответствующими параметрами.

Температуру и влажность зерна в хранилищах закроного типа контролируют вручную при помощи термометров и влагомеров, погружаемых в различные места закрома. Остальные параметры также периодически контролируют, отбирая пробы и анализируя их в лаборатории. Температуру контролируют не менее двух раз в месяц, влажность — один раз в месяц, а всхожесть — один раз в 4 мес.

4 Автоматизация учета, контроля и сортирования сельскохозяйственной продукции.

Контроль и учет сельскохозяйственной продукции позволяют своевременно выявить и устранить все недостатки производства. Поступающую в хранилище и отпускаемую из него продукцию

обязательно учитывают и регистрируют в специальной ведомости или передают данные в память ЭВМ. Продукцию взвешивают на железнодорожных или автомобильных весах, устанавливаемых непосредственно при въезде на территорию хранилища. Качество хранения сельскохозяйственной продукции контролируют визуально на местах или по отобраным образцам химическими методами в лабораториях хозяйств и районных центральных лабораториях. Результаты анализов фиксируют в специальных журналах и сообщают руководителям и агротехническим службам хозяйств.

При помощи технических средств автоматики контролируют микроклимат в хранилищах, температуру и влажность хранимого продукта, очищают и сортируют его перед закладкой на хранение и перед поступлением к потребителю или на посев.

Сортирование картофеля по размерам, отделение комков земли, камней, клубней, пораженных гнилью и фитозеленью, представляет собой важную послеуборочную операцию. Необходимость сортирования картофеля перед его посадкой вызвана тем, что в процессе хранения до 20% клубней семенного картофеля поражаются различными гнилями.

Затраты ручного труда на отделение загнивших клубней перед посадкой составляют 20...30 % общих трудозатрат на производство картофеля, а посадка несортированного картофеля приводит к недобору 15...20 % урожая.

Для сортировки картофеля разработаны оптические, радиоизотопные и температурные методы обнаружения загнивших клубней и клубней, пораженных фитозеленью, а также комков почвы и камней.

Сортирование плодов томатов проводят по размерам и зрелости, а также отделяют плоды, пораженные болезнями. По размеру плоды томатов сортируют на механических калибровочных машинах. При разделении по зрелости и отделении больных плодов измеряют упругость и жесткость кожицы плодов или их оптические отражательные свойства.

Электрические способы сортирования сельскохозяйственной

продукции и материалов основаны на том, что их электрические параметры (электропроводность, диэлектрическая проницаемость, поляризуемость и др.) зависят от состава и структуры строения, спелости и зрелости, биофизических и биохимических свойств, шероховатости поверхности, плотности, жизнеспособности и других свойств сепарируемого материала.

Электрические, оптические, тепловые и акустические свойства сельскохозяйственной продукции используют также при создании новых приборов контроля зрелости арбузов, посевных качеств семян, содержания жира и белка в молоке, свежести яиц, упитанности животных и т. д.

1.10 Лекция №1(2 часа).

Тема: «Автоматизация процессов производства и переработки кормов»

1.10.1 Вопросы лекции:

- 1 Автоматизация агрегатов для приготовления травяной муки;
- 2 Автоматизация процесса гранулирования и брикетирования кормов;
- 3 Автоматизация комбикормовых агрегатов;
- 4 Автоматизация процессов приготовления кормовых смесей;
- 5 Автоматизация дробилок и процессов переработки корнеклубнеплодов;

1.10.2 Краткое содержание вопросов:

- 1 Автоматизация агрегатов для приготовления травяной муки;

Агрегаты для приготовления травяной витаминной муки сушат траву (измельченную при скашивании силосоуборочным комбайном) и другие материалы (жом, листья, хвою, зерно), превращая их в муку. В хозяйствах нашей страны эксплуатируют несколько типов агрегатов витаминной муки (АВМ) производительностью 0,4...3 т/ч.

Такие установки отличаются высокой энергоемкостью (210...300 кг жидкого топлива и 120...150 кВт ч электроэнергии на каждую тонну муки). Вследствие этого автоматизация технологических процессов позволяет получить травяную муку высокого качества и снизить удельный расход энергии на ее производство.

Процесс сушки ограничен только управлением температуры. Температуру теплоносителя на входе устройства регулируют по температуре газов на выходе из циклона 7, изменяя подачу топлива к форсунке. При увеличении температуры газов переключаются контакты датчика температуры *ВК* (рис. 10.2), которые включают реле *KV2* и электромагнит *УА* вентиля 1, установленного на обратном трубопроводе.

Вследствие этого необходимо создать работоспособную систему управления не только температурой, но и влажностью

Температура топлива, травяной муки на выходе. подаваемого насосом в топку, поддерживается на уровне 75°С при помощи термодатчика *SK*, управляющего электромагнитным пускателем *KM* электронагревателя *ЕК*. Давление топлива перед форсункой контролируется манометром *P*. В схемах управления предусмотрены световая сигнализация о работе всех механизмов и общая аварийная звуковая сигнализация.

2 Автоматизация процесса гранулирования и брикетирования кормов;

Технологический процесс прессования и гранулирования кормов имеет высокую степень автоматизации. Прессование кормов необходимо для улучшения их транспортабельности, снижения стоимости перевозок и объема складских помещений, обеспечения лучшей сохранности и поедаемости кормов животными.

Наиболее совершенные способы прессования— брикетирование и гранулирование, обеспечивающие наиболее высокую степень уплотнения. Брикетом размером от 30х30 до 100х 100мм и длиной 20...200 мм получают из сечки стебельчатых кормов длиной 5...50 мм, гранулы в форме цилиндра диаметром 5...15 мм и длиной 10...30 мм готовят из комбикорма, дерти и травяной муки. Процесс прессования кормов состоит из трех основных операций: кондиционирования сырья, его прессования и охлаждения готовых брикетов или гранул. Кондиционирование включает в себя операции дозирования корма, воды, пара или связующих веществ (мелассы, жиров) и смешивание их между собой с целью повышения прочности брикетов или гранул и равномерного распределения в них исходного сырья. В процессе прессования в специальных матрицах исходный материал разогревается. После выхода готовых брикетов или гранул из пресса их охлаждают, чтобы привести в тепловое равновесие с окружающей средой и снять внутренние остаточные механические напряжения.

Для гранулирования кормов используют с месится и-гранулято-ры производительностью до 100 т в сутки, грануляторы типа ОГМ производительностью от 0,8 до 10т/ч и оборудование для производства амидно-концентратных добавок АКД (75 % комбикорма, 20 % карбамида, 5 % бентонита натрия) производительностью до 20 т в смену.

Отключают оборудование после закрытия вручную заслонки дозатора 3 и вентиля увлажнителя. Кнопками *SB9, SB7, SB15, SB1, SB3, SB19, SB13*отключают соответственно вентилятор охладителя, транспортер крошки и вентилятор сортировки, дозатор, шнек загрузки, шнек бункера, пресс, норию, соблюдая такую последовательность.

При брикетировании травяной сечки и кормосмеси упомянутыми выше переключателями набирают соответствующий режим и кнопками управления включают агрегаты в следующем порядке: шнек бункера 4, шнек загрузки 2, нория 18, пресс 20, транспортер сечки 8, затвор и вентилятор 9сечки, затвор соломы 12, транспортер крошки, вентилятор бсортировки и вентилятор //охладителя. Электродвигатель Л/5соединен с прессом через предохранительную муфту со штифтами, которые при попадании твердых предметов в пресс срезаются. При этом срабатывает конечный выключатель *SQ2*и отключает электропривод пресса. Если смеситель- питатель 22 забивается сечкой, то от давления сечки срабатывает конечный выключатель *SQ1*и отключает транспортер сечки 8.

3 Автоматизация комбикормовых агрегатов;

Оборудование комбикормовых цехов (ОКЦ) предназначено для производства полнорационных рассыпных комбикормов на межхозяйственных комбикормовых заводах производительностью 15, 30 и 50 т за смену. Оборудование скомпоновано в одном или двух блоках: зерновом и мучном. Задача комбикормовых цехов — максимально использовать местное сырье (фуражное зерно, травяную муку, пищевые отходы и т. п.) и белково-витаминные добавки промышленного производства.

Зерновые компоненты и БВД из бункеров 11 и 14 выгружают дозаторами 13, которые установлены в нижней части каждой секции бункера. Дозаторы 13 выдают компоненты в шнек 12 в заданной рецептурной пропорции. Шнек 12 и разгрузочный шнек 10 непрерывно смешивают компоненты и передают готовый комбикорм на склад или в транспортные средства. Оператор в соответствии с заданной рецептурой комбикорма настраивает дозаторы 13 на необходимую выдачу компонента при помощи поворота специального лимба храпового механизма привода, изменяющего частоту

вращения дозатора от 0,24 до 17,7 мин⁻¹.

4 Автоматизация процессов приготовления кормовых смесей;

Общие положения. На животноводческих фермах и комплексах скот кормят кормовыми смесями, приготовленными из разных кормов местного производства (сено, сенаж, силос, корнеплоды и т. п.) с добавкой специальных компонентов промышленного приготовления (концентраты, белковые, витаминные и минеральные добавки). Конкретная технология приготовления кормовой смеси учитывает кормовую базу, вид поголовья и технологию его содержания. Основная составляющая часть кормоцеха — поточная технологическая линия (ПТЛ).

Технология приготовления грубых кормов заключается в их измельчении и смешивании с другими компонентами, технология приготовления кормов из корнеплодов — в мойке, измельчении и смешивании. Набор ПТЛ для данного поголовья и зоны определяет технологическую схему кормоцеха, при этом линии комплектуют как серийными машинами, так и машинами специальной разработки. Типичное оборудование такого типа — комплект оборудования типа КОРК для приготовления рассыпных кормосмесей. Комплект предназначен для молочнотоварных (900...2000 голов) и откормочных (до 5000 голов КРС) ферм и включает в себя пять ПТЛ (рис. 10.7).

Концентрированный корм загружают в бункера-дозаторы 3, оборудованные дозирующими устройствами, состоящими из корпуса, неподвижной тарелки и вращающихся скребков, которые захватывают и сбрасывают корм с тарелки на винтовой конвейер 4, подающий его на сборный транспортер 11.

Автоматизация дозирования кормов — важный фактор повышения их качества и рационального использования.

Дозаторы классифицируют прежде всего по назначению: для сыпучих, грубых и сочных стебельчатых, жидких кормов, добавок и кормовых смесей, а также корнеклубнеплодов.

Способ дозирования может быть массовым порционным или непрерывным, а также объемным порционным или непрерывным.

При массовом порционном дозировании можно точно составить рецепт рациона, вследствие чего его применяют в линиях по приготовлению премиксов, белково-витаминных добавок и комбикормов. Массовое же непрерывное дозирование менее точное по сравнению с объемным, и потому его используют реже.

Автоматическое управление реализуют в соответствии с заданной программой, хранящейся в запоминающем устройстве 11. При включении дозатора согласно такой программе вступает в работу на большой скорости соответствующий питатель и начинается загрузка весов 111 (для контроля массы в конструкцию весов встроено кодирующее устройство). После набора 95 % заданной массы электродвигатель питателя переключают на пониженную частоту вращения (с 93 до 32 мин⁻¹) и проводят точную досыпку оставшейся дозы в количестве 5 %. Затем включают следующий питатель и так далее до окончания программы набора всех компонентов корма, после чего содержимое ковша весов высыпается через шибер (заслонку) 4, управляемый датчиком 6.

5 Автоматизация дробилок и процессов переработки корнеклубнеплодов;

В условиях животноводческих ферм корма растительного происхождения (зерно, солома, сено, корнеклубнеплоды), а также отходы пищевой промышленности, кормовые жиры, минеральные, витаминные и другие добавки перед скармливанием скоту обычно подвергают механической и (или) тепловой обработкам в серийно выпускаемых машинах и механизмах.

Характерные примеры такого рода технологических операций — измельчение фуражного зерна, зеленой массы и грубых кормов, мойка и измельчение корнеклубнеплодов.

Для измельчения фуражного зерна и грубых кормов используют дробилки разных конструкций. Принцип действия и принципиальная электрическая схема управления безрешетной дробилкой типа ДБ показаны на рисунке 10.10.

Подлежащее измельчению зерно с помощью шнека 8 (рис. 10.10, а) загружается в бункер 9, уровень в котором автоматически поддерживается на основе информации от двух датчиков. Подачу зерна на измельчение регулируют заслонкой 10. При этом продукт дробления по кормопроводу воздушным потоком перемешается в фильтр 6. Достаточно измельченное зерно, прошедшее решетный сепаратор 4, представляет собой готовый продукт, который выгружается шнеком 2. Оставшаяся часть возвращается в дробильную камеру, причем количество этого продукта устанавливает оператор с помощью регулирующей заслонки 5 (в крайнем правом положении весь материал идет на выгрузку без разделения на фракции). Одна часть запыленного воздуха возвращается в дробильную камеру, а другая часть, пройдя фильтр 6, выбрасывается в атмосферу.

Схема управления обеспечивает последовательный пуск двигателей дробилки и затем (через 20 с) бункера. При этом пуск дробилки происходит с переключением двигателя со схемы «звезда» на схему «треугольник». В случае перегрузки двигателя дробилки на короткое время отключается электромагнитная муфта и прекращается подача корма в дробилку. После снижения загрузки дробилки подача корма возобновляется. Если перегрузка двигателя длится более 20 с, то электродвигатель привода бункера отключается.

1.11 Лекция №11(2 часа).

Тема: «»

1.11.1 Вопросы лекции:

- 1 Автоматизация кормления и поения животных;
- 2 Автоматизация дозирования корма и учета продукции;
- 3 Автоматизация машинного доения коров;
- 4 Автоматизация первичной обработки молока;
- 5 Автоматизация систем навозоуборки и навозоудаления;

1.11.2 Краткое содержание вопросов:

- 1 Автоматизация кормления и поения животных;

Автоматизация кормления. Полнорационное кормление — основное условие реализации генетического потенциала продуктивности стада, увеличения сроков его хозяйственного использования, а также снижения затрат и удешевления продукции.

Существует два основных способа кормления крупного рогатого скота (КРС) — нормированный и ненормированный. Первый из них применяют при привязном содержании животных, второй — при беспривязном содержании. При ненормированном способе обычно скармливают грубые корма.

Затраты труда на погрузку, транспортирование и раздачу кормов на фермах КРС, несмотря на достаточно высокий уровень механизации, достигают 25 % общих затрат. Система машин, действующая на этих фермах, рассчитана на использование кормовых смесей трех основных видов: сухих гранулированных и брикетированных; подувлажных при сенажном кормлении; влажных при силосно-корнеплодном и сенажно-силосном кормлении.

Телята первого периода откорма питаются сухим комбикормом, который подается канатно-дисковым транспортером из центральных бункеров в промежуточные, откуда секционные транспортеры перегружают его в бункера-кормушки, установленные в стойлах. Предохранительное устройство приводной станции каждого транспортера отключает электродвигатель при обрыве или чрезмерной натяжке троса. Раздача корма по промежуточным бункерам может быть автоматизирована. Загрузку бункера контролируют силоизмерительным элементом.

Система управления приготовлением, транспортированием и раздачей кормовой смеси, реализованная в виде вычислительного устройства (ВУ), которое обеспечивает программное управление механизмами всей технологической линии, а также суточный и месячный учет расходуемого комбикорма и сенажа с выводом результатов на печать. Программу составляют в соответствии с зоотехническими требованиями.

Автоматизация поения. Для поения животных используют индивидуальные и групповые поилки. Одной индивидуальной поилки достаточно для 9—15 животных. Групповая поилка для наружной установки оборудована системой электроподогрева (мощностью до 1 кВт) и предназначена для обслуживания до 200 животных. Такая поилка работает по принципу сообщающихся сосудов. Поплавковый регулятор уровня 1 (рис. 11.5) поддерживает заданный уровень воды в чашах 4 поилок. При опорожнении одной из поилок вода в нее из соседней не переливается благодаря клапану 3. Этим уменьшается опасность передачи инфекции от одного животного к другому.

2 Автоматизация дозирования корма и учета продукции;

Особенность рассмотренных в этой главе устройств — их непригодность для индивидуальной раздачи кормов. В то же время индивидуальная раздача кормов, особенно концентрированных, имеет большие преимущества, такие, как экономный расход корма и увеличение продуктивности животных на 10... 15%. Наиболее распространена индивидуальная раздача кормов на доильной площадке.

Существуют также системы раздачи кормов в коровниках с использованием специальных автоматических кормовых станций. Управление этими системами может быть ручное, программное или автоматическое. Системы дозирования кормов в местах содержания животных рекомендуются для высокопродуктивных коров. С помощью автоматической кормовой станции можно организовать выдачу концентрированных кормов небольшими дозами в течение суток, когда животное само подходит к кормушке (кормовой станции).

Очевидно, индивидуальная раздача кормов требует выполнения ряда условий: идентификация животного, измерение его продуктивности и наличие управляемого дозирующего устройства.

Автоматическое измерение продуктивности животного. Оно может быть выполнено различными устройствами, в том числе устройством, действующим на принципе автоматического дозатора молока, описанного далее.

Более совершенная конструкция молокомера представляет собой сосуд, подвешенный на тензометрическом силоизмерителе. Этот принцип измерения удоя не имеет недостатков, свойственных измерителям объемного типа, — погрешности, вызванной изменением плотности молока из-за его вспенивания, и температурной погрешности. Недостатки конструкции — сложность очистки при промывке доильной установки и необходимость корректировки схемы силоизмерителя.

Взвешивание животных (особенно свиней) — необходимое условие постоянного контроля процесса откорма. Однако обычные пружинные весы не дают точного результата, поскольку животные ведут себя беспокойно и стрелка весов не устанавливается.

3 Автоматизация машинного доения коров;

Машинное доение повышает производительность труда в 2...5 раз, но предъявляет особо жесткие требования к соблюдению технологического режима. Так, при пониженном вакууме коровы могут полностью не выдоиться, а при повышенном — увеличивается опасность заболевания маститом; при большом разрыве между подмыванием вымени и началом доения уменьшается полнота выдаивания и т.д. Следует иметь в виду, что молокоотдача животного неравномерна, а задержка с отключением вакуума и снятием стаканов также увеличивает вероятность заболевания маститом.

Особенность автоматизации доильных установок зависит от их назначения — для доения в стойлах (установки типа АДМ, АД, ДАС) и в специальных залах (УДТ, УДА, УДК).

Производительность воздушной системы можно оценить по количеству инжестируемого воздуха, измеряемому флажковым индикатором 3. Прозрачный корпус индикатора имеет три метки, соответствующие потоку воздуха 5, 10 и 15 м³/ч. В общем случае вакуум поддерживается более стабильным, если такты сосания и сжатия всех четырех сосков не совпадают или хотя бы объединены попарно.

Перспективным считают программное управление величиной вакуума, частотой пульсации и соотношением тактов пульсаций в процессе доения. Например, в начале и конце доения устанавливают вакуум 35 кПа и частоту пульсаций 48 Гц, а в основное время — 50 кПа и 60 Гц.

Автомат промывки обеспечивает выполнение целого ряда операций, в том числе прополаскивание молокопроводов холодной водой перед доением, циркуляционную промывку и дезинфекцию этих путей по окончании доения, прополаскивание молокопроводов теплой водой в конце цикла промывки, просушку молокопроводов теплым воздухом после удаления остатков моющих растворов, кратковременное включение молочного насоса в конце просушки для удаления остатков воды из молокосборника и, наконец, отключение вакуум-насоса и командного аппарата.

Мировой уровень механизации ТП в животноводстве достиг полной автоматизации процесса доения. Главная операция при этом — автоматическое надевание доильных стаканов. Существует несколько конструкций роботов, выполняющих данную операцию. Механическая рука подводит аппарат под животное, а затем поочередно одевает стакан за стаканом. Положение сосков каждого животного находится в памяти доильного робота, а точная «наводка» стаканов обеспечивается прецизионными ультразвуковыми или оптическими датчиками. Один такой робот обслуживает до 40 животных.

4 Автоматизация первичной обработки молока;

Процесс первичной обработки молока включает в себя операции его очистки, пастеризации при 62...90°C, охлаждения до 5...10°C. Цель пастеризации — уничтожение содержащихся в молоке микроорганизмов. Последующее за пастеризацией охлаждение позволяет увеличить срок хранения продукта. Охлаждение применяют и как самостоятельную операцию при хранении молока на молочных фермах и комплексах.

Работа установки при пониженных температурах пастеризации расширяет диапазон возможных режимов эксплуатации пастеризатора и снижает скорость образования «пригара» (белковых отложений) на поверхности пластин, требующего периодической разборки и очистки пастеризатора.

Автоматизация водоохладительных установок. Водоохладительные установки предназначены для охлаждения воды, используемой на молочных фермах и комплексах при хранении молока в проточных и емкостных охладителях. Для этой цели используют фрегоновые и компрессорные холодильные установки.

Фрегоновая установка получает холод за счет таяния льда или смеси льда с солью. Талая вода или рассол подается насосом в молочный охладитель, отбирает теплоту от молока и возвращается в оросительную ледовую камеру фрегона. Орошая лед, теплая вода вызывает его таяние. Охлажденная вода вновь подается в охладитель.

Компрессорные установки не требуют зимних заготовок льда и устройств ледоскладов. Они состоят из компрессора, конденсатора, ресивера, теплообменника и терморегулирующего вентиля (ТРВ).

Автоматизация установки для охлаждения молока. Установка работает по замкнутому циклу. Пары хладагента поступают в компрессор 1 (рис. 11.14, а), сжимаются и попадают в конденсатор 10, где превращаются в жидкость, стекающую в ресивер 9. Из

ресивера жидкий хладагент поступает в испаритель 12, проходя последовательно через теплообменник 6, фильтр-осушитель 7 и терморегулирующий вентиль 8.

Перемычку между зажимами 1 и 2 устанавливают, если воду используют в проточных охладителях молока. Если установка работает на резервуар-охладитель, то в разрыв между зажимами включают управляющие контакты от его системы управления.

5 Автоматизация систем навозоуборки и навозоудаления;

Основные операции ТП уборки и удаления навоза из животноводческих помещений ферм и комплексов — уборка в стойлах, транспортирование навоза к местам хранения или переработки, хранение или утилизация. В этом перечне наиболее высоким уровнем механизации и автоматизации характеризуется первая операция — уборка навоза из производственных помещений.

Уборка навоза. Выбор способа уборки навоза зависит от многих обстоятельств и в первую очередь от способов содержания и кормления животных, суточного выхода навоза, его физико-механических свойств, конструктивных характеристик помещения, климатических, гидрогеологических и других условий.

Все средства механизации навозоуборки классифицируют на мобильные и стационарные.

Мобильные механизмы применяют не только для удаления навоза, но и для транспортирования его в навозохранилище или на открытую навозную площадку. В эту группу механизмов входят скреперы, бульдозеры, прицепные тракторные тележки и электрифицированные монорельсовые вагонетки.

Специальные системы управления имеют только вагонетки, но и их объем автоматизации ограничивается конечными выключателями, отключающими электродвигатель в крайних положениях вагонетки.

Стационарные механизмы используют, как правило, в качестве рабочего органа замкнутую металлическую цепь со скребками или скрепер. Таков, например, скребковый транспортер кругового движения ТСН-160 (рис. 11.15, а), предназначенный для механизации уборки навоза из животноводческого помещения (горизонтальный транспортер) и одновременной погрузки его в транспортное средство (наклонный транспортер).

Транспортирование навоза осуществляется либо подвижными транспортными средствами, либо по подъемному трубопроводу под действием перемещаемого давлением воды поршня, периодически выталкивающего навоз, сбрасываемый транспортером в приемную воронку поворотной клапана. Последний отделяет эту воронку от трубопровода перед началом движения поршня.

Утилизация навоза особо важна на свиноводческих комплексах. Выход жидкого навоза на комплексе размером 180 тыс. свиней в год составляет 1 млн т, что соответствует хозяйственно-бытовым стокам города с населением 250 тыс. человек и представляет собой большую экологическую проблему.

Обработка жидкого навоза включает в себя операции разделения на фракции, обеззараживания, гомогенизации и транспортирования. Технология до конца не отработана, и потому операции по управлению не автоматизированы. Предложено из навоза производить биогаз по следующей технологии. Навоз из животноводческих помещений собирается в коллектор, откуда насосом перекачивается в подогреватель для нагрева до температуры брожения. Далее выдержанный навоз винтовым насосом-дозатором подается в емкости-реакторы, где идет анаэробное брожение, результатом которого является биогаз. Биогаз перекачивается в газгольдер, очищается и через гидрозатвор поступает к потребителю или в хранилище.

1. 12 Лекция №12(2 часа).

Тема: «Автоматизация технологических процессов в птицеводстве»

1.12.1 Вопросы лекции:

1 Автоматизация кормления;

- 2 Автоматизация поения птицы, уборки помета и сбора яиц;
- 3 Автоматизация инкубационного процесса;
- 4 Автоматизированные технологические линии убоя птицы;

1.12.2 Краткое содержание вопросов:

1 Автоматизация кормления;

Автоматизация кормления птицы зависит от ее вида, возраста, способа содержания и свойств корма, прежде всего от его влажности. При групповом способе содержания продуктивной птицы применяют групповое (стадное) кормление, регламент которого устанавливают исходя из зоотехнических требований.

В промышленном птицеводстве используется исключительно групповое кормление с помощью желобковых и бункерных кормушек, причем измерение количества корма базируется на изменении продолжительности его раздачи, что возможно только в том случае, если поток корма постоянен.

Линия кормления птицы с комплектом оборудования типа БКМ включает в себя бункер 1 (рис. 12.1, а) сыпучих кормов, поперечный транспортер 2, бункер батареи, линию кормушек 3 с продольным транспортером.

Бункер сыпучих кормов загружается из специального загрузчика на шасси автомобиля. При этом бункер загрузчика заполняется кормом через верхние люки, а опорожняется с помощью системы из трех шнеков, последний из которых — выгрузной, имеет способность подниматься или опускаться в вертикальной плоскости. Управляет работой автозагрузчика водитель автомобиля.

В птичниках напольного содержания птицы раздача корма из бункера-дозатора в автокормушки производится канатно-дисковым транспортером по команде от реле времени. Последняя в контуре кормораздатчика автокормушка — контрольная: датчик *SL* уровня корма в ней отключает *KM2* привода транспортера кормораздатчика.

2 Автоматизация поения птицы, уборки помета и сбора яиц;

Поение. Технологический процесс поения сельскохозяйственной птицы имеет свои специфические особенности, обусловленные, с одной стороны, особенностями организма птицы, а с другой — конструкцией оборудования.

Конструкция поилок отличается большим разнообразием. В их числе желобковые проточные и непроточные, чашечные и т.д. Важнейшая их характеристика — коэффициент использования воды, изменяющийся от 20 до 90 %. Лучшими в этом смысле являются желобковые поилки постоянного уровня и капельные автопоилки, питаемые через разделительный бак с автоматическим поддержанием уровня.

Групповые чашечные и непроточные желобковые поилки применяются при содержании птицы на подстилке, насестах и в клеточных батареях горизонтального типа. Эти поилки оснащены встроенным регулятором уровня воды прямого действия — поплавковыми или подпружиненными клапанами. В целях экономии воды системы поения включаются автоматически только на время светового дня.

В перечне операций по сбору яйца наиболее трудоемкой является укладка яйца в прокладки. Автоматический укладчик яиц действует следующим образом. Яйцесборный транспортер подает яйца на роликовый ориентатор, поворачивающий их острым концом в одну сторону. Ориентированные таким образом яйца поступают на ячеистый транспортер. После заполнения пяти его ячеек выдвигается заслонка механизма укладки яиц и они опускаются в тару острым концом вниз, прокладка смещается на один шаг и укладывается следующий ряд яиц. Заполненные прокладки автоматически укладываются в стопу, причем каждый раз механизм укладки поворачивает прокладки на 90° в соответствии со схемой их сборки.

Поступившая информация анализируется системой компараторов и дешифраторов,

в результате чего определяются точные координаты дефектного яйца в соответствии с его положением на транспортере. Эти координаты запоминаются и в дальнейшем используются специальным механизмом для удаления дефектных яиц с ленты. Прошедшие контроль яйца затем сортируются по массе и автоматически укладываются в гнезда прокладок для дальнейшего транспортирования.

3 Автоматизация инкубационного процесса;

Промышленная инкубация яиц в нашей стране производится с 1928 года. Соответственно накоплен значительный опыт и разработаны современные устройства, имеющие достаточно высокий уровень автоматизации. Особенность технологического процесса инкубации заключается в необходимости, с одной стороны, точного поддержания основных параметров микроклимата (температуры, относительной влажности и газового состава воздуха) и, с другой стороны, — изменения этих параметров в зависимости от фазы инкубации.

Универсальный инкубатор ИУП-Ф-45 вмещает 48 тыс. яиц. Инкубатор состоит из трех одинаковых камер, в каждой из которых размещается барабан с лотками, вентилятор системы обогрева, охлаждения, увлажнения, а также аварийного охлаждения и воздухообмена. Поворот лотков с яйцами происходит при наклоне барабана на угол 45° от горизонтального положения, выполняемого автоматически через 2...4 ч (предусмотрен также ручной привод барабана).

Циркуляция воздуха внутри каждой камеры обеспечивается тихоходным вентилятором, а увлажнение воздуха происходит за счет испарения воды, подаваемой на ступицу вентилятора и разбрасываемой его лопастями при вращении.

Воздухообмен в камере обеспечивается системой заслонок, объединенных общим приводом от электромагнита, причем степень открытия заслонок увеличивается от 5 до 60 мм на 18-й день инкубации. Для нагрева воздуха в каждой камере используют четыре электронагревателя общей мощностью 4 кВт. Требуемая точность поддержания температуры в диапазоне 36...39°C очень высокая: $\pm 0,2$ °C. При снижении температуры на 0,2...0,3°C от заданной включаются электронагреватели. При повышении температуры открывается электромагнитный клапан, подающий холодную воду в радиатор охлаждения.

Температура в объеме камеры выравнивается благодаря работе вентилятора.

Конструкция шкафа универсального выводного инкубатора ИУВ-Ф-45 проще, чем предварительного. В нем отсутствует устройство поворота барабана, иначе выполнено устройство увлажнения воздуха, не предусмотрено автоматическое регулирование влажности воздуха.

4 Автоматизированные технологические линии убоя птицы;

Для убоя птицы и обработки тушек до товарных кондиций современные специализированные птицеводческие хозяйства имеют убойные цеха, оборудованные полуавтоматическими убойными линиями. Каждая линия состоит из нескольких машин для обработки тушек.

Птицу, доставленную из птичников в клетках, подвешивают за ноги с помощью крепов на цепь подвешного конвейера, которая движется медленно (со скоростью 0,08 м/с) в сторону рабочего места для убоя и обескровливания. Перед убоем птицу приводят в спокойное состояние аппаратом для электроглушения, на который подается слаботочное напряжение от 650 до 900 В. При помощи специальных ножниц птицу умерщвляют. Над желобом для стока крови каждая птица движется в течение 2 мин, а затем поступает в камеру тепловой обработки, где в течение последующих 2 мин ее обрабатывают паром при температуре 52...53 °C. Затем тушка проходит поочередно ряд машин, где снимается маховое перо с крыльев и хвоста, оперение с головы до шеи. Далее тушки моют теплой водой в течение 30 с и подвергают воскованию, подсушивают и предварительно

охлаждают. Затем обрабатывают ланки. Тушки снимают с конвейера, упаковывают в ящики и отправляют в камеру охлаждения.

Убойную линию включают с центрального пульта управления. Последовательность включения в работу отдельных машин осуществляется многоканальным устройством.

Боеенские отходы варят в специальных котлах при постоянном механическом перемешивании. Сначала в гидравлическом прессе отжимают жир из кишок и других боеенских отходов, а оставшуюся после выжимания массу измельчают в дробилке и используют в качестве добавок в комбикорма. Влажность выходного продукта (мясокостной муки) должна быть 8... 10 %.

1. 13 Лекция №13(2 часа).

Тема: «Автоматизация установок микроклимата и животноводческих и птицеводческих помещениях»

1.13.1 Вопросы лекции:

- 1 Влияние параметров воздуха на продуктивность животных и птицы;
- 2 Способы и средства управления микроклиматом;
- 3 Автоматизация вентиляционных установок;
- 4 Автоматизация нагревательных установок;
- 5 Автоматическое управление освещением птичников;

1.13.2 Краткое содержание вопросов:

- 1 Влияние параметров воздуха на продуктивность животных и птицы;

Под оптимальными параметрами микроклимата понимаются допустимые значения температуры, влажности и скорости движения воздуха, содержание в нем вредных газов (диоксида углерода — CO_2 , аммиака — NH_3 , сероводорода — H_2S), микроорганизмов (бактерий), частиц пыли, а также освещение и облучение. Установлено, что продуктивность животных и птицы на 50...55 % зависит от рациона кормления, на 20...25 % — от породы и уровня селекционно-племенной работы и на 20...30 % — от параметров микроклимата. При недопустимых параметрах микроклимата не только падает на 20...30 % продуктивность, но и сокращаются сроки племенного и продуктивного использования животных и птицы.

Температура воздуха наиболее существенно влияет на продуктивность животных и птицы и поедаемость ими корма. При понижении температуры теплоотдача тела животных увеличивается, что сказывается на росте потребления корма, а при более низких, так называемых критических температурах, наступают их переохлаждение и заболевание.

В зависимости от породы и возраста животных определены следующие оптимальные значения температур в помещениях: для телят КРС — 8... 15 °С, для взрослых особей — 8... 18 °С; для кур несушек напольного содержания — 12...14 °С, клеточного содержания — 15... 18 °С; для цыплят-бройлеров — 26...32 °С.

Предельно допустимая концентрация диоксида углерода должна быть не более: для телят — 0,15 %; взрослых особей КРС, овец и птицы — 0,25; свиней — 0,2 %.

Аммиак образуется от гниения органических выделений (моча, кал). Он хорошо растворяется в воде, поэтому адсорбируется влажными оболочками глаз и дыхательных путей, вызывая сильное их раздражение. При большой и длительной концентрации аммиака у животных снижается содержание гемоглобина и эритроцитов в крови, ухудшается функция пищеварения, а при концентрации 1...3 мг/л наступает смерть животных от отека легких.

- 2 Способы и средства управления микроклиматом;

СУ микроклиматом на фермах предназначены для поддержания вышеперечисленных параметров в оптимальных диапазонах, при которых наблюдается

наибольшая продуктивность животных и птицы, наилучшие условия и высокая производительность труда обслуживающего персонала, надежная и длительная работа оборудования.

Параметрами микроклимата управляют с помощью энергетических установок и комплекса мероприятий, к которым относятся рациональная планировка самих помещений, использование строительных материалов с соответствующими теплотехническими свойствами, прогрессивные технологии содержания, кормления, поения и удаления навоза и помета, а также системы отопления и вентиляции.

В теплых регионах, где температурный режим в холодный период обеспечивается за счет тепловыделений самих животных и рабочих машин, требуемые параметры микроклимата помещений обеспечиваются средствами естественного воздухообмена.

В регионах с низкими наружными температурами в зимний период используют системы воздушного отопления совместно с вентиляцией, а в летний период — только вентиляцию, включаемую во время превышения температуры в помещениях выше допустимых значений.

Вентиляционные системы бывают естественные (гравитационные) и механические. В гравитационной системе воздухообмен в помещении происходит с помощью приточных и вытяжных каналов за счет разности плотностей холодного наружного и теплого внутреннего воздуха, а также под влиянием ветра. В механической системе вентиляция осуществляется принудительно с помощью электровентилятора.

Принудительная вентиляция дороже, сложнее, создает неприятные шумы, однако с помощью ее можно регулировать кратность воздухообмена в широких пределах. Поэтому ее широко применяют на крупных фермах промышленного типа.

Системы воздушного отопления делят на местные и централизованные. Основные части систем: тепловой центр 1 (рис. 13.3), приточный 2 и вытяжной 3 воздуховоды, трубопровод 4 теплоносителя, теплообменник-утилизатор 5. Тепловой центр представляет собой электрокалорифер или тепловой генератор (бойлер).

С точки зрения энергосбережения наиболее предпочтительна система с рекуперацией энергии в теплообменнике (рис. 13.3, г). В нем энергия удаляемого из помещения воздуха частично подогревает наружный воздух перед подачей в тепловой центр 1.

3 Автоматизация вентиляционных установок;

Комплект оборудования типа «Климат». Управление вентиляционными установками осуществляется по температуре воздуха в помещениях путем его замены. Это одновременно обеспечивает нормативные значения других параметров. Для вытяжной вентиляции используют оборудование типа «Климат», состоящее из регулируемых по подаче воздуха осевых вентиляторов (ОВ) и станции управления. ОВ укомплектованы специальными трехфазными асинхронными электродвигателями с повышенным скольжением, у которых при нагрузке в широких пределах изменяется частота вращения в зависимости от подаваемого на статор электрического напряжения (от 70 до 380 В).

Функциональная зависимость подачи вентиляторов от напряжения практически нелинейная и устанавливалась в процессе опытов. Подача воздуха максимально соответствовала номинальной частоте вращения.

В комплект оборудования «Климат» входит от 8 до 24 вентиляторов. Тип и число осевых вентиляторов, устанавливаемых в одном помещении, определяют в процессе расчета воздухообмена для летнего периода.

Существенный недостаток типа ПВУ — большой расход энергии на нагрев воздуха и электропривод вентиляторов.

Система кондиционирования воздуха промышленного типа до последнего времени не использовалась из-за сложности, дороговизны и низкой надежности в условиях

животноводческих ферм.

4 Автоматизация нагревательных установок;

Для нагрева воздуха и отопления помещений на фермах используют теплогенераторы, электрокалориферы, а также устройства местного обогрева молодняка животных и цыплят.

Теплогенератор типа ТГ представляет собой газовоздушный теплообменник, работающий на жидком топливе (рис. 13.8). Для распыления и сжигания жидкого топлива применяют форсунку 4, к которой топливо подается топливным шестеренным насосом 7 из емкости 8, а воздух — радиальным вентилятором 3.

Теплопроизводительность горелки определяется настройкой редукционного клапана Р, поддерживающего давление топлива перед форсункой в диапазоне 0,6...1,2 МПа. Подачу воздуха устанавливают, поворачивая специальное кольцо, перекрывающее сечение всасывающего патрубка вентилятора горелки. Оптимальный режим горения подбирают по цвету газов, выходящих из трубы 10. Факел горелки воспламеняется искрой от трансформатора зажигания и контролируется специальным латником. Продукты сгорания нагревают вентиляционный воздух, подаваемый основным вентилятором 2 в количестве, зависящем от положения жалюзи 1.

Через 20...30 с оператор нажатием кнопки SB подает напряжение на первичную обмотку высоковольтного трансформатора Тн одновременно на электромагнитный клапан У подачи топлива. Воспламенение топливовоздушной смеси фиксируется реле контроля пламени, выполненным на двух фоторезисторах: BL1 и BL2. Контакты включившихся реле K2:2 и K2:3 разрывают цепь трансформатора зажигания и блокируют кнопку SB цепи питания пускателя KM2 вентилятора горелки и электромагнитного клапана У. Затем переключатель SA1 переводят в положение 2.

Электрокалориферная установка типа СФОЦ объединяет в себе электрический калорифер и радиальный вентилятор. В зависимости от типоразмера установки мощность ее находится в диапазоне 23,6...97,5 кВт, а подача воздуха составляет 2,5...5,0 тыс. м³/ч.

Установки для обогрева молодняка животных и птицы обеспечивают нормативные параметры микроклимата за счет использования разного рода электронагревательных установок, иногда в комбинации с устройствами инфракрасного обогрева. Особо эффективно использование таких установок в зоне размещения поросят-сосунов.

5 Автоматическое управление освещением птичников;

На продуктивность несушек всех видов режим освещения (возрастающий или убывающий день) оказывает заметное стимулирующее влияние. Режимы освещения птичников по специальным программам, корректирующим длину светового дня, существенно повышают яйценоскость птицы. С целью реализации этих программ птичники строят безоконными и оборудуют искусственным электрическим освещением. Для управления освещением применяют различные автоматические программные устройства.

Программные устройства ПРУС, УПУС позволяют управлять длительностью светового дня от 6 до 24 ч, имитировать «рассвет» и «закат» естественной освещенности в течение 2...8 мин в соответствии с естественной длиной дня. Такое устройство состоит из токопроводящего барабана 2, который с помощью редуктора 1 и электродвигателя М делает один оборот в сутки (рис. 13.13). На барабан наклеена изоляционная белая трапециевидная полоса. Микропереключатели 3 с помощью роликов замыкают и размыкают цепи управления освещением и, одновременно перемещаясь вдоль барабана, имитируют начало и конец светового дня с ежедневной коррекцией его длины.

Оператор с клавиатуры дисплея вводит в соответствующий сектор оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) начальную информацию по каждому птичнику: номер стандартного возрастного интервала в технологическом цикле, число суток и величину начального приращения (убывания) светового дня в пределах стандартного возрастного интервала. Вся остальная информация для основной породы цыплят хранится в ПЗУ, для других пород может быть введена в ОЗУ. В соответствующие моменты времени микропроцессорная система через коммутатор параллельного интерфейса выдает номер контролируемого объекта, коды команды управления. По этим сигналам в модулях устройств связи с объектом вырабатываются команды включения-отключения систем освещения в птичниках.

1. 14 Лекция №14(2 часа).

Тема: «Автоматизация водоснабжения и гидромелиорации»

1.14.1 Вопросы лекции:

- 1 Автоматизация водонасосных установок для ферм и населенных пунктов;
- 2 Станции управления насосными агрегатами;
- 3 Автоматизация гидромелиоративных систем;
- 4 Автоматизация процессов управления влажностным режимом почв;
- 5 Автоматизация насосных станций для мелиорации;
- 6 Автоматизация перекачки сточных вод;

1.14.2 Краткое содержание вопросов:

- 1 Автоматизация водонасосных установок для ферм и населенных пунктов;

Автоматизация безбашенной насосной установки. Автоматическая водоподъемная установка типа ВУ с воздушно-водяным котлом (гидропневматическим аккумулятором) предназначена для подъема воды из открытых водоемов и шахтных колодцев глубиной до 5м при напоре от 25 до 80 м. Установка состоит из всасывающей трубы 1 (рис. 14.1) с приемным фильтром насосного агрегата 2, нагнетательного 3 и водоразборного 12 трубопроводов с запирающими вентилями 5, воздушно-водяного бака 4 с датчиком давления 8 и струйным регулятором запаса воздуха, имеющим камеру смешивания 6, воздушный клапан 7, жиклер 10 и диффузор 11.

Схема управления в автоматическом режиме работает следующим образом. Вода к потребителю поступает под давлением воздушной подушки, расположенной над водой в котле.

Безбашенные водокачки имеют низкий коэффициент использования объема бака (0,15...0,2) V , большой перепад напора (20...30 м) при малом регулирующем объеме K , и взрывоопасны. Вследствие этого в сельском хозяйстве их применяют редко.

Для защиты двигателя применены тепловые расцепители магнитного пускателя

КМи автомата *QF*. На холодный период года выключателем *С* включается электрообогреватель *РЖ* датчика, предотвращающий обледенение и вмерзание электродов датчика уровня воды в лед. Кроме рассмотренной станции управления типа ПЭТ, работающей с электродвигателями мощностью от 1 до 6 кВт, применяют другие станции управления аналогичного типа, а также систему автоматического управления насосными агрегатами с бесконтактными станциями управления типа ШЭТ и «Каскад».

2 Станции управления насосными агрегатами;

Бесконтактная станция управления типа ШЭТ выполнена на полупроводниковых логических элементах. По сравнению с контактными схемами бесконтактные станции дороже, но удорожание окупается увеличением срока службы и надежности работы как самой системы управления, так и электродвигателя. Для защиты электродвигателя от перегрузок и коротких замыканий имеется специальный блок защиты.

При расходе воды вначале размыкаются контакты *SL* верхнего уровня, но это не приводит к включению электродвигателя, так как вместо выходного сигнала от датчика на вход *Вх.5* через диод *VD7* и реле *KV* подается отрицательный потенциал от источника — 24 В. При размыкании контактов *67.2* нижнего уровня на *Вх.6* сигнал исчезает, что вызывает автоматическое повторное включение электронасоса.

Элементы логики и выдержки времени *D*, а также элемент *ИЛИ шесте* с блоком питания *ВП2* защищают двигатель от перегрузок и работы в аварийных режимах. Датчиком тока служит трансформатор тока *ТА*, выпрямленный ток которого поступает на потенциометр *RP*. Посредством потенциометра *RP* устанавливают значение токов срабатывания защиты при перегрузках и коротких замыканиях электродвигателя. При токах перегрузки срабатывает бесконтактное реле, с которого на вход *Вх.3* поступает сигнал, вызывающий срабатывание элемента выдержки времени *D*. С элемента *D* сигнал с выдержкой времени через элемент *ИЛИ* поступает на вход *Вх.5* элемента *ИЛИ — НЕ*, что вызывает отключение реле *KV* и электронасоса *М*. При токах короткого замыкания напряжение на потенциометре *RP* возрастает в несколько раз. Вследствие чего открывается стабилитрон *VD2* и через вход *Вх.2* на элемент *I* поступает сигнал, минуя цепочку выдержки времени в элементе *D*. С элемента *D* сигнал последовательно поступает на входы *Вх.4* и *Вх.5* и исчезает у входа *Вх.7*, что вызывает отключение электронасоса без выдержки времени.

3 Автоматизация гидромелиоративных систем;

Общие сведения. Под гидромелиоративной системой понимают совокупность оросительных, осушительных и обводнительных систем, создающих благоприятный водный режим для развития растений.

Оросительная система предназначена для пополнения запасов воды в недостаточно увлажненной почве и применяется в тех зонах, где растения систематически испытывают недостаток в воде. Система состоит из водозаборных сооружений, магистральных каналов и распределительной сети по участкам орошения.

Осушительная система предназначена для отвода избытка воды и осушения избыточно увлажненных и заболоченных земель. Она состоит из открытых водосточных каналов, закрытых дренажных водотоков и других устройств.

Обводнительная система предназначена для снабжения водой населенных пунктов, сельскохозяйственных животных и птицы в степных и полупустынных районах, не имеющих естественных водоисточников. Система состоит из прудов, небольших каналов и колодцев. Обводнительная система имеет менее разветвленную распределительную сеть, чем оросительная.

Автоматизация гидромелиоративных систем имеет свои особенности, обусловленные следующими специфическими свойствами объектов управления.

При всем многообразии объекты гидромелиоративных систем можно разделить на

такие основные группы:

головные водозаборные и магистральные сооружения; регулируемые гидротехнические сооружения линейного водо- деления с электрическими или гидравлическими ИМ;

насосные станции машинного водоподъема для питания дождевальных машин, осушительных систем и т.д.;

насосные установки артезианских скважин вертикального дренажа, орошения и водоснабжения;

мелиорированные поля при различных способах управления влажностью почвы.

Автоматизация водораспределения. Существуют открытые (каналы) и закрытые (трубопроводы) системы водораспределения. Автоматизация открытой системы водораспределения и регулирования уровня воды основывается на стабилизации уровня в верхнем или нижнем бьефах гидротехнических сооружений. Существует несколько способов регулирования, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки и должен быть соотнесен с местными условиями.

Водораспределение в закрытых оросительных системах происходит так же, как и при регулировании по верхнему бьефу в открытых каналах, поскольку поступившая в систему вода распределяется посредством автоматизированных гидрантов, задвижек и водовыпусков, работа которых контролируется с диспетчерского пункта так же, как и работа головного сооружения, представляющего собой насосную станцию или водозаборный гидроузел (при комбинированной, т. е. самотечно-напорной системе).

4 Автоматизация процессов управления влажностным режимом почв;

Поверхностное орошение — наиболее простой способ, при котором используются закрытые трубопроводы или открытые лотки. Вола распределяется системой распределительных и поливных лотков, оборудованных гидравлическими регуляторами расхода.

Дождевание — распространенный способ машинного орошения, эффективно повышающий влажность и снижающий температуру в приземном слое воздуха. Дождевательные системы хорошо поддаются механизации и автоматизации.

Преимущество описанной системы — отсутствие необходимости в специальных каналах связи на орошаемой площади, недостаток — возможность изменения нормы полива только от одного дождевательного аппарата к другому в строгой последовательности.

В крайнем нижнем положении цилиндра рычажный переключатель *б* перемещает плунжер клапана-распределителя вниз и цикл повторяется. Естественно, что для сохранения линейности трубопровода тележки, находящиеся на разном расстоянии от оси, должны двигаться с разной линейной скоростью. Схема гидропривода тележек обеспечивает это условие.

Капельное орошение — самый экономичный способ увлажнения, при котором вода подается прямо в корнеобитаемый слой небольшими дозами через специальные водовыпускные отверстия (капельницы), устанавливаемые через каждые 50... 100 см на увлажняющих трубопроводах. Управление системой капельного орошения должно обеспечивать нужную очередность увлажнения отдельных участков и корректировать норму полива каждого из них. Первая задача решается с помощью клапанов с электромагнитным приводом, управляемых программным устройством, вторая — изменением напора в распределительных трубопроводах, а также дозированием времени работы отдельных секций поливаемого участка.

Система автоматического управления капельным орошением представлена на рисунке 14.8. Программа, определяющая очередность и время орошения участков, вводится в блок задания и отработки программы У. Сигнал разрешения полива участка поступает на блок элементов *И*и логический блок *З* сравнения, где сравниваются заданное

и действительное значения влажности, измеряемые влагомерами 6. При дефиците влажности логическим блоком *11* вырабатывается команда на управление соответствующим исполнительным механизмом 4.

Осушение земель производится в зонах избыточного увлажнения, а также в районах орошения из-за заболачивания орошаемых участков. Различают неуправляемый и управляемый режимы осушения. При неуправляемом режиме с осушаемой площади отводится максимально возможное количество воды, определяемое параметрами осушительной сети или мощностью осушительных насосных станций. Управляемый режим применяют для регулирования уровня грунтовых вод, обеспечивающего наиболее благоприятный водно-воздушный режим почвы.

5 Автоматизация насосных станций для мелиорации;

В мелиоративном хозяйстве насосные станции при орошении служат для заполнения водохранилищ, подъема воды на командные отметки орошаемых полей, отвода сбросных оросительных и перекачки грунтовых вод, а при осушении — для перекачки сточных вод из каналов и коллекторов, а также для понижения уровня грунтовых вод.

Широкий опыт автоматизации насосных станций в мелиорации показал высокую ее эффективность. Она обеспечивает оптимальный режим работы электронасосов, учет количества подаваемой воды, сокращает число аварий и повышает надежность работы. Срок окупаемости средств на автоматизацию не превышает 1...3 лет.

Насосные станции в мелиорации характеризуются высокой подачей (до сотен тысяч кубометров в секунду) и большой мощностью (до тысяч киловатт). Для них обычно используют асинхронные короткозамкнутые электродвигатели мощностью до 300 кВт, рассчитанные на напряжение 380 В и 6,3 кВ (при мощности свыше 100 кВт). Если потребная мощность превышает 300 кВт, то рекомендуется применять синхронные двигатели напряжением 6,3 или 10 кВ.

Аварийное реле включено до тех пор, пока обслуживающий персонал не нажмет кнопку деблокировки *SB4*. Одновременно отключится электромагнитный клапан *УА*. Такая же последовательность работы схемы на отключение насоса будет и при случайном перерыве подачи воды (пунктирные линии на рисунке 14.9, в).

6 Автоматизация перекачки сточных вод;

Для откачки сточных, дренажных и хозяйственно-фекальных вод используют низконапорные (8...95 м) высокопроизводительные (16...9000 м³) канализационные электронасосы. Канализационным насосам свойствен ряд отличительных особенностей: неза-соряющееся одно- трехлопастное уширенное рабочее колесо; самоуплотняющееся соединение насоса с напорным трубопроводом; отсутствие направляющих аппаратов. Обычно эти насосы имеют простую конструкцию. Они оборудованы кнопочной станцией дистанционного управления электронасосным агрегатом при помощи магнитных пускателей.

Если производительность и двух агрегатов меньше притока сточных вод, то от повышения уровня замыкается цепь датчика *SL4* и срабатывает реле *KV3*, которое включает аварийно-предупредительную звуковую *ИА* и световую *HL2* сигнализации. Эти же сигнализации срабатывают от реле *KV4* при исчезновении напряжения питания. Цепи аварийной сигнализации получают питание от независимого источника.

1. 15 Лекция №2(2 часа).

Тема: «Автоматизация системы технического сервиса в АПК»

1.15.1 Вопросы лекции:

1 Автоматизация технологических процессов мойки и очистки машин, агрегатов;

- 2 Диагностирование сельскохозяйственной техники;
- 3 Автоматизация процессов восстановления деталей;
- 4 Автоматизация обработки двигателей внутреннего сгорания

1.15.2 Краткое содержание вопросов:

- 1 Автоматизация технологических процессов мойки и очистки машин, агрегатов;

Общие сведения. Сельскохозяйственную технику эксплуатируют в различных климатических условиях. Поверхности тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин в результате контакта с почвой, растениями, топливно-смазочными материалами, удобрениями, а также из-за переменных температурных режимов работы покрываются загрязнениями разнообразного состава. По природе возникновения различают *эксплуатационные* и *производственные загрязнения*. К эксплуатационным относят дорожную грязь, растительные остатки, остатки перевозимых продуктов, лакокрасочные покрытия, продукты коррозии, накипь, нагар, лаковые, асфальтосмолистые и масляно-грязевые отложения, различные смазки, масла. Производственные загрязнения — это пыль, стружка, абразив, окалина, шлаки, продукты износа при обкатке и др.

Загрязнения различают также по механизму их возникновения и виду взаимодействия с поверхностью. Это загрязнения *адгезионно связанные* (прилипание частиц веществ, пыли, смазочного материала к наружным поверхностям машин); *поверхностно-адсорбционные* (загрязнения внутренних поверхностей в виде смазок, осадков, смолистых отложений и наружных поверхностей с большим содержанием органических веществ); *технологические* (глубинно связанные загрязнения, такие, как лак, нагар, краски, продукты коррозии и т.д.).

Загрязнения разных видов встречаются в самых разнообразных сочетаниях. В связи с этим применяют различные по составу, свойствам и назначению эффективные моющие средства. Так, по химическому составу различают *синтетические* и *кислые моющие средства*, *органические растворители*, *растворяюще-эмульгирующие средства*.

По физико-химическим основам моющего средства все способы очистки и реализующие их моечные машины делят на струйные, погружные и комбинированные.

Наиболее распространен *струйный способ*, при котором подача раствора дополняется механическим воздействием струи на загрязнения. Этот способ реализован в мониторных и струйных моечных установках.

Мониторные моечные машины, предназначенные для гидродинамической очистки поверхностей ремонтируемой техники, представляют собой малогабаритные установки, состоящие из двигателя, насоса, устройства для нагрева воды и моющего раствора, а также ручного моечного пистолета. В последнем благодаря применению насадок малого диаметра создается большая скорость струи (20...70 м/с), обеспечивающая быстрое удаление загрязнений.

Система автоматического регулирования температуры моющих растворов. В сельскохозяйственном ремонтном производстве применяют различные способы нагрева моющего раствора: за счет сжигания жидкого топлива в специальных камерах сгорания; пропусканием пара (газа) по змеевику, помещенному в ванну с моющим раствором; электрический. Последний способ как наиболее экономичный, надежный и простой широко применяют в автоматических системах регулирования температуры жидкостей, газов. В системах, реализующих электрический способ нагрева, в качестве регулирующих элементов обычно используют ТЭНы погружного типа в сочетании с двухпозиционными регуляторами и датчиками, выполненными на базе манометрических электроконтактных термометров.

Контроль концентрации моющих средств в растворах. Качество очистки находится в прямой зависимости от концентрации моющих средств. Причины ее изменения в ТП очистки — это добавление воды для компенсации слива раствора, а также моющего

средства с целью восстановления концентрации раствора (изменяющейся вследствие его осаждения на деталях, химического реагирования с загрязнениями, солями и других случайных факторов).

В современном ремонтном производстве применяют моющие средства, основу которых составляют щелочные электролиты. Известно, что электропроводность растворов (на основе таких моющих средств) имеет однозначную корреляцию с их концентрацией и температурой. Поэтому на практике для измерения концентрации растворов применяют метод оценки электропроводности с учетом их температурной погрешности.

Контроль загрязненности растворов. Если такие параметры, как температура, уровень концентрации растворов, поддаются регулированию, то снижение моющей способности растворов (из-за превышения в них нормы количества загрязнений) вызывает необходимость их замены или регенерации (восстановления).

В связи с отсутствием простых и надежных средств контроля загрязненности растворов до сих пор о необходимости их восстановления (или замены) судят субъективно по визуальному контролю цвета раствора, а также по времени его работы.

Система автоматического управления ТП мойки. ТП мойки заключается в подаче в камеру мойки сборочных единиц и деталей, опускании ипорки, закрывающей проем для исключения разбрызгивания моющего раствора, включении насоса подачи раствора в сопла, обеспечении относительного перемещения деталей и струй жидкости. По истечении времени мойки двигатель насоса отключается, шторка, закрывающая входной проем, поднимается, и корзина с деталями возвращается в исходное положение. Для удаления паров моющей жидкости на всем протяжении мойки работает вытяжная вентиляция.

2 Диагностирование сельскохозяйственной техники;

Диагностирование — это определение состояния объекта с указанием места, вида и причин дефектов, нарушений, повреждений и т. п. Внедрение технического диагностирования дает существенный технико-экономический эффект и является основным звеном планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники. Оно позволяет на 10... 15 % повысить межремонтный ресурс сельскохозяйственных машин, устранить необоснованную разборку сборочных единиц, ускорить, снизить на 30 % трудоемкость обслуживания и ремонта, повысить мощность, экономичность и надежность техники. Благодаря своевременному диагностированию и обслуживанию на 20% сокращается число ремонтов и на 20...30 % — потребность в запасных частях. Постоянно совершенствуются методы и технические средства диагностирования, разработаны электронные приборы и автоматические системы технической диагностики сельскохозяйственной техники.

Диагностирование делят на три основных этапа: получение информации о техническом состоянии объекта; обработка и анализ полученной информации; постановка диагноза и принятие решения. На основе проведенной диагностики устанавливают вид и объем ремонтных работ, проверяют готовность машин и приводят их в работоспособное состояние.

При прямом диагностировании измеряют параметры деталей и по их отклонению от норм дают заключение о техническом состоянии. Измерения выполняют при помощи специальных приборов: микро- и миллиметров, нутромеров, шупов, масштабной линейки, рулетки, штангенциркуля, угломеров, зубомеров, калибраторов, тахометров и т. п. Широко используют также приборы измерения температуры, усилий, давления, вращающих моментов, расхода жидкостей и газов, ускорений и вибраций, состава отработавших газов, жидкостей и других величин.

При автоматическом диагностировании функции оператора сводятся к включению системы в начале проверки и отключению ее в конце диагностики. Автоматические

системы диагностики используют виброакустические и спектрофотометрические методы контроля с набором электронных приборов.

Для оценки экономичности двигателей используют расходомеры объемного ротаметрического и тахометрического типов. С их помощью определяют как мгновенные, так и средние значения расхода топлива карбюраторными двигателями и дизелями. Расходомеры объемного (К-516) и ротаметрического типов предназначены для измерения расхода топлива в диапазоне 2...70 л/ч. Расходомеры К-427 и КИ-13967 тахометрического типа позволяют измерять расходы соответственно 0,9... 120 и 3...300 л/ч. Их преимущества — малые габаритные размеры и масса, а также возможность питания от бортовой сети автомобиля (12 В).

С помощью газоанализаторов ГИАМ-29, АСКОН-01 и 121ФА-01 можно измерить содержание CO , CO_2 и CH .

3 Автоматизация процессов восстановления деталей;

Технология восстановления изношенных деталей сельскохозяйственной техники гальваническим способом основана на осаждении металлов путем электролиза водных растворов солей металлов или кислот (хромирования).

На деталь (катод) подводят отрицательный потенциал источника питания. В качестве анода используют пластину из металла, который необходимо нанести на деталь, или пластины из нерастворимого металла, например свинца (при хромировании). К пластинам присоединяют положительный потенциал источника питания.

Электрохимический эквивалент зависит от вида металла, расходуемого на покрытие, плотности тока, температуры электролита, формы кривой тока электролиза и других параметров.

Детали перед гальваническим наращиванием проходят специальную обработку. Их шлифуют, промывают, обезжиривают, протравляют в растворах серной, фосфорной или хромовой кислот, снова промывают, а затем помещают в электрохимические ванны и подсоединяют к отрицательному электроду источника питания. На места деталей, не подлежащие наращиванию металла, наносят электроизоляционные материалы.

Для получения качественного наращивания металлов используют различные методы изменения полярности и формы тока электролиза: а) автоматическое реверсирование тока, т. е. периодическую смену полярности напряжения на детали с отрицательной на положительную, и наоборот; б) асимметричный, т. е. выпрямленный ток с различным коэффициентом выпрямления-. Реализацию одного из таких методов рассмотрим на примере универсального источника тока для питания электролитических ванн (рис. 16.13, а).

Устройство позволяет вести процесс наращивания металла на однофазном асимметричном и трехфазном выпрямленном токах с возможностью перехода с одного режима на другой без прерывания тока и с высокой точностью стабилизации и регулирования составляющих тока.

Выдержка деталей без тока продолжительностью $t_0 = 10...60$ с необходима для выравнивания температур электролита и деталей, что обеспечивает лучшую сцепляемость первого слоя покрытия с деталью. Малая плотность тока (до 300 А/м^2) и наличие анодного тока в периоды t_1 и t_2 обеспечивают осаждение мягкого подслоя железа с небольшими внутренними напряжениями. Применение асимметричного тока повышает производительность процесса в 2...3,5 раза, улучшает сцепление покрытия с основой и позволяет получать покрытие с заданной микротвердостью.

Автоматическое регулирование кислотности обеспечивает получение качественных осадков металла на деталях. Кислотность измеряют рН-метрами, а корректируют добавлением в электролит щелочи или кислоты.

Автоматическое регулирование заданной толщины покрытия осуществляется либо при помощи счетчика ампер-часов, либо при помощи программного реле времени.

Автоматизация гальванометрических процессов повышает качество покрытий, снижает стоимость обработки, трудоемкость работ и расход химикатов, улучшает условия труда и ускоряет процесс ремонта.

4 Автоматизация обработки двигателей внутреннего сгорания

Обкатка — завершающая операция при ремонте двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Она обеспечивает приработку взаимно трущихся поверхностей деталей. В процессе обкатки выявляются и устраняются дефекты, снижающие надежность ДВС в эксплуатации. На мотороремонтных предприятиях применяют комбинированную тройную обкатку: холодную, горячую холостую и горячую под нагрузкой.

При холодной обкатке неработающий ДВС прокручивают от электродвигателя на малых оборотах. При горячей холостой обкатке ДВС работает на холостом ходу. Холостая обкатка начинается с холодной, когда ДВС надежно запускается. В этом режиме электродвигатель отключен. При горячей обкатке под нагрузкой ДВС работает как первичный двигатель, вращающий тормоз или тот же электродвигатель. Электродвигатель переводят в режим генератора. Вырабатываемая им электроэнергия поступает в общую электросеть. Нагрузка изменяется ступенчато от 10...20 до 85.... 100% номинальной мощности обкатываемого ДВС.

На практике широко используют и автоматические обкаточно-испытательные стенды с асинхронно-вентильным усилителем мощностью выше 60 кВт. Стенд содержит кинематически соединенный с валом обкатываемого ДВС 3 асинхронный электродвигатель 1 (рис. 16.14) с фазным ротором. Токи обмоток ротора вы выпрямляются выпрямителями 22, 23 и 24, инвертируются трехфазным инвертором тока ИТ и через согласующий трансформатор 15 направляются в сеть. Благодаря наличию асинхронно-вентильного усилителя в сеть возвращается (рекуперируется) до 80 % потребляемой стендом энергии.

На моторостроительных и мотороремонтных предприятиях применяют автоматизированные комплексы для обкатки и испытания ДВС. На этих комплексах происходит программное управление обкаткой по двум—пяти независимым параметрам, испытание ДВС на неустановившихся режимах, контроль и обработка на ЭВМ параметров двигателей при обкатке с выводом результатов на печать. Все обкаточно-испытательные стенды оснащены, как правило, двухуровневой системой управления, причем каждый стенд снабжен микроЭВМ, управляющей работой ДВС и стенда. Кроме того, микроЭВМ, или микропроцессоры, обеспечивают защиту ДВС и стенда от аварийных режимов работы, сбор, обработку и протоколирование результатов измерений, а также выдают необходимые данные в управляющую вычислительную машину.

Приработка контактируемых поверхностей деталей сопровождается усиленным трением и износом. По мере приработки поверхностей деталей трение и износ снижаются, а по окончании приработки — стабилизируются. Изменение трения и износа во времени сопровождается соответствующим изменением температур трущихся поверхностей деталей. Показателями качества приработки могут также служить изменения утечки воздуха, вводимого внутрь цилиндра на стадии холодной обработки, удельного расхода топлива и количества газов, прорывающихся в картер двигателя на стадии горячей обработки под нагрузкой. Характер изменения этих показателей позволяет оценить качество приработки трущихся поверхностей деталей при обкатке.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

2.1 Практическое занятие №1 (2 часа).

Тема: «Разработка схем автоматизации технологического процесса»

2.1.1 Задание для работы:

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?

2.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

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].

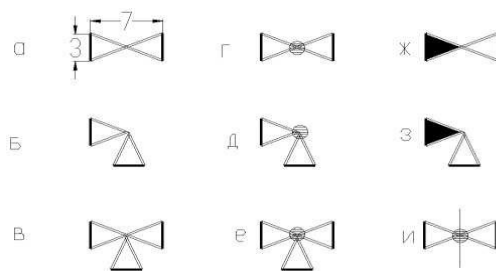


Рисунок 1 — Изображение трубопроводной арматуры:
а — проходной вентиль; *б* — угловой вентиль; *в* — трехходовой вентиль;
г — проходной кран; *д* — угловой кран; *е* — трехходовой кран;
ж — проходной клапан; *з* — угловой клапан; *и* — задвижка

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

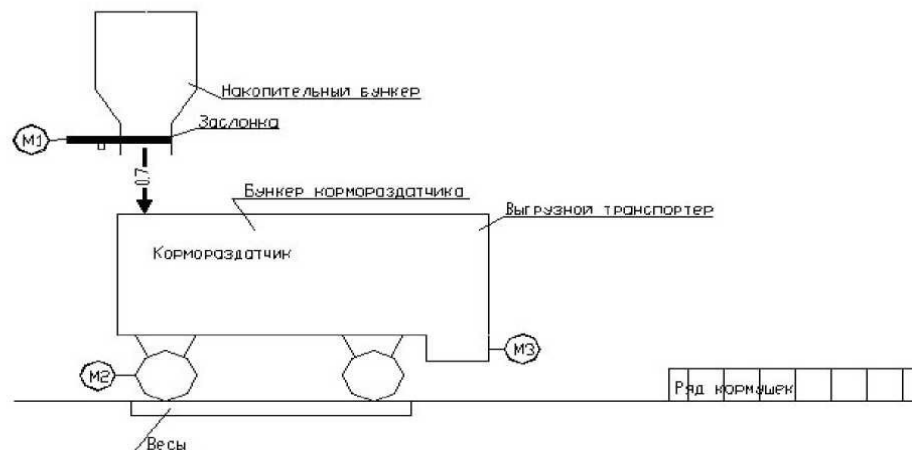


Рисунок 2 — Пример выполнения технологического оборудования на схеме автоматизации

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, приведены 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.

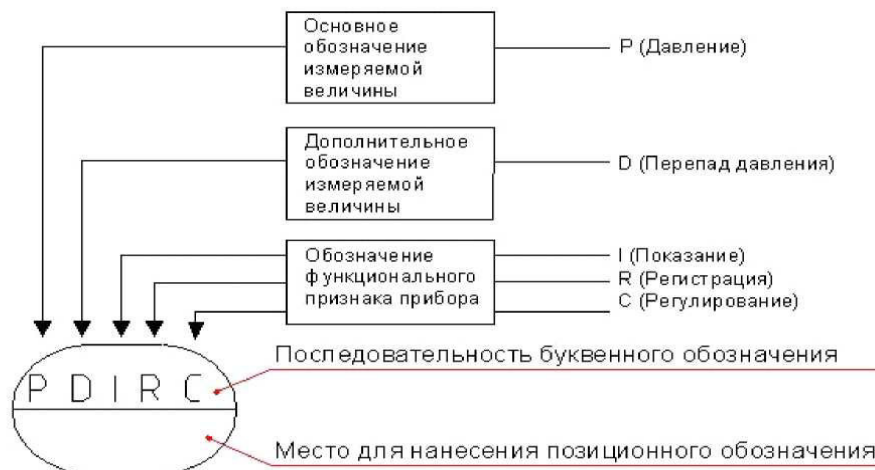


Рисунок 3 — Принцип построения условного обозначения прибора

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.

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 оператором;

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.

2.2.2 Краткое описание проводимого занятия:

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:

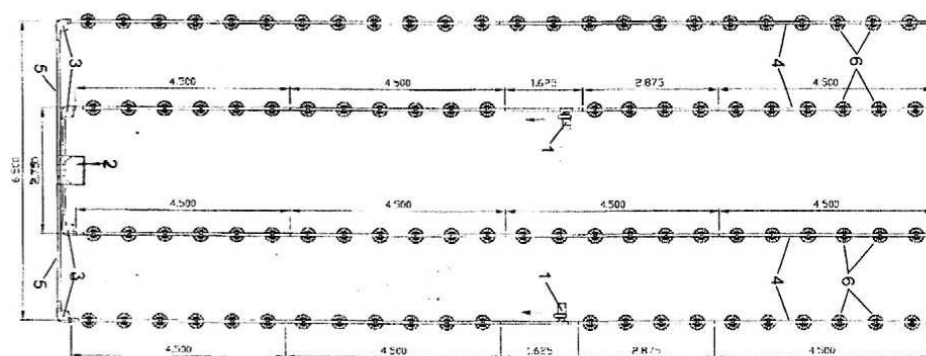
- обеспечение дозированной кормораздачи, причем норма на одну кормушку изменяется в процессе роста птицы;

- 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.

a)



б)

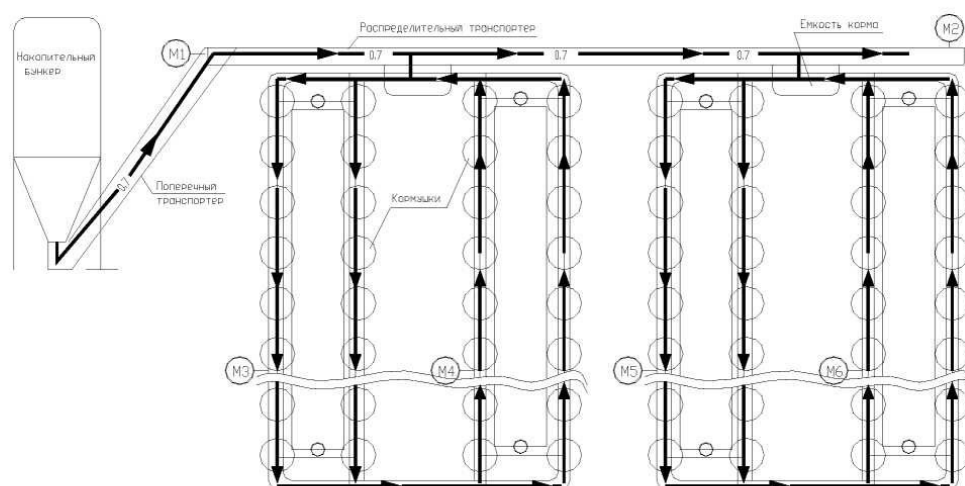


Рисунок 5 — Спиральный круговой кормораздатчик:

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

1 — приводы; 2 — бункер-дозатор; 3 — поворотное устройство; 4 — спиральный раздатчик; 5 — распределительный транспортер; 6 — 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.

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.

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	\uparrow	$\uparrow \theta_1, \uparrow X_1$
Элемент возвращается в исходное положение	То же	\downarrow	$\downarrow \theta_1, \downarrow X_1$
Воздействие командного элемента на воспринимающий элемент	Между обозначениями элементов	—	$\downarrow \theta_1 - \downarrow X_1$
Выполнение технологической операции (цифрой над символом обозначается наименование технологической операции)	После обозначения включения воспринимающего элемента	$1, 2, \dots, n$	$\overset{1}{\uparrow X_1} - \uparrow \theta_2$ 1 – открытые за- слонки
Одновременное срабатывание нескольких элементов	Между обозначениями элементов		$\uparrow \theta_1$ $\uparrow X_1$ $\downarrow X_2$
Срабатывание последующего элемента происходит после срабатывания всех параллельных цепочек	То же		$\downarrow \theta_3$ $\uparrow X_3$ $\uparrow \theta_n$
Вспомогательные символы			
Включаемый механизм совершает вращение	Над обозначениями элемента		 X_4, X_5
Вспомогательные символы			
Поступательные движения назад	То же	\leftarrow	\leftarrow X_2
Поступательные движения вперед	То же	\rightarrow	\rightarrow X_1
<p>Примечания:</p> <p>1. Элементы САУ имеют два состояния (контакт замкнут — разомкнут, исполнительный механизм включен – отключен) и символы (\uparrow, \downarrow), которые обеспечивают обозначение состояния элементов.</p> <p>2. Вспомогательные символы облегчают чтение алгоритма, однако нанесение их необязательно.</p> <p>3. Наименование технологических операций и требования к ним приводятся дополнительно при разработке алгоритма.</p>			

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 крайнее 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 дозаторов
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)

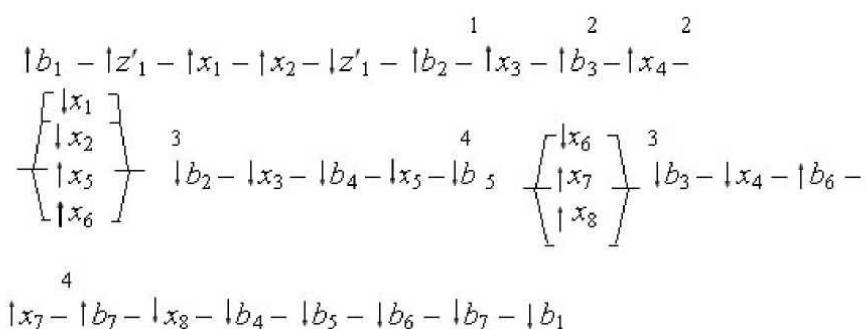


Таблица 3 — Характеристика технологических операций

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:

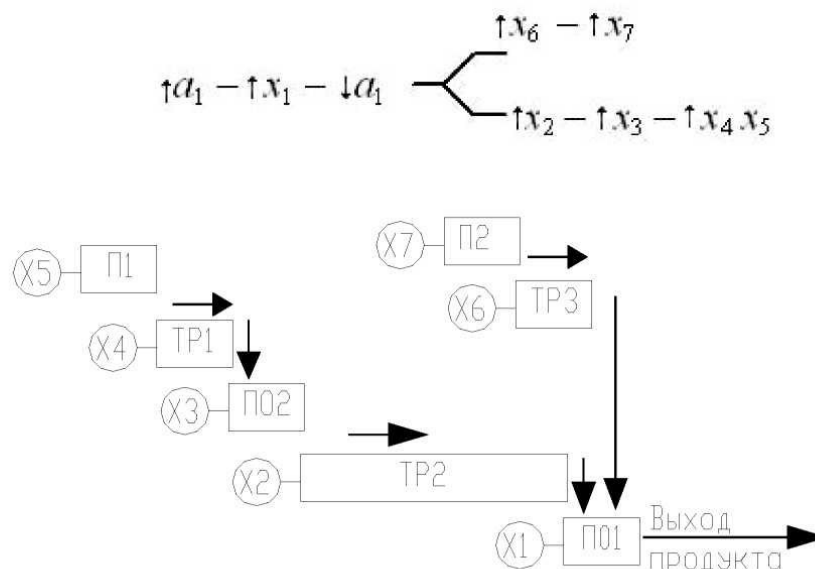


Рисунок 7 — Примерная схема поточной технологической линии:
 $П_1, П_2$ — питатели; $П01, П02$ — потребители; $ТР1, ТР2, ТР3$ — транспортеры; X_1, X_2, \dots, X_7 — исполнительные устройства;
 \rightarrow — направление потока материала

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:

$$\uparrow a_2 - \left\{ \begin{matrix} \downarrow x_5 \\ \downarrow x_7 \\ \downarrow z \end{matrix} \right\} - \downarrow a_2 - \downarrow z' - \left\{ \begin{matrix} \downarrow x_1 \\ \downarrow x_2 \\ \downarrow x_3 \\ \downarrow x_4 \\ \downarrow x_6 \end{matrix} \right\} - \downarrow z - \downarrow z'$$

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

$$\uparrow a_2 \left\{ \begin{array}{l} \uparrow x_5 \\ \uparrow z \end{array} \right\} \uparrow z' - \uparrow x_4 - \uparrow z'' - \uparrow x_3 - \uparrow z''' - \uparrow x_2 - \uparrow z'''' - \uparrow x_1 - \uparrow z - \uparrow z' - \uparrow z'' - \uparrow z''' - \uparrow z''''$$

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:

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

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.

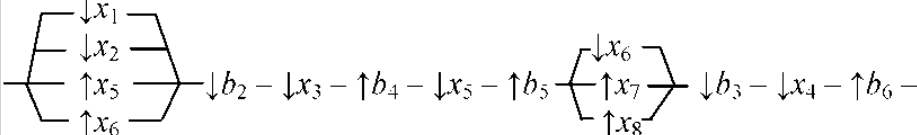
С целью определения возможности реализации цикла каждому элементу символической записи присваивается так называемый «вес». Первому элементу присваиваем «вес» равный единице. «Вес» каждого последующего «нового» элемента удваивается.

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

2.3 Практическое занятие №4,5 (4 часа).

Тема: «Алгебра логики и минимизация структурных формул»

2.3.1 Задание для работы:

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.rpf» (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-

2.3.2 Краткое описание работы

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 блоковых диаграмм, например графическое представление структуры рассмотрено в теме 5 и теории электронного практикума (запустить файл «алгебра.rpt» 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).

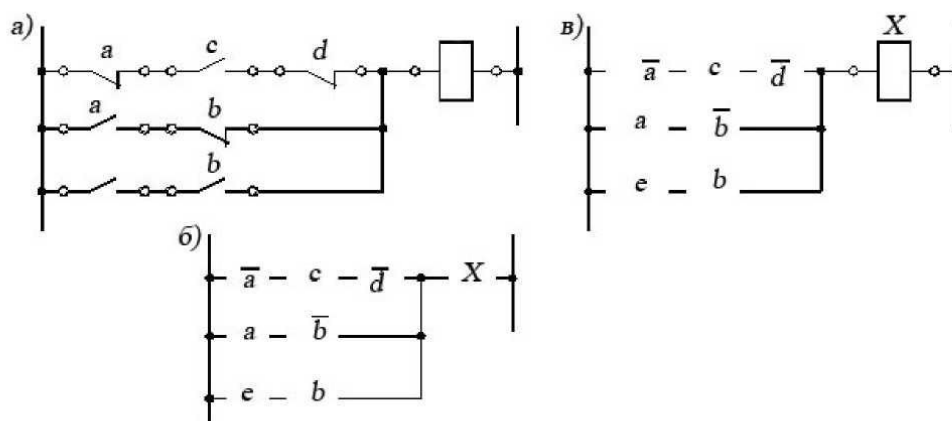


Рисунок 8 — Варианты изображения структуры релейных схем

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.

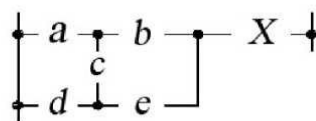


Рисунок 9 — Простейшая мостиковая схема класса Н

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:

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

$$f(X_2) = f_2(a, b, c, \dots q); \quad (3)$$

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

Условное графическое изображение этих формул представлено на рисунке 10.

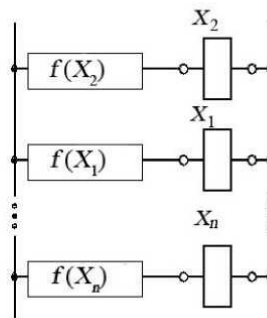


Рисунок 10 — Структура схемы управления

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:

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

или в общем виде:

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

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:

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

Используя законы булевой алгебры произведем преобразования:

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

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

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

но так как

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

то

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

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

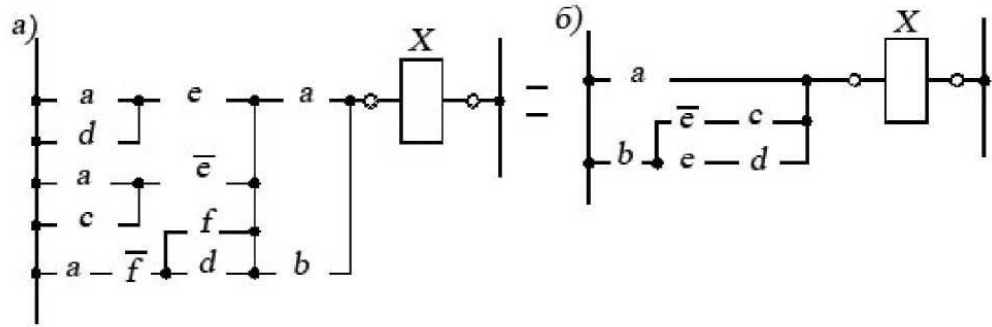


Рисунок 11 — Пример упрощения структуры РКС:
a — исходная структура; *б* — упрощенная структура

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

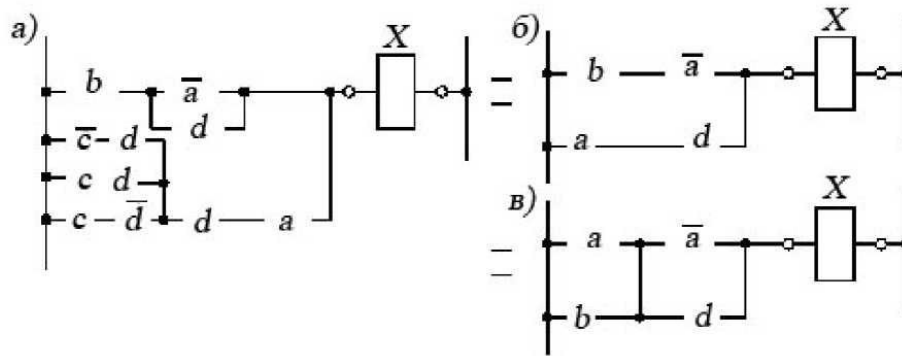


Рисунок 12 — Пример упрощения структуры РКС:
a — исходная структура; *б* — первый вариант упрощения структуры;
в — второй вариант упрощения структуры

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

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

Умножим $\bar{c}d$ 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

2.4 Практическое занятие №6,7 (4 часа).

Тема: «Разработка структуры управления систем автоматического управления технологическим процессом»

2.4.1 Задание для работы:

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.

2.4.2. Краткое описание занятия

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 (частные 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;

e_1 — элемент, определяющий исходное состояние линии (загрузка кормом накопительного бункера);

e_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 Э	Такты								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
x_1	1	—	—	—	⊕	+	+	⊖	—	—
z_1	2	—	—	⊕	+	⊖	—	—	—	—
e_3	4	—	—	—	—	—	⊕	+	⊖	—
e_1	8	—	⊕	+	+	+	+	+	+	⊖
Вес 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 «—» 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 отпущения, 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 \mathbf{b}_1 будут использованы замыкающие контакты (элемент \mathbf{b}_1 замкнется в такте 1, z_1 — в такте 2), а у элемента \mathbf{b}_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 \mathbf{b}_3 изменили свое состояние, а элемент \mathbf{b}_1 остался в прежнем состоянии, поэтому структурная формула в такте отпущения будет иметь вид:

$$f_{\text{отп}}(x_1) = \overline{z'_1} \cdot b_3 \cdot b_1,$$

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

Таблица 4 — Таблица включений ИЭ x_1

Э	Вес Э	Такты								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
x_1	1	—	—	—	⊕	+	+	⊖	—	—
z_1	2	—	—	⊕	+	⊖	—	—	—	—
e_3	4	—	—	—	—	—	⊕	+	⊖	—
e_1	8	—	⊕	+	+	+	+	+	+	⊖
Вес 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 «—» 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 отпущения, 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 \mathbf{b}_1 будут использованы замыкающие контакты (элемент \mathbf{b}_1 замкнется в такте 1, z_1 — в такте 2), а у элемента \mathbf{b}_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 \mathbf{b}_3 изменили свое состояние, а элемент \mathbf{b}_1 остался в прежнем состоянии, поэтому структурная формула в такте отпущения 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:

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

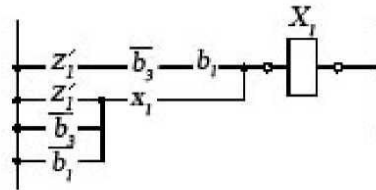


Рисунок 13 — Формула управления, выраженная структурой

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 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.

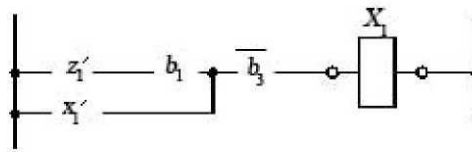


Рисунок 14 — Структурная схема ИЭ X_1

Проанализируем работу схемы. Включение ИЭ X_1 произойдет при замыкании контакта z'_1 и выполнении условия заполнения кормом накопительного бункера (при этом замкнется контакт b_1). Распределительный транспортер будет работать. Если контакты z'_1 и b_1 разомкнутся, ИЭ X_1 не отключится, так как цепь элементов z'_1 , 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 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.

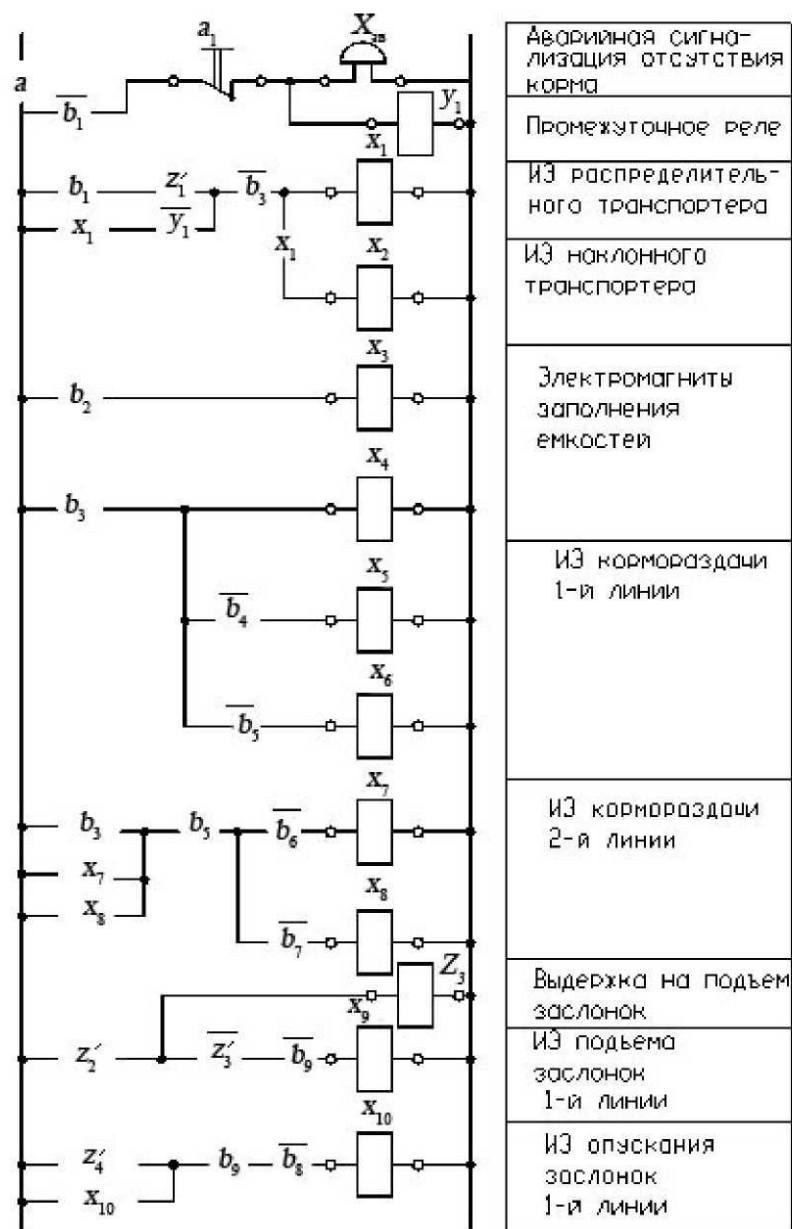


Рисунок 15 — Полная структурная схема управления кормораздачей в птичнике

2.5 Практическое занятие №8,9 (4 часа).

Тема: «Разработка полных принципиальных электрических схем»

2.5.1 Задание для работы:

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.

2.5.2 Краткое описание занятия

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.

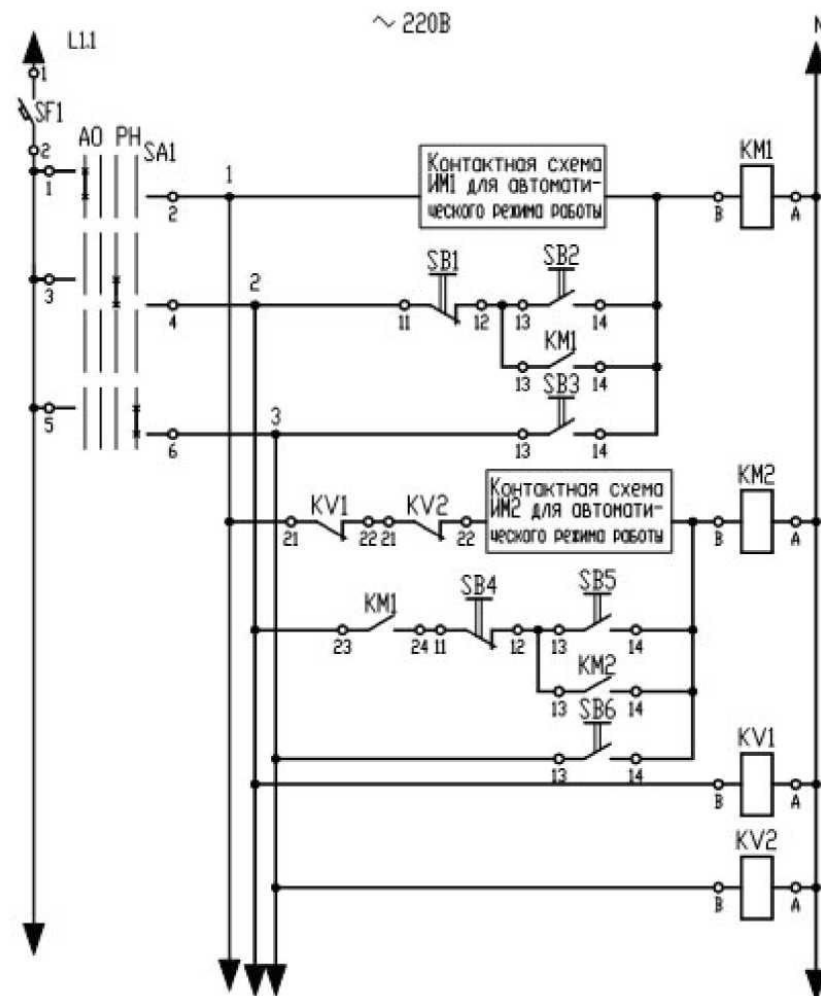


Рисунок 16 — Структура ПЭС для работы в нескольких режимах

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.

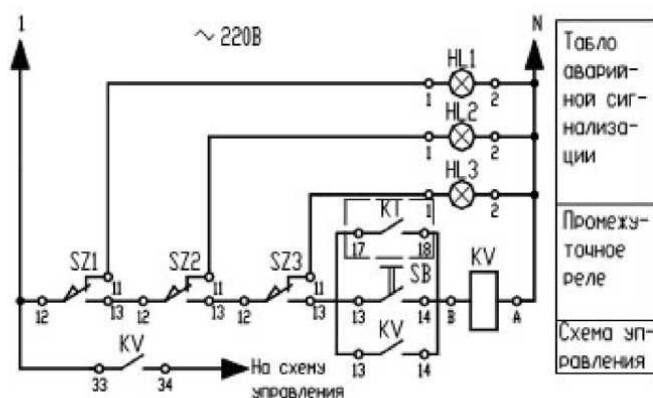


Рисунок 17 — ПЭС защиты объекта управления

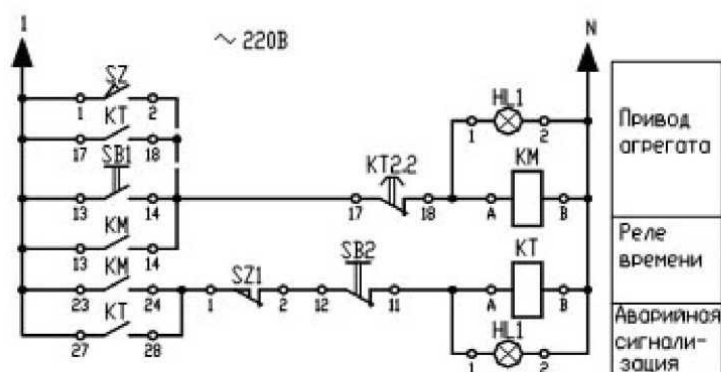


Рисунок 18 — ПЭС защиты агрегата

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

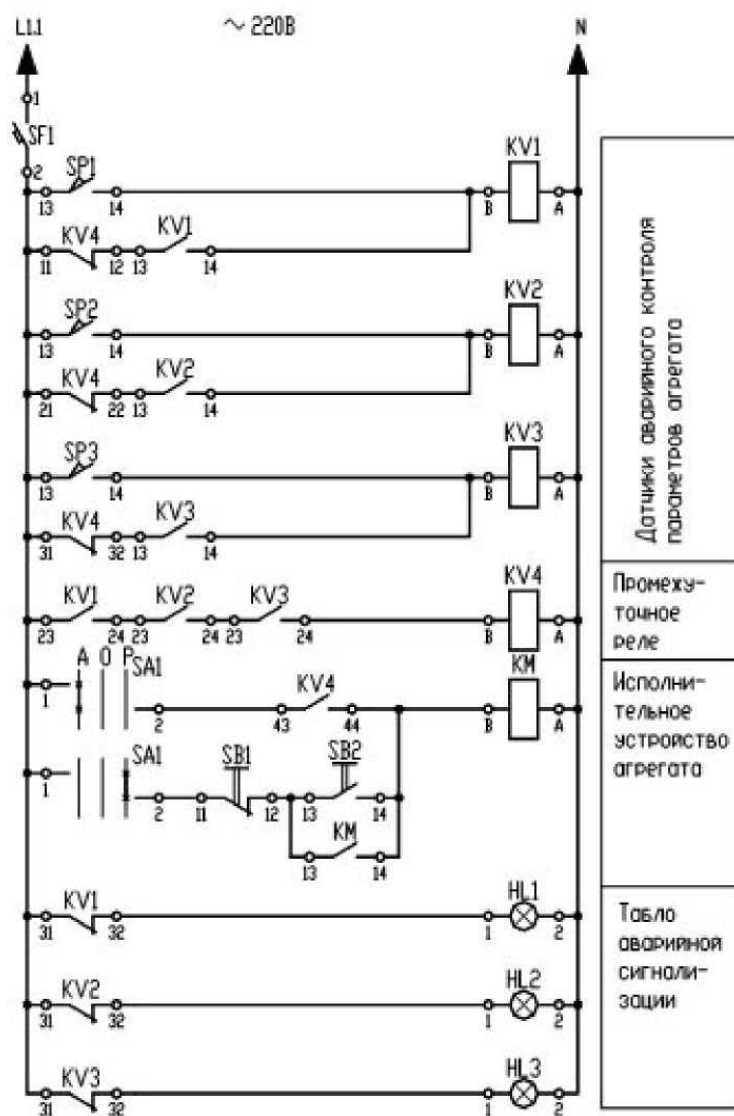


Рисунок 19 — ПЭС защиты и сигнализации

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 завершен), то конечный выключатель SQ (датчик завершения процесса SY) не разомкнется. Контакт КТ размыкается цепь в катушке исполнительного механизма КМ и подается аварийный сигнал (HL, HA).

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).

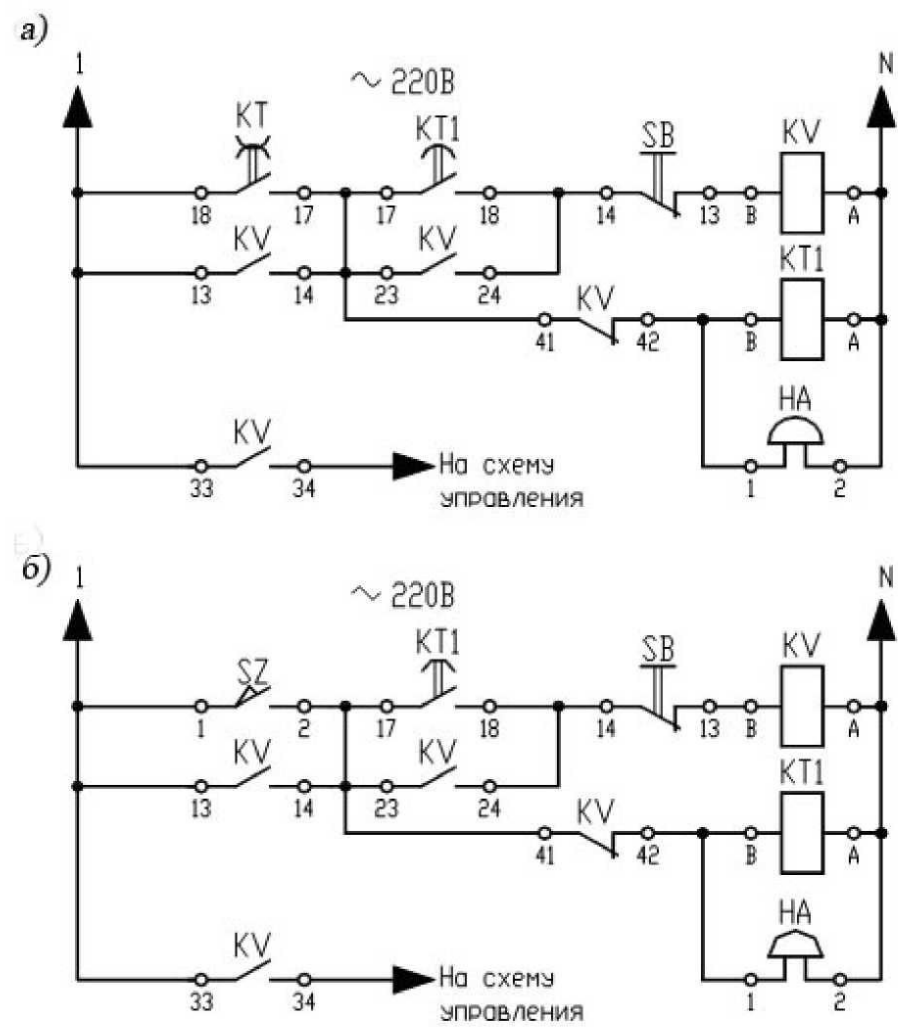


Рисунок 20 — Параметры ПЭС предупредительных сигналов

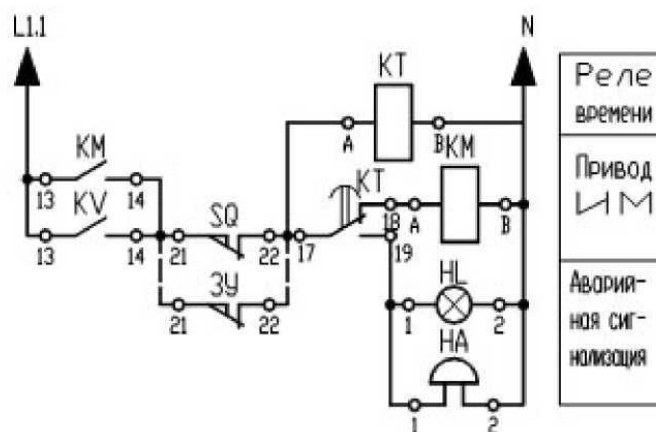


Рисунок 21 — Использование реле времени в схемах сигнализации

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° , если в соответствующих стандартах отсутствуют специальные указания. Допускается условное графическое обозначение поворачивать на угол, кратный 45° , 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.

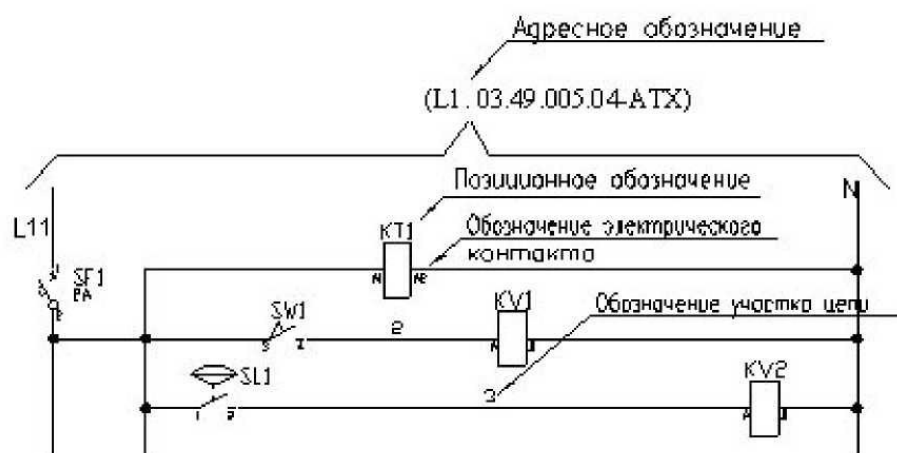


Рисунок 22 — Группы обозначений на чертеже принципиальной электрической схемы

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.

2.6 Практическое занятие №10,11 (4 часа).

Тема: «Схемы соединений, подключений внешних проводов. Разработка щита автоматики»

2.6.1 Задание для работы:

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-

2.6.2 Краткое описание занятия

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 стативы высотой 2 200 и 1 800 мм;
- стативы 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 стативов 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 стативов, 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 шкафов 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.

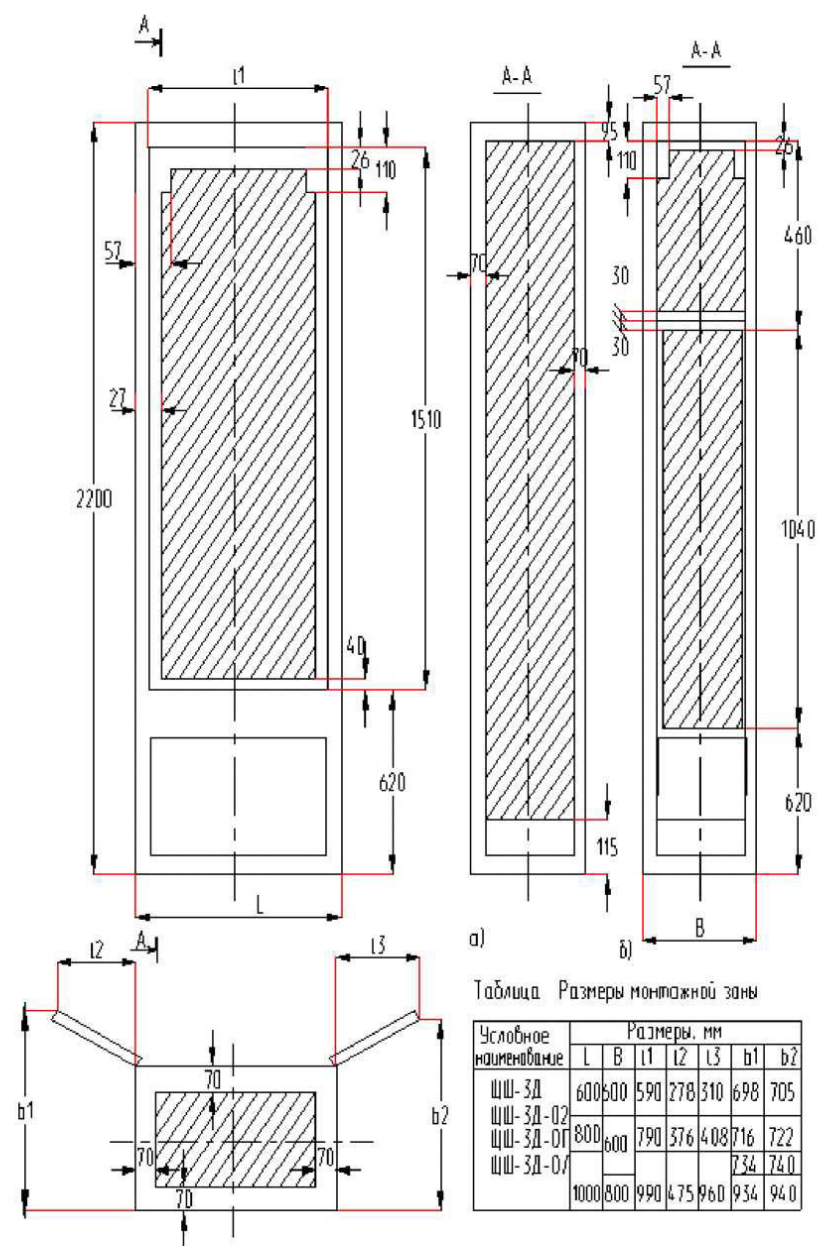


Рисунок 48 — Монтажные зоны шкафных щитов ЩШ-ЗД:
а — исполнение I; б — исполнение II

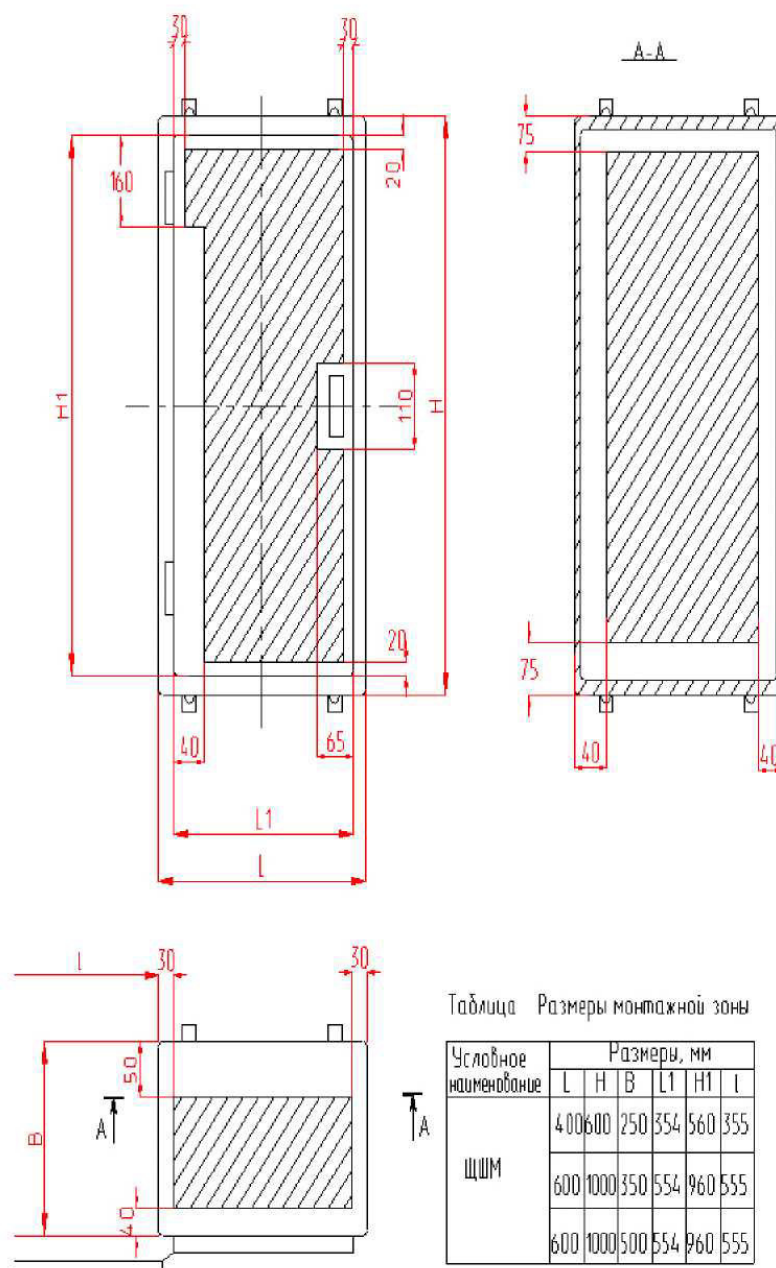


Рисунок 49 — Допустимые поля монтажа малогабаритных щитов

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 обслуживании при поднятой верхней 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 пульта должны выполняться:

– в щиты шкафные, шкафные малогабаритные — снизу;

- в пульты — снизу;
- в щиты панельные с каркасом — снизу и сверху.

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

Компоновку аппаратов в щитах рекомендуется выполнять в следующем порядке:

- 1) определить монтажную зону соответствующей плоскости щита по рисунку;
- 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 пульта, 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 пульта 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

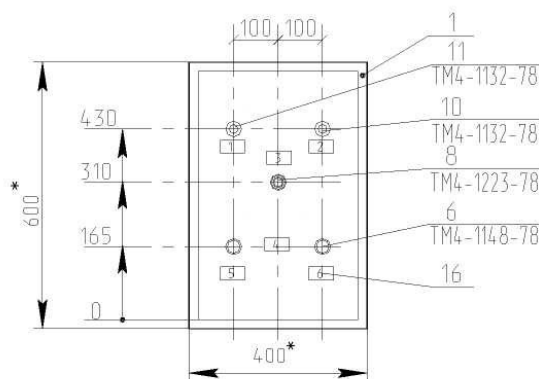
в виде внешних очертаний, сплошными основными линиями по ГОСТ 2.303–68.

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;
- 6) 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.

2.7 Практическое занятие №12,13 (4 часа).

Тема: «Разработка щита автоматики»

2.7.1 Задание для работы:

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-

2.7.2 Краткое описание занятия

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 стативы высотой 2 200 и 1 800 мм;
- стативы 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 стативов 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 стативов, 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 шкафов 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.

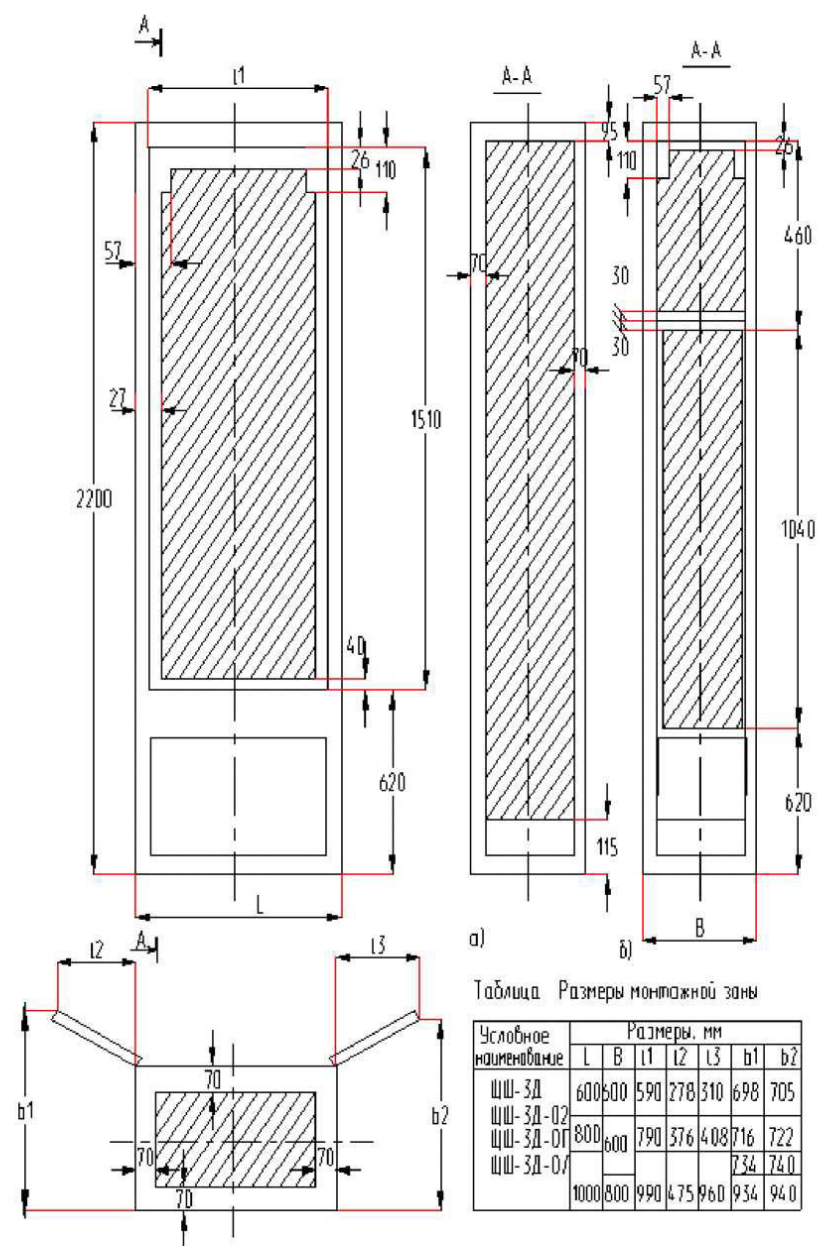


Рисунок 48 — Монтажные зоны шкафных щитов ЩШ-ЗД:
а — исполнение I; б — исполнение II

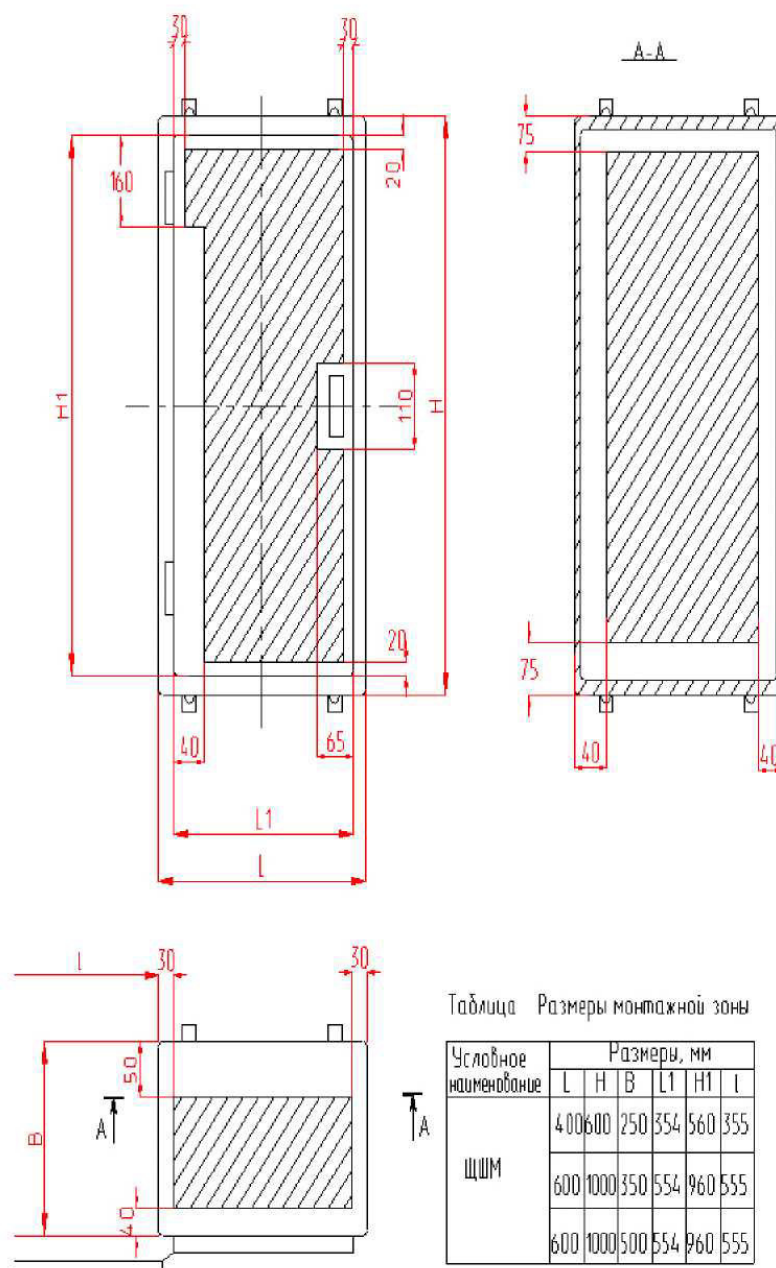


Рисунок 49 — Допустимые поля монтажа малогабаритных щитов

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 обслуживании при поднятой верхней 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 проводов в щиты и пульта должны выполняться:

– в щиты шкафные, шкафные малогабаритные — снизу;

- в пульты — снизу;
- в щиты панельные с каркасом — снизу и сверху.

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

Компоновку аппаратов в щитах рекомендуется выполнять в следующем порядке:

- 1) определить монтажную зону соответствующей плоскости щита по рисунку;
- 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 пульта, 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 пульта 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

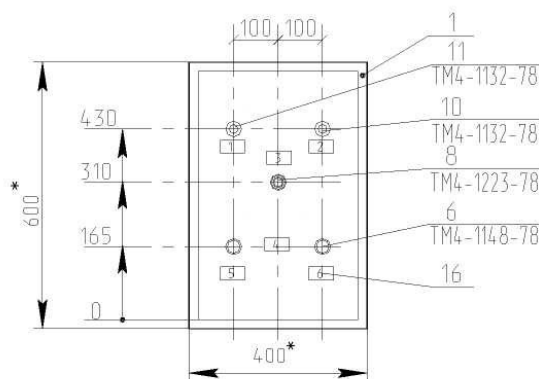
в виде внешних очертаний, сплошными основными линиями по ГОСТ 2.303–68.

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 ОСТ 36.13-90

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;
- 6) 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.

2.8 Практическое занятие №14,15 (4 часа).

Тема: «. САУ ТП на бесконтактных логических элементах»

2.8.1 Задание для работы:

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, смитировать ее работу и показать результат преподавателю.

2.8.2 Краткое описание занятия

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.

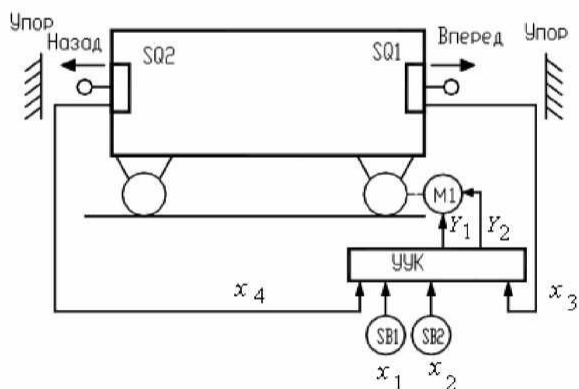


Рисунок 23 — Схема управления горизонтальным перемещением кормораздатчика

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:

$$Z_9 = x_1 \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{x_3} \cdot \overline{x_4}; \quad (11)$$

$$Z_{10} = x_1 \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{x_3} \cdot x_4. \quad (12)$$

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

$$Y_1 = Z_9 + Z_{10} = x_1 \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{x_3} \cdot \overline{x_4} + x_1 \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{x_3} \cdot x_4. \quad (13)$$

Применив тоже правило, получим для второй функции:

$$Y_2 = Z_5 + Z_7 = \overline{x_1} \cdot x_1 \cdot \overline{x_3} \cdot \overline{x_4} + \overline{x_1} \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot \overline{x_4}. \quad (14)$$

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:

$$Y = \overline{x_1} \cdot x_2 + x_1 \cdot \overline{x_2} + x_1 \cdot x_2. \quad (15)$$

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 $\overline{x_1} \cdot \overline{x_2}$, правая верхняя — конъюнкции $x_1 \cdot \overline{x_2}$. 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

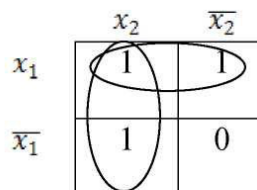


Рисунок 24 — Карта Карно для функции двух переменных

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

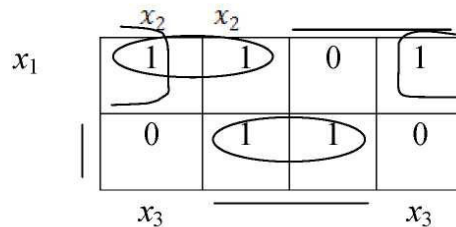


Рисунок 25 — Карта Карно для функции трех переменных (чертой обозначены клетки, соответствующие инверсии переменных)

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

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

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	x_1	$\overline{x_1}$		
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		x_3		

Рисунок 26 — Карта Карно для функции Y_1

	x_1	x_1	$\overline{x_1}$		
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		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

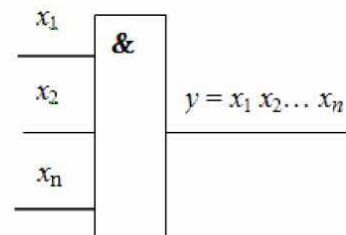


Рисунок 28 — Условное графическое изображение элемента И с n входами

Операция ИЛИ (дизъюнкция) обозначается знаком (+) или символом V. 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

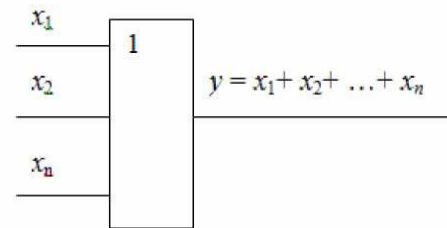


Рисунок 29 — Условное графическое изображение элемента ИЛИ с n входами

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

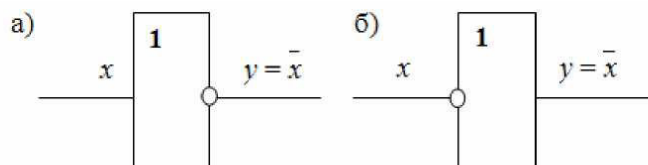


Рисунок 30 — Условное графическое изображение элемента НЕ

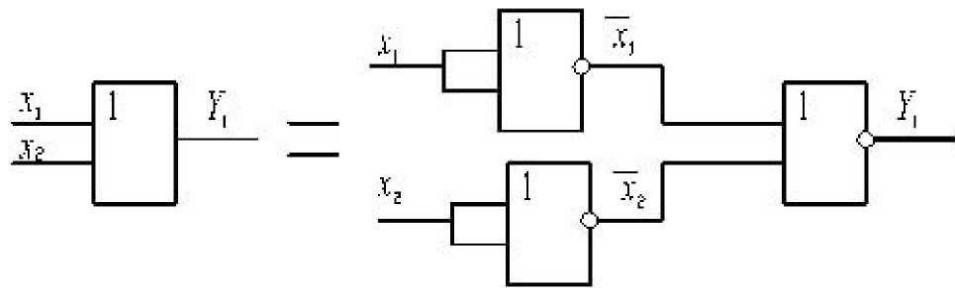


Рисунок 32 — Функциональная схема приведения логической функции ИЛИ к базису И-НЕ

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

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

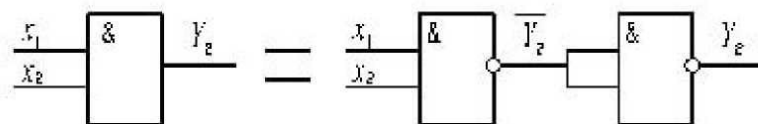


Рисунок 33 — Функциональная схема приведения логической функции И к базису И-НЕ

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

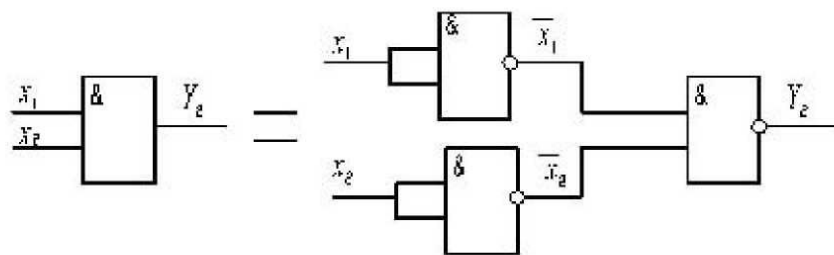


Рисунок 34 — Функциональная схема приведения логической функции ИЛИ к базису И-НЕ

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.

Заменяем схему управления рисунка 35 на бесконтактное устройство управления.

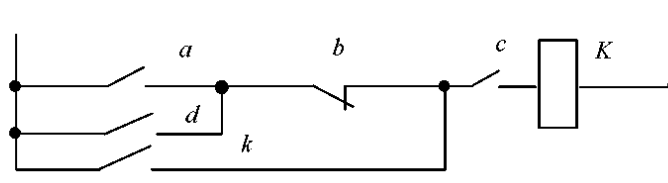


Рисунок 35 — Схема к примеру 1

Запишем структурную формулу контактов исполнительного элемента K :

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

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

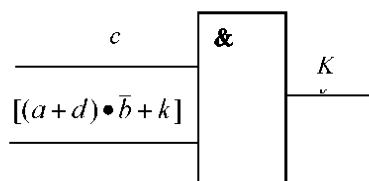


Рисунок 36 — Представление структуры на элементе И

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

Произведем последовательную замену входной переменной функции $[(a + d) \bullet \bar{b} + k]$ 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**.

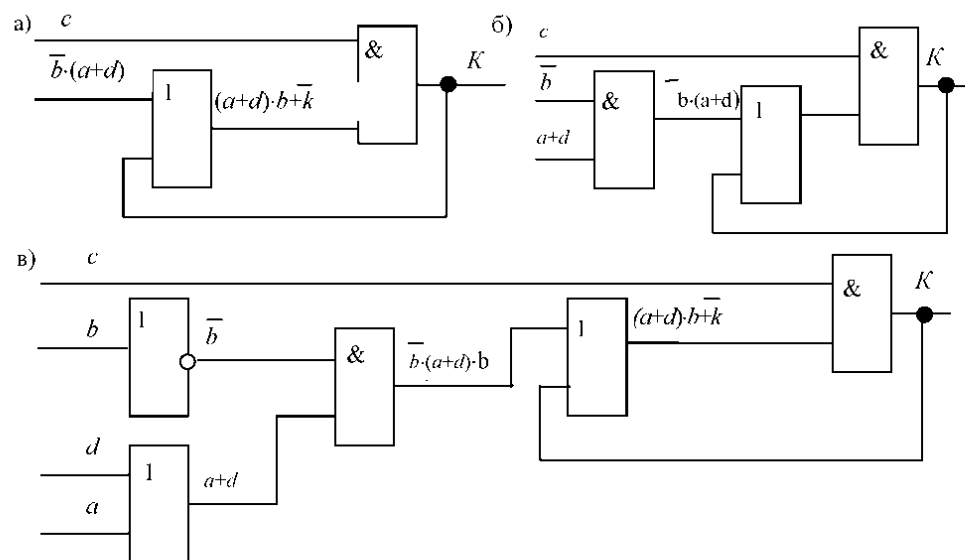


Рисунок 37 — Реализация структуры РКС на логических элементах по этапам:
 a — первоначальный этап; $б$ — промежуточный этап;
 $в$ — окончательный этап

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.

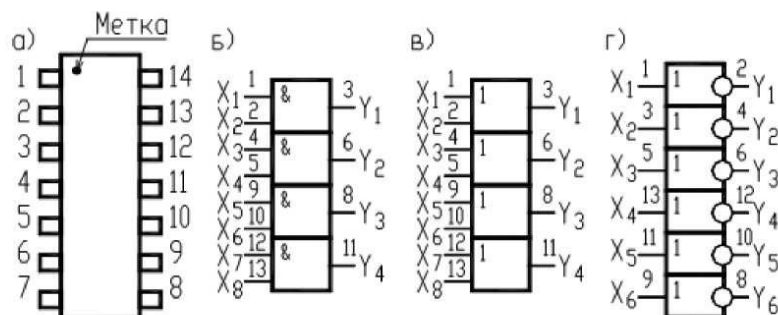


Рисунок 38 — Цифровая ИС:

a — маркировка типичной цифровой ИС; *б, в, г*, — схемы расположения выводов цифровых схем К155 ЛИ1, К155 ЛЛ1, К155 ЛН1 соответственно

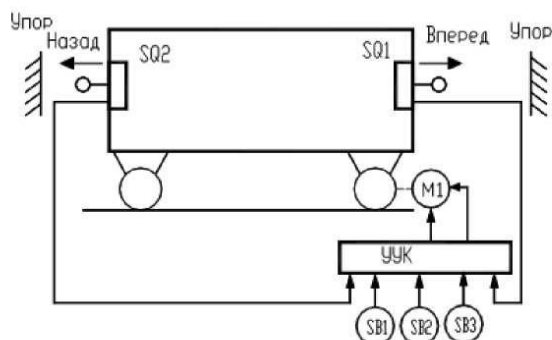


Рисунок 39 — Функциональная схема управления кормораздатчиком

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.

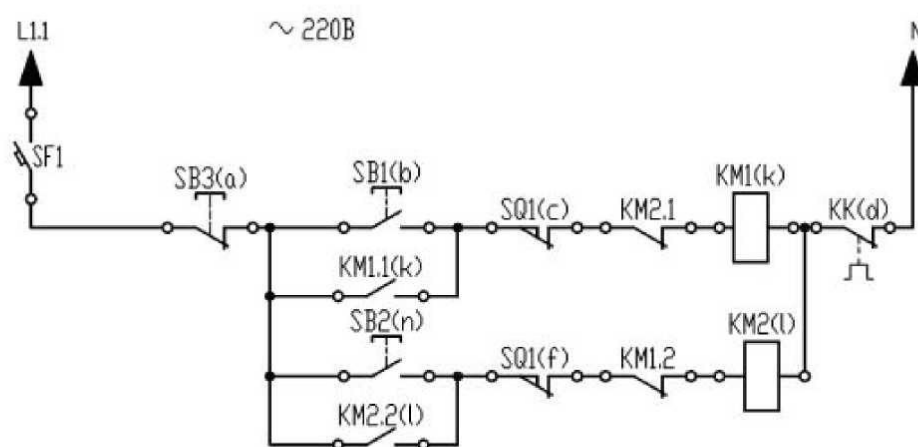


Рисунок 40 — Принципиальная электрическая схема управления перемещением кормораздатчика

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

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

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

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.

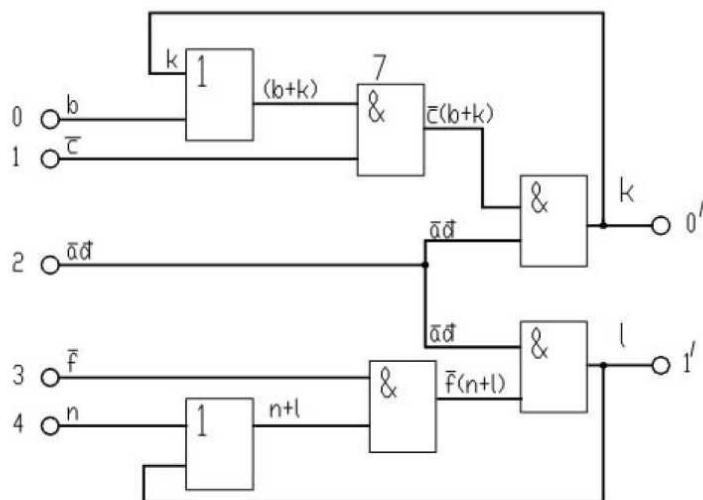


Рисунок 41 — Функциональная схема логического блока управления кормораздатчиком

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).

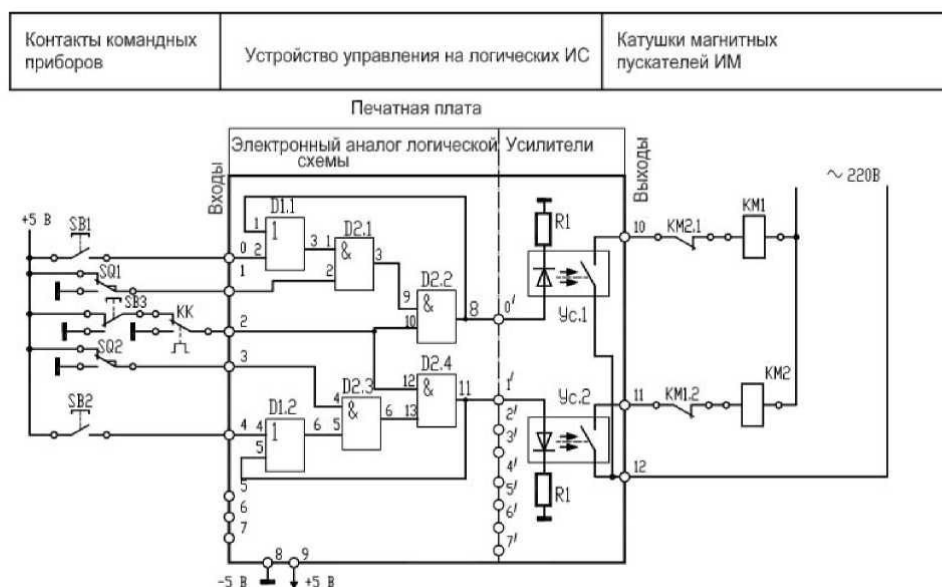


Рисунок 42 — Принципиальная электрическая схема управления перемещением кормораздатчика (цепи питания ИС на схемах не показывают)

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 KK, 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, простой 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.

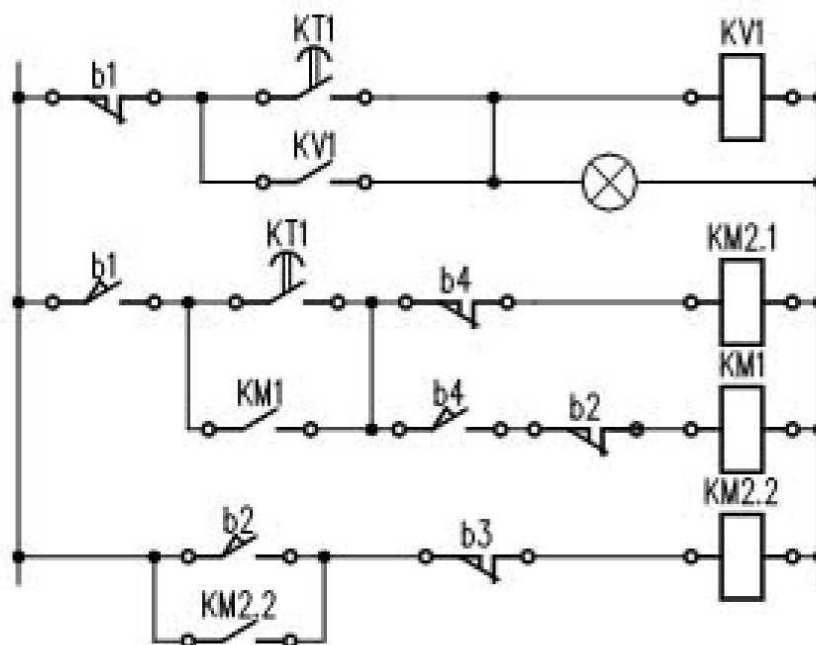


Рисунок 43 — Структура управления в автоматическом режиме, где:
 KT1 — контакт суточного реле времени, KM1 — управляет распределительным транспортером, KM2.1 и KM2.2 — управляют опусканием и подъемом ограничителей

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*.

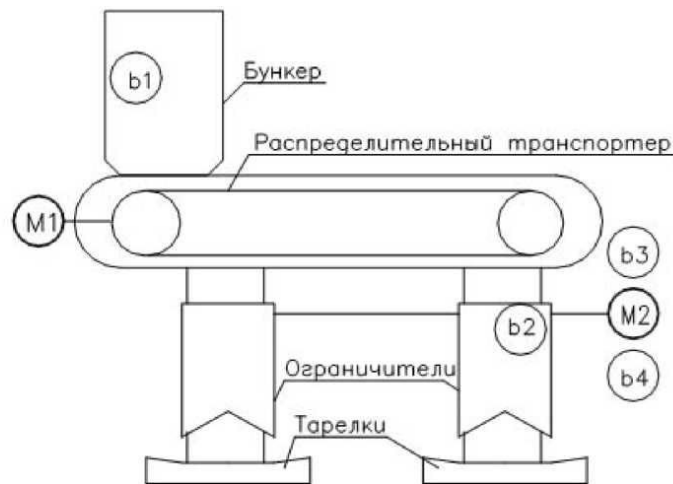


Рисунок 44 — Оборудование кормораздачи в птичнике

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 « \bullet », параллельное « $+$ », имеем:

$$\begin{aligned} f(HL) &= \overline{b1} \bullet (KT1 + HL); \\ f(KM1) &= b1 \bullet b4 \bullet \overline{b2} \bullet (KT1 + KM1); \\ f(KM2.1) &= b1 \bullet KT1 \bullet \overline{b4}; \\ f(KM2.2) &= \overline{b3} \bullet (b2 + KM2.2). \end{aligned}$$

Осталось перевести формулы на логические элементы, учитывая, какие сигналы подаются на входы и выходы (таблица 13), и имея в виду, что операция « \bullet » 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).

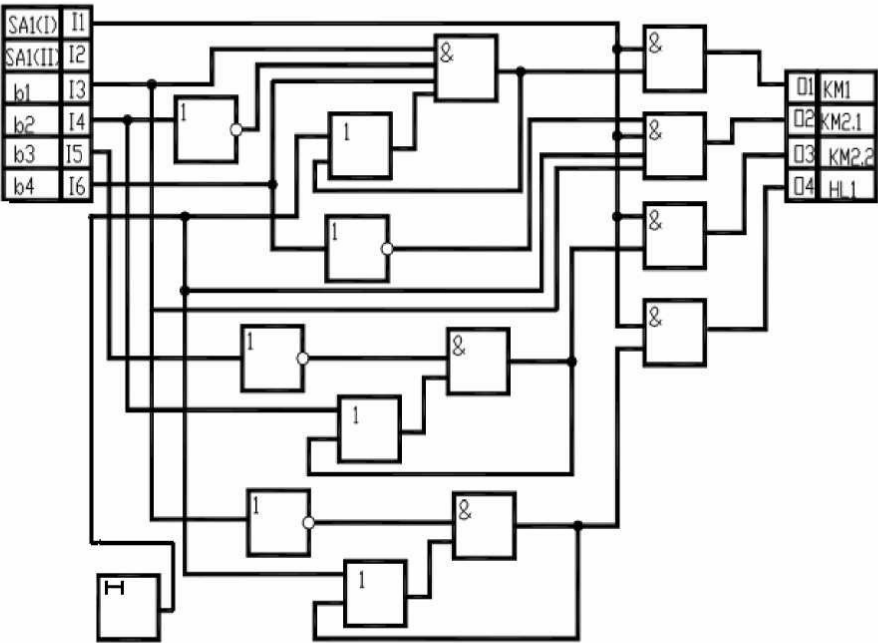


Рисунок 45 — Структура управления, выраженная через блоки контроллера

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 проделать 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 удобства, 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.

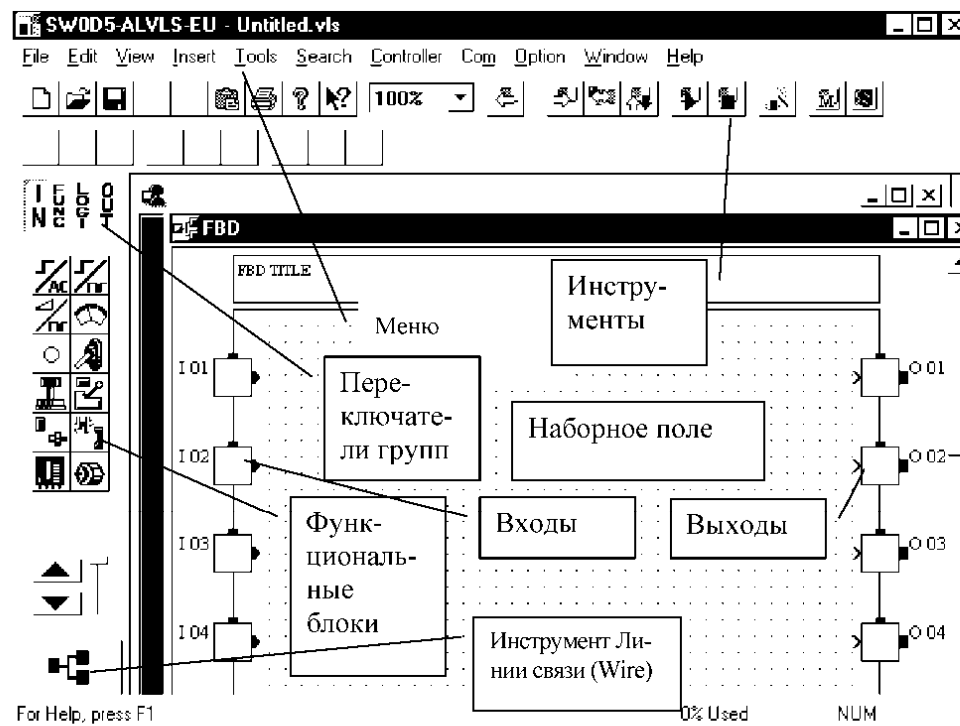


Рисунок 46 — Интерфейс программы-компилятора

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**.

2.9 Практическое занятие №14,15 (4 часа).

Тема: «Схемы соединений, подключений внешних проводов»

2.9.1 Задание для работы:

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):

2.9.2 Краткое описание занятия

Основные требования к схемам соединений внешних проводов

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 проводов. 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. Внешитовые приборы, щиты и другие технические средства изображают ниже. Технические средства, для которых на схемах приводят подключения проводок, изображают упрощенно внешними очертаниями или в виде прямоугольников. Щиты, пульты, стативы 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, статива, а под ним (в скобках) — обозначение таблицы подключения данного пульта, щита, статива. Размеры прямоугольников, обозначающих щиты, пульты, стативы, следует принимать по размещаемой в них информации. Если полный объем внешних проводок для данного щита, пульта не помещается на одном

листе или документе, то на данном листе или документе делают обрыв щита, пульты 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, пульты, стативы.

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

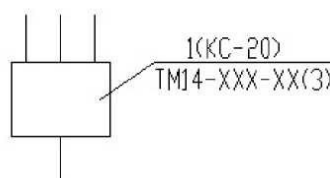


Рисунок 55 — Обозначение внештитовых приборов

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

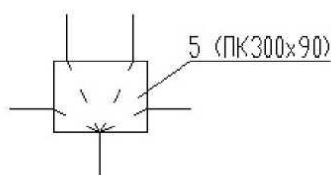


Рисунок 56 — Изображение протяжных коробок

4. Внешние электрические и трубные проводки. Первичные и внештитовые приборы, групповые установки приборов, щиты, пульты, стативы 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 разрабатывать 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 $2 \times 2,5$ мм;
- для кабелей — марку, количество и сечение жил и при необходимости количество занятых жил, которые указывают в прямоугольнике, помещаемом справа от обозначения данных кабеля.
- для металлорукава — 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.

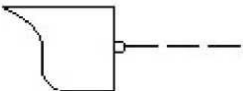
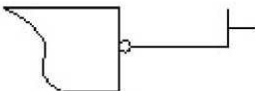
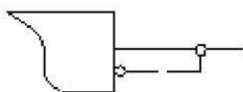
Трубным проводкам (импульсным, командным, питающим, дренажным, вспомогательным и т. д., в том числе пневмокабелям) присваивают порядковые номера с добавлением перед ними индекса 0: 01, 02, 03 и т. д.

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].

Таблица 18 — Способы выполнения электропроводок систем автоматизации

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

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 длительны расчетным током:

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

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

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

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 проводов систем автоматизации (при $U > 60$ В): 0,35 мм² — для многопроволочных медных гибких жил; 0,5 мм² — для однопроволочных медных гибких жил; 2 мм² — для алюминиевых жил), а в необходимых случаях (например, при длинных линиях) производится проверка сечений проводов по потере напряжения (%):

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

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, мм².


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 .

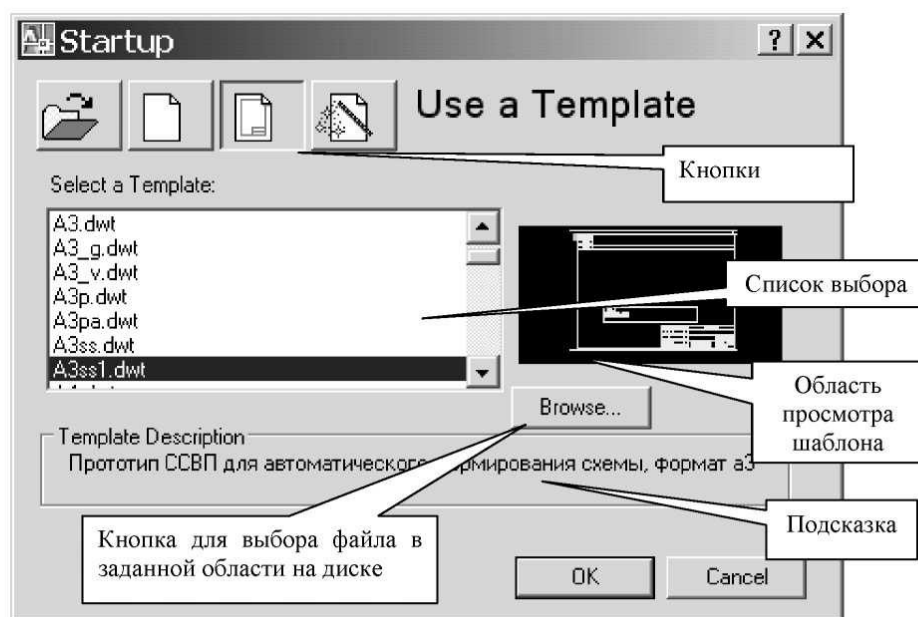


Рисунок 58 — Диалоговое окно начала работы



Рисунок 59 — Меню База

4. Установить режим ввода данных пользователем: авто или ручную, воспользовавшись вложенностью меню: **База** → **БазаСс** → **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 **DDATTTR**, 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: Введите характеристику параметра (3 строки), 2-я строка: 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 <◇>:	Требуем 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 <◇>: Введите номер маркировки провода 2 <◇>:	Требуем ввода действительного числа обозначения по принципиальной схеме подключаемых к устройству проводников	Обязательный параметр.
Введите номер ХТ <◇>:	Требуем ввода действительного числа номера набора зажимов	Необязательный параметр. Значение может быть задано автоматически
Введите марку проводки <KBVG>:	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 <TM...>:	Вводится текстовая переменная обозначения типового монтажного чертежа установки устройства	Если корректно введено обозначение устройства, то переменная задается автоматически