

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Е. С. Якубовская**

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА.  
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением  
по образованию в области автоматизации  
технологических процессов, производств и управления  
в качестве учебно-методического пособия  
для студентов учреждений высшего образования  
по направлению специальности 1-53 01 01-09 «Автоматизация  
технологических процессов и производств (сельское хозяйство)»*

Минск  
БГАТУ  
2021

УДК 658.5(075)  
ББК 32.965я7  
Я49

**Рецензенты:**

кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники  
УО «Белорусский государственный технологический университет»  
(кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой *Д. С. Карпович*);  
инженер-проектировщик ООО «Современный город» *М. И. Юхневская*

**Якубовская, Е. С.**  
Я49 Системы автоматизации сельскохозяйственного производства.  
Лабораторный практикум : учебно-методическое пособие /  
Е. С. Якубовская. – Минск : БГАТУ, 2021. – 168 с.  
ISBN 978-985-25-0131-6.

Содержит учебный материал, направленный на формирование компетентности в области разработки систем автоматизации. Предлагаемые лабораторные работы позволяют освоить методику разработки документации проекта автоматизации (схем автоматизации, питания, принципиальных схем, монтажной документации, документации на щиты), в том числе с использованием пакетов систем автоматизированного проектирования, и методику моделирования работы систем автоматического регулирования.

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

**УДК 658.5(075)**  
**ББК 32.965я7**

**ISBN 978-985-25-0131-6**

© БГАТУ, 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
Лабораторная работа № 1. Разработка технического задания .....	6
Лабораторная работа № 2. Изучение возможностей пакетов для моделирования и оптимизации параметров систем автоматизации .....	17
Лабораторная работа № 3. Разработка средств визуализации управления для систем автоматизации.....	28
Лабораторная работа № 4. Разработка схем автоматизации установки или линии .....	45
Лабораторная работа № 5. Разработка принципиальных схем питающей и распределительной сети систем автоматизации.....	49
Лабораторная работа № 6. Разработка принципиальных электрических схем управления на базе микропроцессорных устройств управления .....	54
Лабораторная работа № 7. Разработка схемы соединений внешних проводок .....	64
Лабораторная работа № 8. Разработка таблиц соединений в CADElectro .....	74
Лабораторная работа № 9. Разработка плана расположения оборудования и внешних проводок .....	84
Лабораторная работа № 10. Разработка документации на щиты автоматики .....	86
Лабораторная работа № 11. Разработка документации на низковольтное комплектное устройство .....	99
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	110
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	111
Приложение 1. Варианты заданий к лабораторной работе № 1 .....	112
Приложение 2. Форма бланка задания на проектирование.....	122
Приложение 3. Варианты заданий к лабораторной работе № 5 .....	124
Приложение 4. Варианты заданий к лабораторной работе № 6.....	126
Приложение 5. Исходные данные для компоновки аппаратов в щитах автоматики .....	136
Приложение 6. Исходные данные для компоновки аппаратуры в НКУ.....	153

## ВВЕДЕНИЕ

Задачи, которые решаются при автоматизации процессов современного сельскохозяйственного производства, требуют от специалистов как знания принципов построения и функционирования приборов автоматизации, методов построения систем автоматического управления, так и владения общим техническим языком, с помощью которого можно четко и однозначно обмениваться разработками в области автоматизации технологических процессов. Логически и технически продуманная система автоматизации должна быть представлена на языке, одинаково понятном для специалистов, занимающихся вопросами монтажа, наладки и эксплуатации систем автоматики. Такое взаимопонимание обеспечивается посредством специально разрабатываемой технической документации – документации проекта автоматизации технологического процесса. Независимо от места работы инженер по автоматизации технологических процессов должен свободно читать рабочую документацию и уметь ее разрабатывать.

Дисциплина «Системы автоматизации сельскохозяйственного производства» в соответствии со своим местом в учебном процессе формирует базу знаний и умений, обеспечивающих решение задач разработки систем автоматизации сельскохозяйственного производства.

С учетом изложенного *цель* учебной дисциплины – формирование профессиональных знаний, умений, практических навыков и развитие профессиональной компетентности в области разработки систем автоматизации технологических процессов сельскохозяйственного производства, в т. ч. с помощью компьютера.

*Задачи дисциплины:*

- ознакомление с основными нормативными документами, необходимыми при разработке систем автоматизации;
- закрепление современных методов поиска, обработки и использования информации;
- освоение технологии разработки систем автоматизации сельскохозяйственного производства, принципов разработки рабочей документации систем автоматизации, в т. ч. в среде пакетов системы автоматизированного проектирования (САПР);
- содействие мировоззренческому самоопределению и духовному становлению личности студента.

Специалист, подготовленный в рамках учебной дисциплины «Системы автоматизации сельскохозяйственного производства», должен уметь определять состав и параметры систем автоматизации, налаживать и эксплуатировать системы автоматизации, разрабатывать рабочую документацию автоматизации сельскохозяйственного производства.

Освоение технологии разработки систем автоматизации сельскохозяйственного производства осуществляется в ходе лабораторных занятий общей продолжительностью 48 ч по заданиям лабораторного практикума.

## Лабораторная работа № 1

### РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

**Цель работы:** уяснить основные этапы разработки систем автоматизации сельскохозяйственного производства; овладеть методикой разработки технического задания в пакете AutomatiCS-ADT.

#### **Задания для подготовки к занятию:**

1. Оформить протокол отчета, руководствуясь методикой выполнения лабораторной работы.
2. В соответствии с заданным вариантом (прилож. 1) сформулировать требования к системе автоматизации определенного процесса.
3. Ответить на вопросы для самоподготовки.

#### **Общие теоретические сведения**

При разработке проекта автоматизации в структуре системы автоматического управления (САУ) можно выявить блоки, которые формируются только на основе использования эвристических методов, но имеются и определенные типовые блоки, которые могут быть применены по образцу. Именно на основе использования таких блоков САУ построены некоторые пакеты САПР. Блоки используются в проектировании ограниченно, однако значительно облегчают работу проектировщика. Одним из таких пакетов САПР применительно к области проектирования систем автоматизации является пакет AutomatiCS-ADT (разработчик – Consistent Software) [1].

Технология использования системы AutomatiCS-ADT – агрегативно-декомпозиционная технология – приведена на рис. 1.1. Проектные процедуры и операции отделены на ней от процедур формирования документов. Информация о проекте накапливается, а затем в соответствии с требованиями конкретного документа может быть использована. При этом полностью исключено ее дублирование. Жирными стрелками обозначены потоки информации от основных проектных процедур и операций, направленных на построение и изменение единой модели проекта в процессе ее преобразования от технического задания до принципиальной и монтажной модели. Пунктирными линиями отмечены потоки информации от базы знаний к соответствующим проектным процедурам и к процедурам документирования.

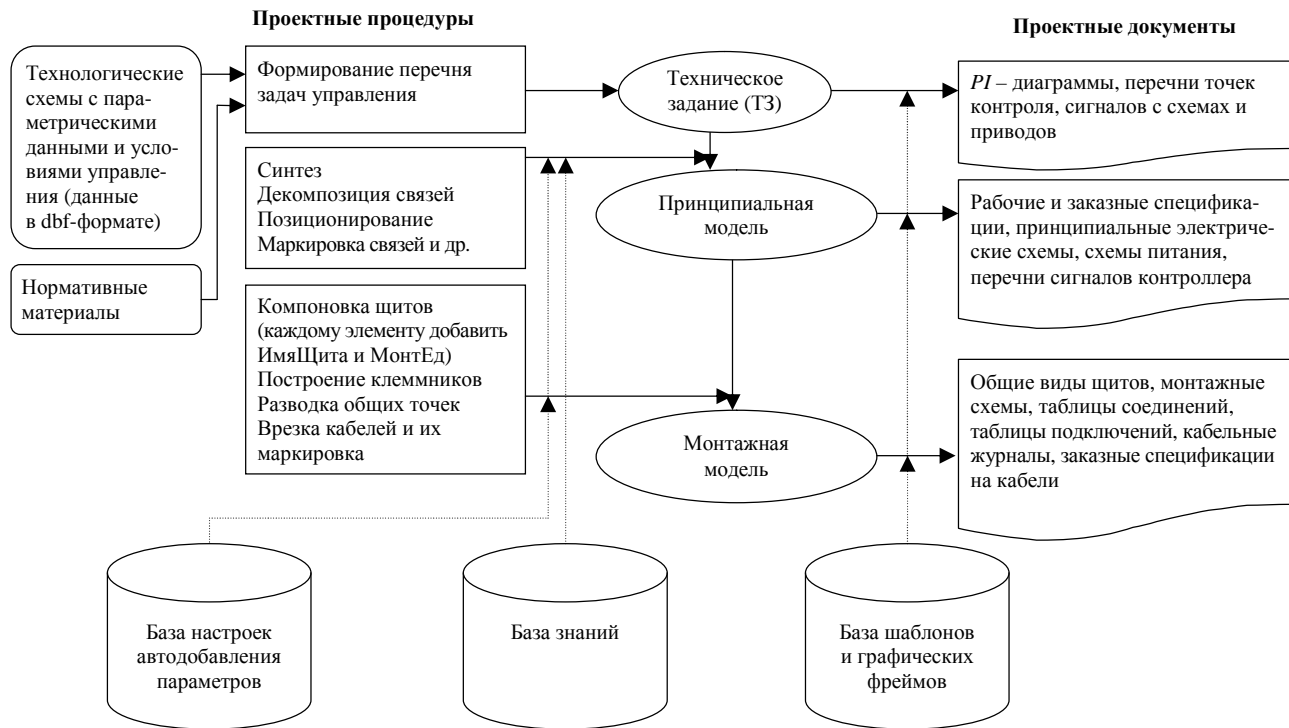


Рис. 1.1. Схема агрегативно-декомпозиционной технологии проектирования

Весь процесс проектирования при агрегативно-декомпозиционной технологии можно разбить на три этапа:

**1. Формирование технического задания на проектирование.**

Понятие технического задания здесь отличается от традиционного и включает в себя фактически разработку перечня задач управления со всеми требованиями к их структурам и характеристикам. От того, насколько полным является информационное содержание технического задания, какое количество проектных решений принято на этом этапе, существенно зависит эффективность и степень автоматизации последующих проектных процедур и операций. Сформировать техническое задание можно:

- в диалоговом режиме, поочередно введя информацию о задачах управления;

- с привлечением графической подсистемы для формирования технического задания от P&I-диаграммы;

- путем конвертирования информации о задачах управления, подготовленной в терминах модели проекта в dbf-формате.

**2. Формирование принципиальной модели.** Этот этап базируется на следующих основных автоматизированных проектных процедурах:

- 1) выбор технических средств проектируемой системы;

- 2) подключение всех средств и приборов в общую принципиальную схему системы;

- 3) подключение средств измерения (датчиков) в общую гидравлическую систему (разработка гидравлической обвязки датчиков).

Перечисленные процедуры представляют собой единый синтез структуры системы и выполняются в зависимости от конкретных условий и степени информативности технического задания с различной степенью автоматизации. Синтез основывается на иерархической базе данных и знании предметной области проектируемых систем. На этом же этапе выполняются операции, обеспечивающие добавление параметров элементам или связям проекта. Поскольку эти операции уникальны для каждого вида проекта, информация о них не может быть занесена в единую базу, а следовательно, эти операции не могут быть выполнены на стадии синтеза – только после его завершения (например, присвоение элементам функциональных обозначений, проектных позиций в соответствии с теми или иными системами кодирования, присвоение марок электрическим связям и др.). Операции выполняются на основе базы различного



вида настроек автоматического формирования параметров. На этом этапе возможно формирование принципиальных схем, перечней сигналов контроллеров, спецификаций и др.

### **3. Формирование монтажной модели проекта:**

1) внесение в модель результатов предварительной компоновки щитов, т. е. всем элементам модели присваиваются имена соответствующих щитовых изделий (стендов, соединительных коробок, щитов, пультов и т. д.), необходимых для организации автоматической врезки клеммных соединителей;

2) врезка всех клеммных соединителей системы и разводка на них общих точек, если это необходимо;

3) замена множества связей между различными щитовыми изделиями на кабельные жилы, объединение их по каким-либо признакам в соответствующие кабели, маркировка кабелей.

На третьем этапе формируются документы, связанные с изображением схем подключения кабелей, кабельные журналы и ведомости на кабельную продукцию и др.

Проект возникает как результат деятельности проектировщика, обладающего определенными знаниями и опытом в соответствующей области, поэтому их передают программной системе. Поскольку система не обладает интеллектом, свойственным человеку, знания должны быть определенным образом сформулированы. Это творческий, наиболее трудный этап работы, т. к. ни один специалист не знает достоверно объем своего опыта. Однако без решения этой сложной задачи речь может идти лишь о механизации, но не об автоматизации проектных работ.

Система AutomatiCS-ADT предполагает автоматизацию проектирования на основе использования типовых проектных решений. Понятие «типовой» использовано здесь в нетрадиционном значении и применимо для любого устойчивого проектного решения любого состава и сложности.

Эксперту-проектировщику не следует проектировать всю систему управления сразу. Ее проектирует по подсистемам, т. е. в свою очередь, по частям, части по узлам, элементам и т. д. Но, принимая решения по отдельным узлам или элементам, проектировщик имеет в голове целостную картину той подсистемы, в которую входит данный узел, и системы в целом. Чаще всего процесс дробления на части (декомпозиции), а затем сборки системы из готовых частей

происходит неосознанно. Описание объекта проектирования (системы управления) по подсистемам, частям, узлам, элементам – информационная основа системы AutomatiCS-ADT.

Может возникнуть предположение, что при использовании такого описания будет получена единственная система. Но если представить составные части в виде некоторого «черного ящика», имеющего определенное число поименованных входов и выходов, то найдется небольшое множество вариантов его структурной реализации, отличающихся по каким-либо характеристикам, структуре и составу. Например, датчик температуры может иметь один вход (вход технологического параметра) и один выход (информационный сигнал об измеряемой температуре). Возможные варианты его реализации:

- ртутный термометр (выход в этом случае – визуализация показаний);
- термопара (если сигнал не нормируется и температура, например, больше 200 °С);
- термопара, связанная с нормирующим преобразователем (если требуется нормированный выход датчика);
- термометр сопротивления, связанный с нормирующим преобразователем (если требуется более точное измерение и нормированный выход), и т. д.

Понятие «термопара» здесь также не что иное, как «черный ящик», и у нее множество вариантов реализации.

Вариант структуры (типовое проектное решение) имеет уникальное имя. Необходимо привести перечень характеристик, параметров с их значениями, по которым будет осуществляться выбор этого варианта среди остальных, а также имена входов и выходов варианта. Далее перечисляются элементы, составляющие его структуру. Для каждого из них указываются связи с другими элементами, а также с входами и выходами самого варианта (рис. 1.2).

Для вариантов «черного ящика» количество входов и выходов и их имена определены и неизменны, переменна лишь структура. Таким образом, описание области проектирования – своеобразный способ обучения системы AutomatiCS-ADT и передачи ей опыта для получения эффекта от автоматизации проектирования. Описание области проектирования для системы AutomatiCS-ADT осуществляется один раз. И, хотя используются типовые проектные решения,

в результате можно получать уникальные проекты. Описание области проектирования осуществляется на специальном языке YRD [1].

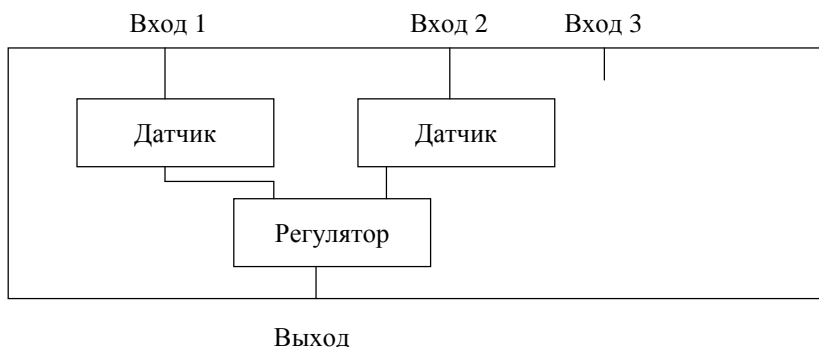


Рис. 1.2. Вариант структуры системы автоматического регулирования

Процесс формирования технического задания происходит на начальных стадиях проектирования. Решения, принимаемые на этом этапе, имеют особенно большой вес. По возможности следует переносить часть информации из более поздних и крупных проектных процедур и операций в техническом задании в более мелкие подзадачи. Это позволяет дополнительно повысить эффект от автоматизации проектирования за счет большей степени обоснованности решений, перенесенных на стадию технического задания. Так, результаты распределения сигналов по модулям микропроцессорной системы, предварительная компоновка щитов, распределение потребителей по источникам питания гораздо эффективнее использовать в качестве требований технического задания. Поэтому процессу формирования должны предшествовать соответствующие эскизные проработки указанных распределений. В противном случае формирование информации такого рода на поздних стадиях, когда процесс проектирования распараллелен по задачам управления, может вызвать необходимость дополнительных потоков информации, согласующих решения между параллельными потоками, что имеет место при традиционной технологии и является дополнительным источником ошибок.

Система AutomatiCS-ADT предполагает синтез как «движение от корня к множеству всех вершин». Проектировщику дается возможность получить целостное представление о будущем проекте,

наблюдать и контролировать постепенно возрастающую сложность структуры. В зависимости от полноты заложенного в базу опыта проектирования AutomatiCS-ADT может выбирать те или иные пути при прохождении от корня (задания) к множеству вершин (полной структуре проектируемой системы), что позволяет разработать приемлемый проект.

Существуют различные режимы синтеза:

- автоматический. Система принимает решения самостоятельно, выбирая первый из подходящих вариантов, либо предоставляет проектировщику право принять одно решение из нескольких подходящих. Возможен также автоматический режим, когда необходимо подтвердить решение, принятое системой. Это позволяет проектировщику установить более жесткий контроль синтеза;

- диалоговый. Система AutomatiCS-ADT предоставляет полную информацию о всех возможных вариантах решения и оставляет проектировщику право выбрать приемлемый;

- синтез по прототипу. Если известно, что в составе системы управления есть несколько одинаковых задач управления, отличающихся лишь наименованием контура и технологического узла, то можно осуществить полностью автоматический синтез таких контуров, предварительно указав для них одно значение параметра «Прототип» и установив соответствующий режим синтеза.

Для быстрого повторения синтеза структур нескольких задач управления, следующих друг за другом, при известных правилах выбора, а также при условии, что наиболее подходящие варианты для каждого уровня этих задач окажутся на первом месте в списках вариантов, можно воспользоваться закладкой (Break Point). Закладка устанавливается на задаче, до которой синтез проводится в автоматическом режиме. До закладки система будет самостоятельно принимать решения по выбору структур, а затем перейдет в диалоговый режим.

Результатом синтеза является полная принципиальная структура всей системы управления: приборы контуров, связи между ними, межконтурные связи и характеристики приборов, необходимые для документирования.

На рис. 1.3 приведен упрощенный фрагмент синтеза задачи контроля с датчиком давления «Сапфир-22» и системой «Квинт» для отображения информации модуля ввода.

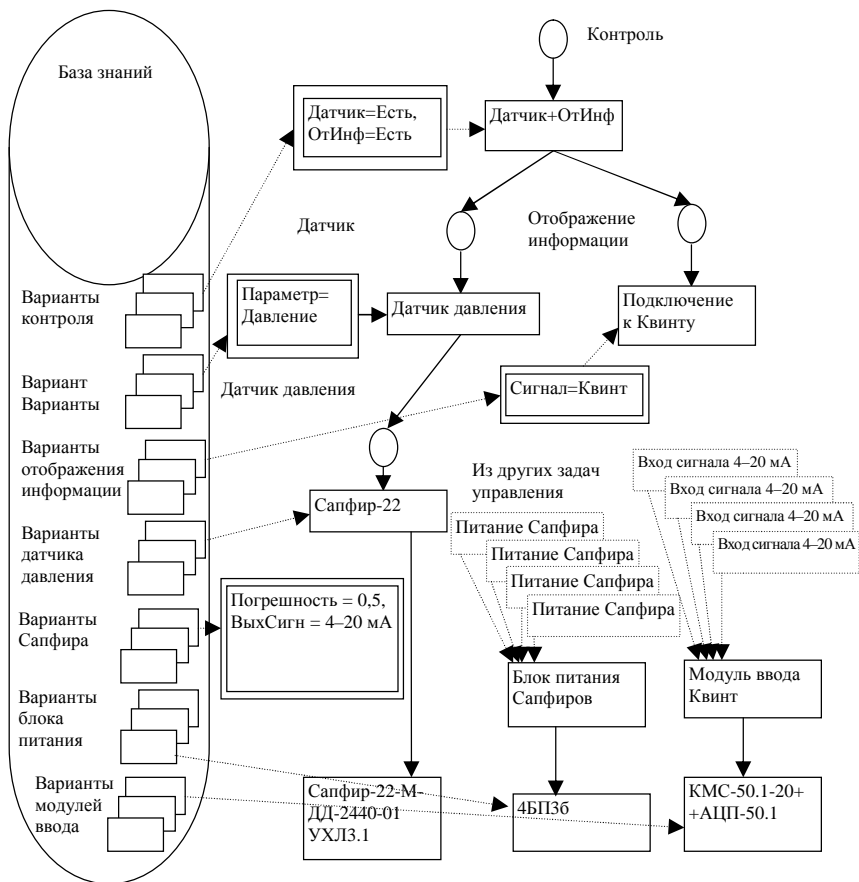


Рис. 1.3. Фрагмент синтеза единой модели проекта

Заключительным этапом синтеза является документирование проекта.

**Вопросы и задания для самоподготовки:**

1. Перечислите основные этапы разработки проекта автоматизации.
2. Каково содержание технического задания на проектирование системы автоматизации?
3. Каково содержание требований к системам автоматического управления?
4. Каково назначение пакета AutomatiCS-ADT?

## **Задания**

### *Уровень 1*

1. В соответствии с вариантом (прилож. 1) сформулировать требования к системе автоматизации и заполнить бланк задания на проектирование (прилож. 2).
2. Сформировать техническое задание на проектирование в системе AutomatiCS-ADT в диалоговом режиме.

### *Уровень 2*

1. Выполнить задание первого уровня.
2. Провести агрегативный синтез проекта и получить принципиальную модель по варианту задания в системе AutomatiCS-ADT.

## **Методика выполнения работы**

Последовательность формирования технического задания на проектирование в системе AutomatiCS-ADT:

1. На основании требований к объекту, а затем к системе управления выявить основные ее функции, состав контуров регулирования, управления, контроля и сигнализации. Заполнить бланк задания на проектирование (прилож. 2).

2. Загрузить AutomatiCS-ADT (Пуск\Программы\AutomatiCS).

3. Создать новое техническое задание (ТЗ) в системе AutomatiCS-ADT в диалоговом режиме:

- 1) создать проект командой меню **Проект\Создать**. Запрашивается имя проекта и имя файла, в котором он будет храниться (расширение \*.mir);

- 2) добавить в проект элементы командой меню **Проект\Добавить** (параметры регулирования, контроля и т. д.). Появляется окно со списком элементов предметной области, находящихся в базе данных и знаний. Для каждого элемента можно просмотреть текст-описание;

- 3) в появившемся диалоговом окне корректировки параметров и требований отметить необходимые параметры и задать требования к ним. Если какие-либо параметры не отмечены, то считается, что требования к ним не предъявляются и в ходе проектирования они могут принимать любые значения. Существуют, однако, обяза-

тельные требования. Например, для предметной области систем контроля и управления обязательно указывают имя технологического параметра – точку измерения или приложения управляющего воздействия на технологической схеме: «ИмяТП=За главной паровой задвижкой»;

4) для ускорения ввода информации использовать ранее введенную в качестве прототипа. Для этого в окне редактирования параметров нажать на кнопку «Предшествующее», выбрать из предложенного списка стартовый элемент, наиболее подходящий в качестве прототипа, затем откорректировать параметры, свойственные для него;

5) при корректировке параметра в окне корректировки пользоваться предлагаемым списком значений, если таковой имеется. При надобности выбрать из списка имя узла дерева предметной области, начиная с которого должен начать действовать корректируемый параметр. Последнее необходимо только для параметров, которые для разных веток дерева задачи управления могут иметь различные значения (имена щитов, координаты и др.);

6) занести вновь сформированное значение параметра, если предполагается его дальнейшее использование, в файл описания параметров предметной области, нажав на кнопку «Записать»;

7) выйти из цикла формирования перечня элементов ТЗ нажатием на кнопку «Закончить»;

8) если на уровне ТЗ есть межэлементные связи (например, один контур управления использует датчик другого контура), то эти элементы необходимо связать. Для этого установить окно просмотра класса проекта и выбрать два элемента для установления связи и выполнить команду **Класс\Соединить элементы**. Затем установить связи между элементами;

9) после окончания формирования задания на проектирование ретранслировать его в описание на языке YRD командой меню **Проект\Ретранслировать**.

4. Осуществить синтез технической структуры проекта, включающий следующие этапы:

- декомпозиция элементов;
- агрегирование элементов;
- врезка клеммников и при необходимости разводка на них общих точек;
- построение кабельных связей.

## **Контрольные вопросы и задания для защиты лабораторной работы**

1. В чем сущность агрегативно-декомпозиционной технологии проектирования?
2. Какие этапы разработки проекта выявляют при проектировании в AutomatiCS-ADT? Как они соотносятся с общей теорией проектирования технических систем?
3. Какие требования предъявляются к формулированию задания на проектирование системы автоматизации?
4. Каковы особенности формулирования технического задания в AutomatiCS-ADT?
5. Сформулируйте технические требования к системе автоматизации определенного технологического процесса (на выбор).



## Лабораторная работа № 2

### ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПАКЕТОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

**Цель работы:** изучить возможности пакетов компьютерного моделирования технических систем; освоить методику подбора параметров регулятора в системах автоматического регулирования.

#### **Задания для подготовки к занятию:**

1. Оформить протокол отчета, руководствуясь методикой выполнения лабораторной работы.
2. Ответить на вопросы для самоподготовки.

#### **Вопросы и задания для самоподготовки:**

1. Что такое закон регулирования?
2. Перечислите законы плавного регулирования.
3. Каковы методы настройки регуляторов непрерывного действия?
4. Перечислите параметры настройки регуляторов непрерывного действия.
5. Как подобрать закон регулирования в системе автоматического регулирования (САУ)?

**Задание:** подобрать параметры ПИД-регулятора для реализации САУ, описываемой структурной схемой (рис. 2.1), которые обеспечат приемлемое качество регулирования, определяемое наименьшим временем регулирования, наименьшим перерегулированием и отсутствием статической ошибки. Для анализа использовать программу MatLAB и адаптированную структурную алгоритмическую схему САУ (рис. 2.2). Значения параметров вариантов передаточной функции объекта управления даны в табл. 2.1.

### Методика выполнения работы

Любая САУ состоит из регулятора и объекта управления (рис. 2.3). В свою очередь, регулятор содержит первичный измерительный преобразователь (датчик); задающее, суммирующее, усилительное, формирующее (формирует закон управления или регулирования) устройства; исполнительный механизм; регулирующий орган.

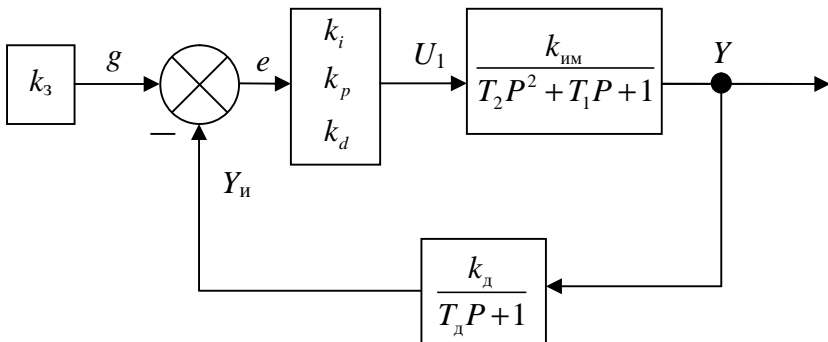


Рис. 2.1. Структурная алгоритмическая схема САР

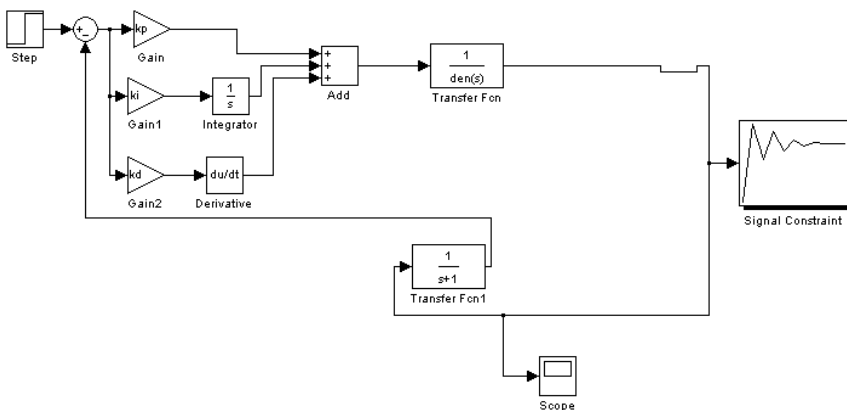


Рис. 2.2. Структурная алгоритмическая схема САР, адаптированная для анализа в MatLAB

Таблица 2.1

Варианты исходных данных

Номер варианта	$T_1$	$T_2$	Номер варианта	$T_1$	$T_2$
1	5	35	7	60	120
2	25	500	8	80	240
3	100	650	9	300	800
4	55	125	10	200	800
5	30	250	11	150	400
6	10	150	12	100	800

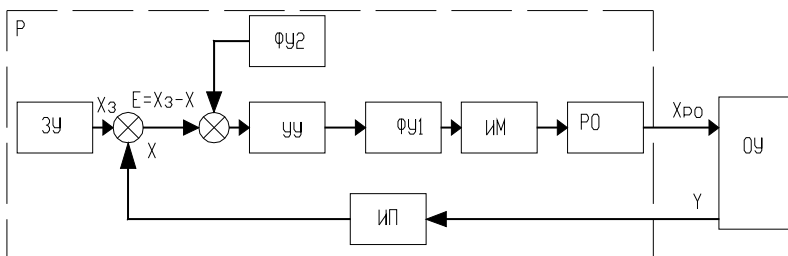


Рис. 2.3. Функциональная схема САУ:

ЗУ – задающее устройство; УУ – усилительное устройство;  
 ФУ1, ФУ2 – формирующие устройства; ИМ – исполнительный механизм;  
 РО – регулирующий орган; ИП – измерительный преобразователь;  
 P – регулятор; ОУ – объект управления; X, Y, X<sub>3</sub>, X<sub>PO</sub> – функциональные связи

Свойства объектов управления разнообразны, следовательно регулирующие органы, исполнительные механизмы и измерительные преобразователи также отличаются всевозможными конструктивными решениями, т. к. их устанавливают непосредственно в объектах управления. Все эти устройства необходимо тщательно подбирать для реализации САУ.

В сельскохозяйственном производстве широко распространены регуляторы непрерывного действия, позволяющие реализовать пропорциональный (П), интегральный (И), изодромный (ПИ), пропорционально-дифференциальный (ПД), а также изодромный с предварением (ПИД) законы регулирования.

**П-закон** характеризуется быстродействием и высокой устойчивостью, но наличием статической ошибки. Его рекомендуется применять, когда в объекте отсутствует самовыравнивание и наблюдаются частые и резкие возмущающие воздействия.

**И-закон** характеризуется точностью, но замедленностью действия. Его рекомендуется применять в объектах с самовыравниванием при значительных, но плавных и редких колебаниях нагрузки.

**ПИ-закон** характеризуется быстродействием и точностью. Его рекомендуется применять в объектах как с самовыравниванием, так и без, когда нужна высокая точность регулирования при больших, но плавных изменениях нагрузки.

**ПИД-закон** рекомендуется применять на объектах, допускающих статические неравномерности, у которых нагрузка меняется часто и резко и наблюдается значительное запаздывание. Переходной процесс

в САУ характеризуется временем  $t_p$  регулирования, перерегулированием  $\sigma$ , максимальным динамическим отклонением  $y_1$ , статической ошибкой  $y_{ст}$ . Реализацией различных законов регулирования для одного и того же объекта не удается добиться одновременной минимизации всех названных показателей. В связи с этим САУ принято настраивать на один из трех типовых переходных процессов (рис. 2.4):

а) аperiodический (максимальное динамическое отклонение, отсутствие перерегулирования, незначительное время регулирования);

б) с 20%-м перерегулированием (наличие значительного перерегулирования, сравнительно небольшое время регулирования, незначительное динамическое отклонение);

в) с минимальным интегральным критерием (существенное время регулирования, большое перерегулирование, наименьшее динамическое отклонение).

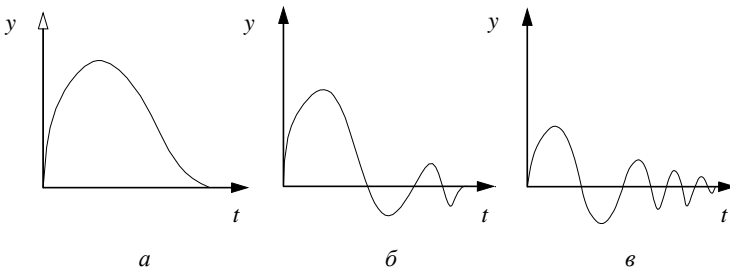


Рис. 2.4. Типовые переходные процессы


Выбранный закон регулирования, а следовательно, и регулятор должны обеспечить один из типовых переходных процессов. Однако отклонения от уставок, определяемых технологическими нормами, в зависимости от значений параметров настройки регулятора могут быть различными. Поэтому необходимо рассчитать соответствующие параметры настройки регулятора. Существует несколько методик расчета [2, с. 132–143]:

- расчет на заданный запас устойчивости по амплитуде;
- расчет на заданное значение показателя колебательности;
- расчет по расширенным амплитудно-фазным характеристикам на заданное качество переходного процесса;
- расчет параметров по справочным таблицам (приближенный метод).

Современные программные средства позволяют легко моделировать работу САУ, если известно математическое описание ее основных звеньев. Наиболее полные возможности для решения таких задач дает математическая матричная лаборатория MatLAB, которая имеет мощные средства математически ориентированного программирования, диалога, графики и комплексной визуализации. Популярности системы MatLAB способствует ее мощное расширение Simulink, предоставляющее пользователю удобные и простые средства (в т. ч. визуального объектно-ориентированного программирования) для блочного моделирования линейных и нелинейных динамических систем, а также множество других пакетов расширения системы [3].

Рассмотрим принципы подбора параметров ПИД-регулятора с помощью моделирования в MatLAB.

Запуск системы MatLAB осуществляется из рабочего меню через кнопку «Пуск» или с помощью ярлыка на рабочем столе. После запуска появляется основное окно системы (рис. 2.5).

Для подбора параметров ПИД-регулятора необходимо задать модель САУ в системе MatLAB. Для этого требуется открыть пакет блочного ситуационного моделирования Simulink через кнопку «Пуск» системы MatLAB либо инструмент Simulink . Открывается окно Simulink Library Browser, в котором следует использовать команду меню **File\New\Model**.

Пакет расширения Simulink служит для создания имитационных моделей, состоящих из графических блоков с заданными свойствами (параметрами). Компоненты моделей, в свою очередь, являются графическими блоками и моделями, которые содержатся в ряде библиотек и с помощью мыши могут переноситься в основное окно и соединяться друг с другом необходимыми связями. В состав моделей могут включаться источники сигналов различного вида, виртуальные регистрирующие приборы, графические средства анимации. Двойной щелчок мышью на блоке модели выводит окно со списком его параметров, которые пользователь может менять. Запуск имитации обеспечивает математическое моделирование построенной модели с наглядным визуальным представлением результатов. Пакет основан на построении блочных схем путем переноса блоков из библиотеки компонентов в окно редактирования создаваемой пользователем модели, после чего модель запускается.

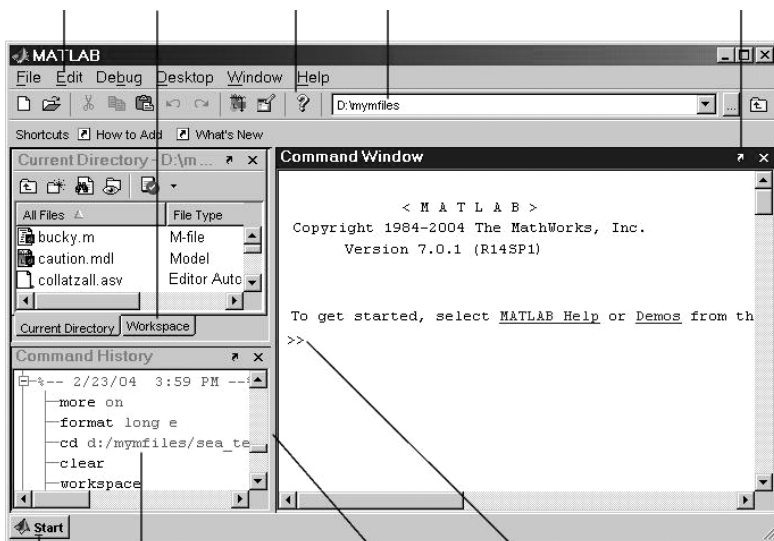
Меню «Правка»  
(зависит от используемого средства)

Закладка для перехода

Помощь

Поле для просмотра или изменения текущей директории

Кнопка для перемещения командного окна с рабочего стола



Кнопка «Пуск» для быстрого вызова инструментов и пакетов расширений

Окно истории команд с использованными функциями для просмотра или вырезания

Разделитель для изменения размеров окна

Командная строка для введения MatLAB-функции

Рис. 2.5. Основное окно системы MatLAB

Для создания модели САР (рис. 2.6) должны быть активными окно библиотеки Simulink Library Browser и окно Simulink. Последовательно перетянем все блоки модели из библиотеки (пути приведены в табл. 2.2) в окно Simulink, настраивая параметры каждого блока в диалоговом окне, вызываемом двойным щелчком левой клавишей (ЛК) мыши по изображению блока. Соединим блоки линиями связи: подведем мышь к выходу блока и, удерживая ЛК мыши, прорисуем линию до соединения с входом другого блока. Окончательный результат представлен на рис. 2.2.

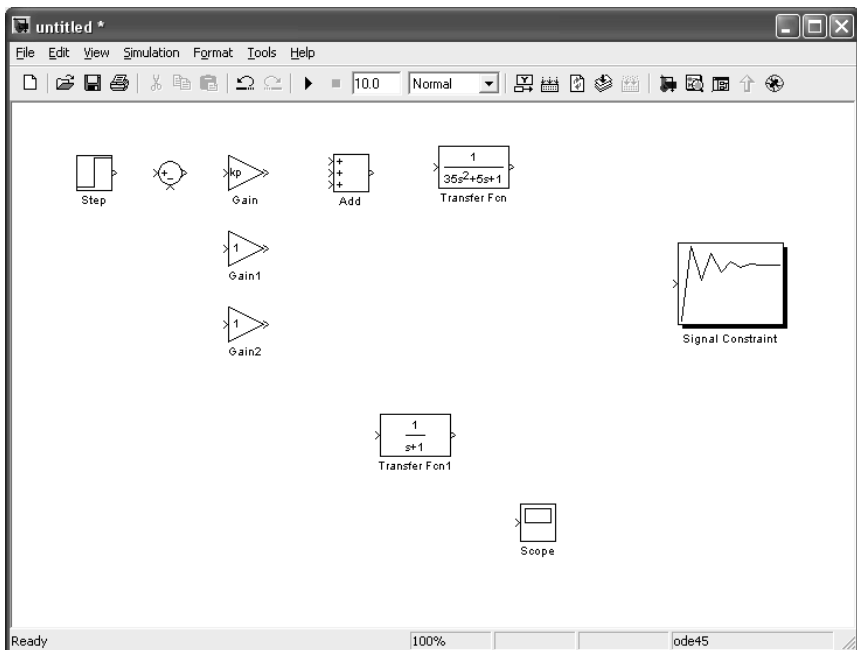




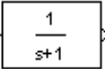

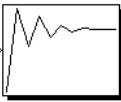


Рис. 2.6. Окно создания модели САР в Simulink

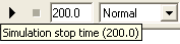


Таблица 2.2

Параметры блоков, используемых в модели САР

Условное обозначение блока	Описание блока	Путь в библиотеке	Параметры
	Step – генерирует ступенчатый сигнал	Simulink\Sources\Step	По умолчанию
	Sum – суммирует или вычитает входные сигналы	Simulink\Math Operations\Sum	В диалоговом окне параметров в строке List of signs требуется установить +-
	Gain – усиливает входной сигнал	Simulink\Math Operations\Gain	В диалоговом окне параметров на вкладке

Условное обозначение блока	Описание блока	Путь в библиотеке	Параметры
			Main в строке Gain требуется установить соответственно для блока Gain – $kp$ , Gain1 – $ki$ , Gain2 – $kd$
	Add – суммирует или вычитает входные сигналы	Simulink\Math Operations\Add	В диалоговом окне параметров в строке List of signs требуется установить +++
	Transfer Fcn – задает передаточную функцию	Simulink\Continuous\Transfer Fcn	В диалоговом окне параметров в строке Denominator требуется установить для блока объекта регулирования числовые значения [T1 T2 1] в соответствии с вариантом (табл. 2.1)
	Scope – выводит сигналы, полученные во время моделирования	Simulink\Sinks\Scope	По умолчанию
	Signal Constraint – проводит оптимизацию модели по переходной функции	Simulink Response Optimization\Signal Constraint	По умолчанию



Прежде чем приступить к моделированию и оптимизации САР, требуется задать начальные значения параметров регулятора в главном окне MatLAB в области Command Window:  $kp = 1$ ,  $ki = 0$ ,  $kd = 0$ . Запустим моделирование и посмотрим график переходного процесса (рис. 2.7), установив в окне Simulink в области Simulation Stop Time  время моделирования и нажав на кнопку старта . Чтобы посмотреть график, откроем окно Scope двойным щелчком ЛК мыши по одноименному блоку. Для большей наглядности нажмем на кнопку автомасштаба  в окне Scope.

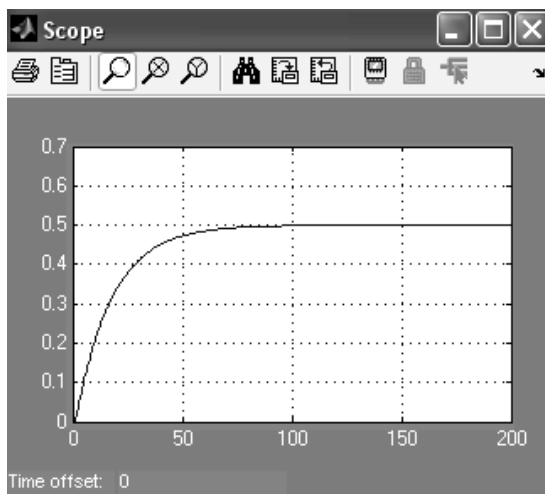



Рис. 2.7. График переходного процесса неоптимизированной САР в окне Scope

Далее перейдем к подбору параметров регулятора, используя блок Signal Constraint. Двойным щелчком ЛК мыши по указанному блоку вызовем диалоговое окно оптимизации, где необходимо, перетаскивая мышью, задать границы, в которые должен укладываться переходной процесс. Чтобы настроить изменяемые параметры  $kp$ ,  $ki$  и  $kd$ , необходимо открыть диалоговое окно по пути меню Optimization\Tuned Parameters и нажать на кнопку Add. После нажатия на кнопку старта  будет происходить подбор параметров с одновременным построением графиков (рис. 2.8). После вхождения графика в заданные границы в окне оптимизации будут вычислены

оптимальные изменяемые параметры, а в окне Score – показан график оптимизированной САР (рис. 2.9).

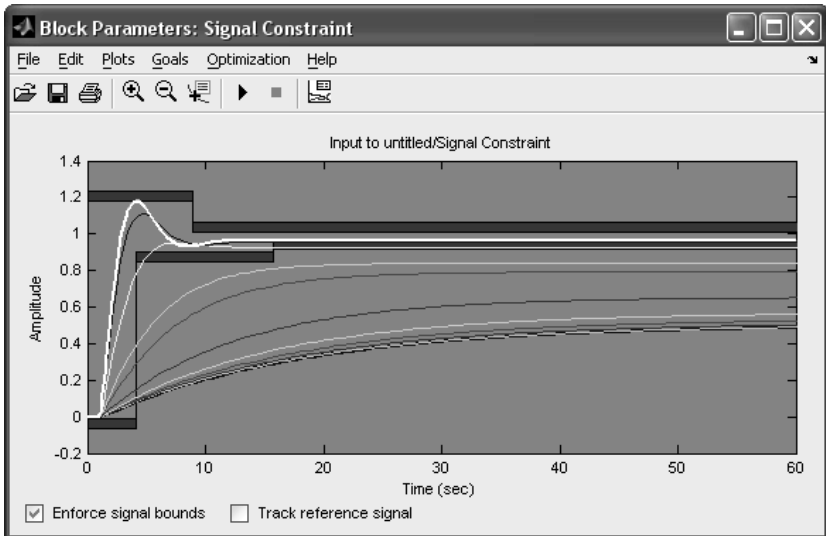


Рис. 2.8. Окно подбора параметров регулятора

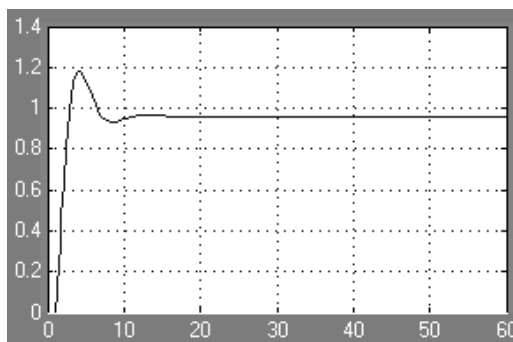


Рис. 2.9. График переходного процесса оптимизированной САР в окне Score

Получив график переходного процесса для оптимальной САР, необходимо зафиксировать в отчете подобранные параметры и установить их для программного регулятора при его реализации в программе контроллера. На снятые графики (исходный и конечный) также нанести показатели качества регулирования.

## **Контрольные вопросы и задания для защиты лабораторной работы**

1. Приведите математические формулировки основных законов плавного регулирования.
2. Каковы рекомендации по выбору закона регулирования, реализуемого регулятором в САР?
3. Какова методика расчета параметров регулятора в САР?
4. Приведите принципы подбора параметров регулятора в современных компьютерных пакетах.
5. Сравните качество САР с исходными и оптимальными параметрами по полученным графикам переходного процесса.

## Лабораторная работа № 3

### РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

**Цель работы:** получить представление о методах визуализации управления технологическим процессом; уяснить принципы работы в интегрированной среде разработки проекта АСУ; приобрести навыки работать в среде Trace Mode.

**Задания для подготовки к занятию:**

1. Оформить протокол отчета, руководствуясь методикой выполнения лабораторной работы.
2. Ответить на вопросы для самоподготовки.

**Вопросы и задания для самоподготовки:**

1. Что такое интегрированная среда разработки?
2. Перечислите подходы к реализации визуализации управления.
3. Каково назначение среды Trace Mode?
4. Каков состав Trace Mode?
5. Что понимают под проектом в Trace Mode?
6. Перечислите этапы создания проекта АСУ в интегрированной среде Trace Mode.

**Задание:** реализовать в инструментальной среде Trace Mode ([www.tracemode.ru](http://www.tracemode.ru)) простейший проект, в котором выполняется измерение параметра процесса и в зависимости от его величины происходит управление отображением на мониторе. Следует использовать механизм автопостроения каналов Trace Mode методом «от шаблона экрана».

### Методика выполнения работы

При визуализации управления используют два подхода:

- достигают ее с помощью панели оператора, подключаемой к контроллеру, в этом случае требуется программирование панели;
- используют интегрированные инструментальные системы, которые обладают мощными средствами создания автоматизированных

систем управления технологическими процессами и связи с удаленными устройствами управления.

Примеры визуализации управления в рамках первого подхода являются предметом дисциплины «Микропроцессорная техника систем автоматизации». Остановимся более подробно на втором подходе на примере системы Trace Mode.

*Trace Mode* – интегрированная информационная система для управления промышленным производством, объединяющая продукты класса SOFTLOGIC-SCADA/HMI-MES-EAM-HRM.

Вместе с экономическими модулями *T-Factory* система Trace Mode дает решения для управления технологическими процессами в реальном времени в тесной интеграции с управлением производственным бизнесом. На одной платформе объединены продукты для автоматизации технологических процессов (АСУТП) и бизнес-процессов (АСУП).

Trace Mode состоит из интегрированной среды разработки, в которой осуществляется создание проектов АСУ, и из набора исполнительных модулей, обеспечивающих функционирование АСУ в реальном времени. Интегрированная среда включает полный набор средств разработки систем автоматизации технологических процессов (АСУТП):

– средства создания:

- операторского интерфейса (SCADA/HMI);
- распределенных операторских комплексов;
- промышленной базы данных реального времени;
- программ для промышленных контроллеров (SOFTLOGIC);

– управления бизнес-процессами производства (АСУП):

§ систем управления основными фондами и техническим обслуживанием оборудования (EAM);

§ систем управления персоналом (HRM);

§ систем управления производством (MES).

Исполнительные модули для АСУТП и АСУП различаются. Модули для АСУТП (класс SOFTLOGIC и SCADA/HMI) входят в комплекс Trace Mode, а исполнительные модули для АСУП (класс EAM, HRM, MES) – в комплекс T-Factory.

Вместе Trace Mode и T-Factory дают решения для комплексного управления в реальном времени технологическими процессами и производственным бизнесом, образуя *интегрированную платформу* для управления производством. Обобщенная структура АСУТП (SOFTLOGIC, SCADA/HMI), которую можно разработать на базе Trace Mode, показана на рис. 3.1.

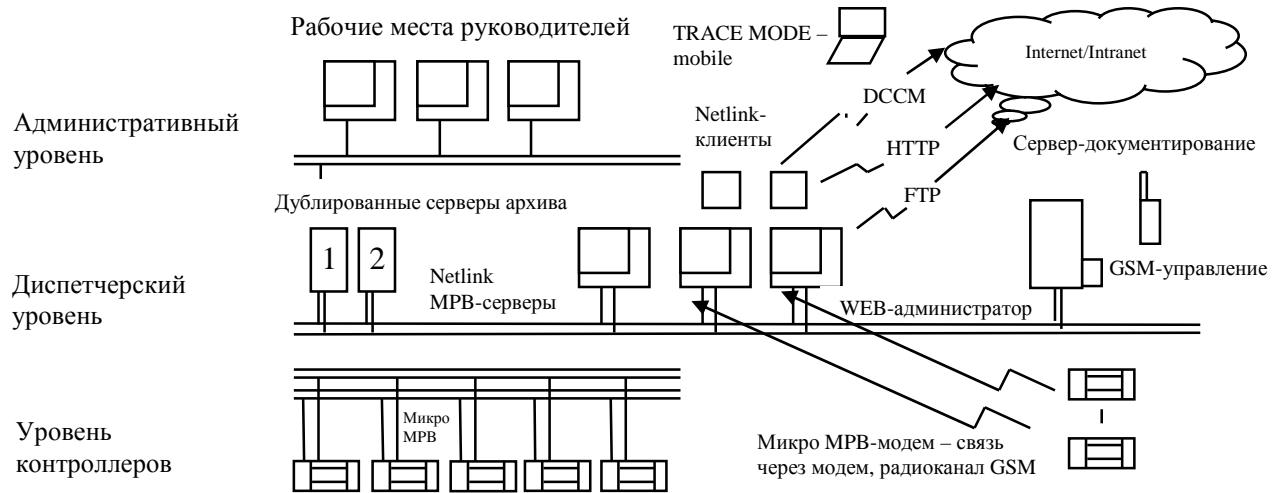


Рис. 3.1. Обобщенная структура АСУТП

Кроме того, интегрированная среда разработки позволяет создать систему АСУП для автоматизации задач управления исполнением производства (MES), работой персонала (HRM) и основными фондами предприятия (EAM).

Проекты АСУ всех уровней создаются в единой инструментальной системе и в рамках одного проекта, что устраняет ненужное дублирование баз данных PLC, OPC-серверов, операторских рабочих мест, производственного оборудования, персонала, производственной информации и т. д.

Под *проектом* в Trace Mode понимается вся совокупность данных и алгоритмов функционирования распределенной АСУ (АСУТП и/или T-Factory), заданных средствами Trace Mode.

Итогом разработки проекта в интегрированной среде являются созданные файлы, содержащие необходимую информацию об алгоритмах работы АСУ. Эти файлы затем размещаются на аппаратных средствах (компьютерах и контроллерах) и выполняются под управлением исполнительных модулей Trace Mode.

*Исполнительные модули (мониторы, МРВ)* – программные модули различного назначения, под управлением которых в реальном времени выполняются составные части проекта, размещаемые на отдельных компьютерах или в контроллерах.

Составная часть проекта, размещаемая на отдельном компьютере или в контроллере и выполняемая под управлением одного или нескольких исполнительных модулей Trace Mode, называется *узлом проекта*.

В общем случае размещение узла на том же аппаратном средстве, на котором он должен исполняться под управлением монитора, не является обязательным: узлы могут загружаться мониторами с удаленных аппаратных средств.

*Драйверы обмена* – это драйверы, используемые мониторами Trace Mode для взаимодействия с устройствами, протоколы обмена с которыми не встроены в мониторы.

В интегрированную среду разработки Trace Mode встроено более десяти редакторов, автоматически открывающихся при вызове того или иного компонента проекта:

- редактор графических мнемосхем и экранных форм;
- редактор программ на визуальном языке FBD;
- редактор программ на визуальном языке SFC;
- редактор программ на визуальном языке LD;

- редактор программ на процедурном языке ST;
- редактор программ на процедурном языке PL;
- редактор шаблонов документов;
- построитель связей с СУБД;
- редактор паспортов оборудования EAM;
- редактор персонала HRM;
- редактор материальных ресурсов MES.

Работа в интегрированной среде Trace Mode осуществляется следующим образом. Если создать датчик (аппаратный тег) в разделе «Источники/приемники», подключить его к контроллеру, а затем перетащить объект на иконку «Монитор реального времени» (MPB), то информация с датчика будет выведена на операторскую рабочую станцию. Если перетащить тот же объект на иконку «Насос» узла T-Factory EAM (управление основными фондами), то будет создан канал, контролирующий работу оборудования, считающий простои и управляющий техническим обслуживанием и ремонтами. Если опять перетащить этот объект на узел T-Factory MES (управление производством), то будет создан канал, рассчитывающий объем произведенной продукции и ее себестоимость и вычисляющий материальный баланс.

Во всех случаях используется один источник информации, но подключаются к нему различные логические структуры Trace Mode. Это позволяет быстро создать интегрированную систему управления, включающую как АСУТП, так и АСУП, причем без дублирования информации и работы.

Исполнительные (*runtime*) модули Trace Mode и T-Factory обеспечивают функционирование в реальном времени проектов АСУТП и АСУП, созданных в интегрированной среде разработки. Исполнительные модули системы охватывают следующие уровни АСУ:

- операторский интерфейс (SCADA/HMI);
- промышленные контроллеры (SOFTLOGIC);
- промышленная база данных реального времени;
- системы управления основными фондами и техническим обслуживанием оборудования (EAM);
- системы управления персоналом (HRM);
- системы управления производством (MES).

Исполнительные модули Trace Mode и T-Factory условно делятся на серверы (*узлы*) и клиенты (*консоли*). Это деление условно, т. к.



консоль Trace Mode в ряде системных конфигураций может выполнять функции, обычно присущие серверам (пересчет базы каналов, исполнение программ и т. д.), а серверы могут осуществлять функции операторского интерфейса, что часто считается прерогативой клиентских программ. И клиентское, и серверное программное обеспечение разрабатывается в единой интегрированной системе разработки и имеет единую базу распределенных переменных, к атрибутам которых могут свободно обращаться любые исполнительные модули Trace Mode. Подобная архитектура дает гибкость в разработке распределенных систем управления, позволяя создавать АСУ в различных архитектурах (по выбору):

- локальная;
- распределенная «клиент–сервер»;
- распределенная DCS (*distributed control system*).

Основным сервером реального времени уровня SCADA/HMI в Trace Mode является Монитор реального времени (MPB), который осуществляет прием данных с контроллеров, плат ввода/вывода и систем телемеханики (RTU) через встроенные протоколы, драйверы, OPC- или DDE-клиенты. MPB производит первичную обработку информации, поступающей из контроллеров или систем телемеханики (фильтрация, масштабирование, контроль границ и т. д.), управление и регулирование технологических процессов, перераспределение данных по локальной сети (I-NET TCP/IP), визуализацию информации на анимированных мнемосхемах и трендах (HMI), расчет в реальном времени статистических параметров процесса (SPC – statistical process control), ведение исторических архивов, обеспечение связи с СУБД и приложениями через SQL/ODBC и встроенный OPC-сервер (поставляется опционально).

В состав Монитора реального времени входит графическая HMI-консоль, обеспечивающая визуализацию информации о технологическом процессе на динамических мнемосхемах.

Система управления тревогами MPB обеспечивает автоматическое генерирование аналоговых (отклонение величины от заданной), цифровых (изменение состояния), составных (сочетание нескольких событий) и генерируемых пользователем тревог.

MPB Trace Mode с поддержкой системы автоматической (адаптивной) настройки ПИД-регуляторов называется Adaptive Control MPB. Программа обеспечивает периодическую или непрерывную подстройку регуляторов в автоматическом или полуавтоматическом

режиме. Adaptive Control MPB способен настраивать контуры регулирования в условиях помех, а также исключать появление неустойчивых режимов (рис. 3.2).

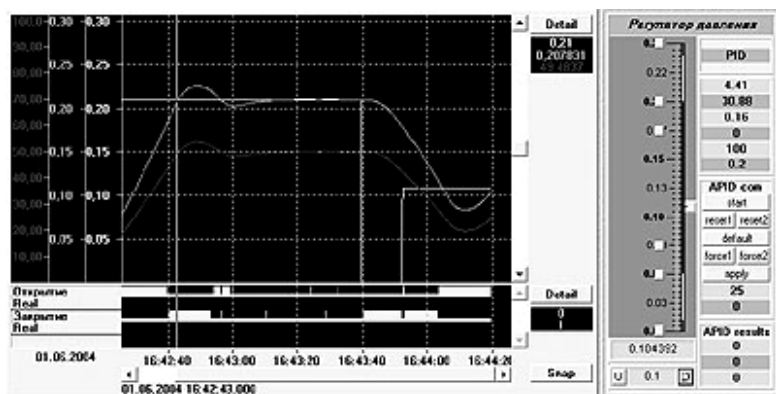


Рис. 3.2. Окно настройки регулятора

## Принципы разработки проекта в интегрированной среде

Интегрированная среда (ИС) объединяет в одной оболочке навигатор и набор редакторов для создания всех составляющих проекта. ИС имеет многооконный интерфейс. В ИС поддерживаются стандартные операции изменения размеров и перемещения окон.

В навигаторе структура проекта представлена в виде дерева. Корневые группы этого дерева (слои) предопределены и создаются автоматически при создании нового проекта (слои отображаются в левом окне навигатора). Элементарные структурные составляющие (листья структурного дерева) называются компонентами проекта (канал; канал, вызывающий шаблон; шаблон; источник данных и т. д.).

Группы компонентов, которые могут быть созданы в структуре проекта, предназначены для его структурирования. Структурирование в значительной степени облегчает редактирование проекта. В ряде случаев группы имеют и другой смысл – например, узлы проекта создаются как корневые группы слоя Система.

В правом окне навигатора отображается содержимое слоя (группы), выделенного в левом окне. Таким образом, компоненты проекта могут быть отображены только в правом окне.

Все разновидности объектов структурного дерева предопределены и имеют кодировку Trace Mode, которая может быть изменена в окне свойств или редакторе объекта.

Каждому объекту структурного дерева при его создании присваивается по определенному алгоритму уникальный идентификатор (ID), отображаемый во всплывающей подсказке. По этим идентификаторам объекты структуры анализируются мониторами Trace Mode.

Структура проекта редактируется в навигаторе с помощью команд меню Проект, контекстного меню и панелей инструментов, а также с помощью метода *drag-and-drop*.

Разработка проекта в ИС включает следующие процедуры:

§ создание структуры проекта в навигаторе;

§ конфигурирование или разработку структурных составляющих – например, разработку шаблонов графических экранов оператора, шаблонов программ, описание источников/приемников и т. д.;

§ конфигурирование информационных потоков;

§ выбор аппаратных средств АСУ (компьютеров, контроллеров и т. п.);

§ создание узлов в слое Система и их конфигурирование;

§ распределение каналов, созданных в различных слоях структуры, по узлам и конфигурирование интерфейсов взаимодействия компонентов в информационных потоках;


§ сохранение проекта в единый файл для последующего редактирования (с помощью команды **Сохранить** или **Сохранить как**);


§ экспорт узлов в наборы файлов для последующего запуска под управлением мониторов Trace Mode (по команде **Сохранить для MPB**).

Перечисленные процедуры (за исключением двух заключительных) и входящие в их состав операции могут выполняться в произвольном порядке. Можно начинать разработку проекта с разработки шаблонов графических экранов оператора, с создания узлов и их каналов в слое Система (если аппаратные средства АСУ известны заранее), можно конфигурировать каналы и информационные потоки после распределения каналов по узлам и т. п.

### ***Пример реализации простейшего проекта в Trace Mode***

Последовательность создания проекта в Trace Mode:

1. Создать узел АРМ. Для этого загрузить инструментальную систему двойным щелчком ЛК мыши по иконке  на рабочем

столе Windows и создать новый проект с помощью соответствующей иконки  инструментальной панели. В открывшемся на экране диалоговом окне выбрать стиль разработки Простой. После щелчка мышью по экранной кнопке «Создать» в левом окне навигатора проекта появится дерево проекта с созданным узлом АРМ RTM\_1. Открыть узел RTM\_1 двойным щелчком ЛК. В правом окне навигатора проекта отобразится содержимое узла – пустая группа Каналы и один канал класса Вызов Экран#1:1, предназначенный для отображения на узле АРМ графического экрана (рис. 3.3).

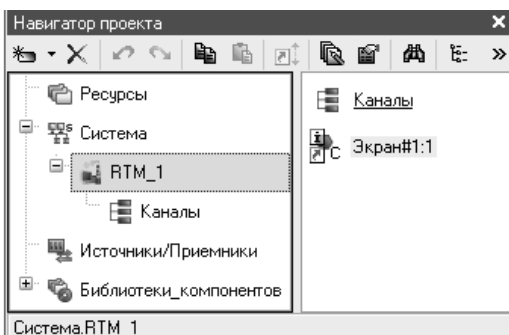




Рис. 3.3. Вид навигатора инструментальной среды

2. Создать графический экран (рис. 3.4), для чего двойным щелчком ЛК по компоненту Экран#1:1 открыть окно графического редактора.




Рис. 3.4. Вид графического экрана



*Создание статического текста.* Разместить в левом верхнем углу экрана статический текст – надпись «Значение параметра».

На панели инструментов графического редактора выделить иконку графического элемента (ГЭ) Текст ; на поле редактора установить прямоугольник ГЭ, для чего щелчком зафиксировать «точку привязки»; развернуть прямоугольник движением курсора и зафиксировать выбранный ГЭ; для перехода в режим редактирования элемента использовать инструмент «Режим редактирования» ; двойным щелчком ЛК по размещенному ГЭ открыть окно его свойств; в правом поле строки Текст набрать «Значение параметра»; закрыть окно свойств. Если введенный текст не поместился в прямоугольнике ГЭ, выделите прямоугольник и растяните до нужного размера с помощью мыши.

*Создание динамического текста* (для отображения численного значения какого-либо источника сигнала), создание аргумента экрана в процессе настройки динамического текста:

- создать и разместить новый ГЭ справа от ГЭ с надписью «Значение параметра»;
- двойным щелчком ЛК мыши по строке Текст вызвать окно «Вид индикации»;
- в правом поле строки щелчком вызвать список доступных типов;
- выбрать тип Значение;
- в открывшемся окне настройки параметров динамизации выбрать свойство Привязка;
- в открывшемся окне «Свойство привязки», нажав на кнопку «Создать аргумент»  на его панели инструментов, создать аргумент экрана;
- двойным щелчком ЛК выделить имя аргумента и изменить его, введя с клавиатуры «Параметр» (завершить ввод нажатием на клавишу Enter);
- подтвердить связь с этим аргументом, нажав на кнопку «Готово»;
- закрыть окно свойств ГЭ.

*Создание стрелочного прибора, привязка к тому же аргументу.* Для отображения параметра применим новый тип ГЭ – Стрелочный прибор. Необходимо:

§ дважды щелкнуть ЛК мыши по иконке «Приборы»  инструментальной панели редактора графики и в появившемся окне нажать на иконку «Стрелочный прибор»  ;

§ установить ГЭ Стрелочный прибор, выбрав его размер таким, чтобы все элементы графики и текста на нем было разборчивы и симметричны;

§ перейти в режим редактирования и открыть окно свойств ГЭ Стрелочный прибор;



§ щелчком ЛК по кнопке «Основная привязка» открыть окно табличного редактора аргументов;

§ выбрать аргумент шаблона экрана Параметр;

§ подтвердить выбор щелчком по кнопке «Готово»;

§ двойным щелчком ЛК открыть свойство Заголовков и в строке Текст ввести слово «Параметр»;

§ закрыть окно свойств.


Для проверки правильности привязок ГЭ к аргументам экрана можно воспользоваться режимом эмуляции. Переход в режим эмуляции осуществляется при нажатии на иконку «Эмуляция»  на панели инструментов. На экран графического редактора выводится окно задания значения аргумента в соответствующем поле. Так, если после введения значения 25 оба ГЭ отображают его, то привязки выполнены правильно. Выход из режима эмуляции – повторный щелчок по иконке «Эмуляция» .

3. Выполнить автопостроение канала.

Для создания канала в узле проекта по аргументу шаблона экрана воспользуемся процедурой автопостроения. Необходимо:

§ в слое Система открыть узел RTM\_1;

§ щелчком правой клавишей (ПК) мыши вызвать контекстное меню, щелчком ЛК мыши открыть свойства компонента Экран#1:1;

§ выбрать вкладку Аргументы, выделить ЛК аргумент Параметр и с помощью инструмента «Создать каналы»  создать канал класса Float типа Input с именем «Параметр».

4. Создать генератор синуса и привязать его к каналу.

Введем в состав проекта источник сигнала – внутренний генератор синусоиды, свяжем его с созданным каналом и опробуем выполненные средства отображения. Необходимо:

• открыть слой Источники/Приемники и с помощью ПК мыши создать в нем группу Генераторы;

• двойным щелчком ЛК открыть группу Генераторы и с помощью ПК мыши создать в ней компонент Синусоида;

- захватить с помощью ЛК созданный источник и, не отпуская ЛК, перетащить курсор на узел RTM\_1 в слое Система, а затем – на канал Параметр в открывшемся окне компонентов RTM\_1. Отпустить ЛК.

5. Опробовать проект:




- закрыть окно графического редактора;
- сохранить проект с помощью иконки «Сохранить текущий проект» , задав имя проекта «QS\_Lesson\_1.prj»;
- выбрать инструмент «Эмуляция»  и скомпилировать проект для запуска в реальном времени;
- щелчком ЛК выделить в слое Система узел RTM\_1, нажать на иконку «Сохранить для MPB»  на инструментальной панели и запустить режим исполнения командой **Запустить профайлер** (Ctrl+R). В открывшемся окне ГЭ справа от надписи «Значение параметра» должно отражаться изменение синусоидального сигнала. То же значение должен показывать и стрелочный прибор (рис. 3.5).








Рис. 3.5. Результат проверки проекта

6. Добавить функции управления.

Добавим на графический экран средство, позволяющее реализовать ввод числовых значений с клавиатуры. Создадим новый аргумент шаблона экрана для их приема.


Редактирование графического экрана:


- открыть графический экран в окне редактирования;
- на инструментальной панели графического редактора выбрать ГЭ Кнопки  и с помощью мыши разместить его в поле экрана под ГЭ Стрелочный прибор;
- перейти в режим редактирования щелчком по кнопке «Режим редактирования» , вызвать окно свойств ГЭ Кнопки .

- в поле Текст ввести «Управление»;
- открыть бланк События  и с помощью ПК раскрыть меню По нажатию (mousePress);
- выбрать из списка команду **Передать значение**, раскрыть меню настроек выбранной команды;
- в поле Тип передачи (Send Type) выбрать из списка Ввести и передать (Enter & Send);
- щелчком ЛК по полю Результат вызвать табличный редактор аргументов;
- создать еще один аргумент и дать ему имя «Управление»;
- изменить тип аргумента на IN/OUT, нажатием на кнопку «Готово» подтвердить привязку атрибута ГЭ к этому аргументу;
- закрыть окно свойств ГЭ щелчком ЛК по иконке .

Разместим ГЭ Текст для отображения вводимого с клавиатуры значения. Воспользуемся уже имеющимся на графическом экране ГЭ путем его копирования. Необходимо:


§ выделить ЛК ГЭ Текст, служащий для отображения значения параметра;

§ с помощью инструмента «Копировать»  на панели инструментов или комбинацией клавиш Ctrl+C скопировать выделенный ГЭ Текст в буфер обмена;

§ с помощью инструмента «Вставить»  или комбинацией клавиш Ctrl+V извлечь копию ГЭ из буфера обмена и поместить ее на графический экран;

§ удерживая нажатой ЛК, переместить копию ГЭ Текст и разместить справа от ГЭ Кнопка;

§ двойным щелчком ЛК по перемещенному ГЭ Текст открыть окно его свойств;

§ двойным щелчком ЛК по строке Текст вкладки основных свойств «Общие свойства»  перейти к настройке динамизации данного атрибута ГЭ;

§ в правом поле строки Привязка щелчком ЛК открыть табличный редактор аргументов шаблона экрана;


§ выделить ЛК в списке аргумент Управление и щелчком по экранной кнопке «Готово» подтвердить привязку атрибута ГЭ Текст к данному аргументу шаблона экрана;

§ закрыть окно свойств ГЭ Текст;

§ закрыть окно графического редактора.



*Привязка аргумента экрана к каналу.* Создадим по аргументу Управление шаблона экрана новый канал, отредактируем его привязку. Необходимо:

- в слое Система открыть узел RTM\_1;
- с помощью ПК вызвать через контекстное меню Свойства компонента Экран#1:1;
- выбрать вкладку Аргументы, щелчком ЛК выделить аргумент Управление и создать новый канал с помощью инструмента «Создать по аргументам каналы с привязкой» . В результате в узле RTM\_1 будет автопостроен канал Управление;
- двойным щелчком по полю Привязка аргумента Управление вызвать окно настройки связи, выбрать в нем атрибут Входное значение канала Управление и щелчком по кнопке «Привязка» подтвердить связь аргумента экрана Управление с атрибутом Входное значение канала Управление;
- закрыть окно свойств компонента Экран#1:1.

*Размещение ГЭ Тренд.* Дополним созданный экран трендом – новым ГЭ для совместного просмотра изменений значений каналов узла во времени и отслеживания предыстории (рис. 3.6).

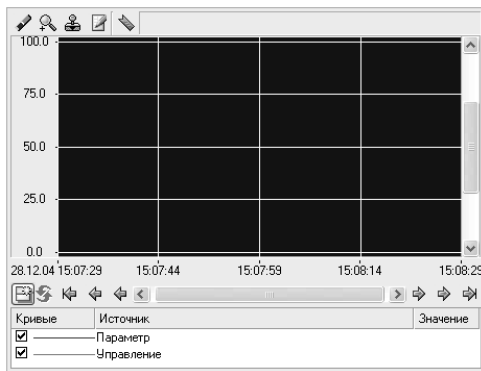





Рис. 3.6. Вид ГЭ Тренд

В правой части графического экрана разместим ГЭ Тренды  для вывода значений Параметр и Управление. Основные свойства ГЭ Общие свойства  оставим заданными по умолчанию. Перейдем во вкладку Кривые  и, выделив щелчком ЛК строку Кривые, с помощью ПК создадим две новые кривые. Настроим их привязку к аргументам, толщину и цвет линий (рис. 3.7).

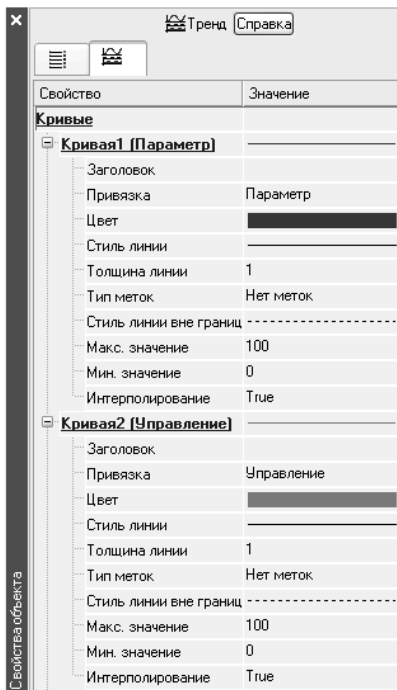


Рис. 3.7. Настройки ГЭ Тренд

7. Проверить внесенные изменения, выполнив действия по сохранению и компиляции (п. 5). Проект будет запущен в реальном времени. С помощью кнопки «Управление» ввести величину управляющего воздействия и наблюдать результат на соседнем индикаторе и тренде.

8. Добавить в проект обработку данных.


С помощью нового компонента проекта – шаблона программы – свяжем два имеющихся канала операцией сложения. Для этого необходимо суммировать реальные значения каналов Параметр и Управление, а результат поместить во вновь созданный аргумент экрана Сумма (с отображением на ГЭ Текст и Тренд) без создания дополнительного канала в узле проекта.

*Доработка графического экрана:*

- скопировать два первых ГЭ – Значение параметра и text – и разместить их ниже ГЭ Кнопка;

- изменить статический текст первого ГЭ на «Сумма :», а динамику второго ГЭ привязать к третьему аргументу экрана типа IN с именем «Сумма», создав его в процессе привязки;
- добавить еще одну кривую на тренд с привязкой к аргументу Сумма.



*Создание программы на языке Техно ST.* Создадим программу, в которой сумма двух аргументов, связанных с атрибутами Реальное значение каналов Параметр и Управление, будет помещаться в третий аргумент Сумма. Воспользуемся возможностью связать аргументы шаблонов для вывода на экран результата работы программы без создания дополнительного канала. Последовательность действий:

- двойным щелчком ЛК открыть узел RTM\_1 и создать в нем компонент Программа;
- выделить компонент Программа#1, щелчком ПК вызвать контекстное меню и, выбрав пункт Редактировать шаблон, перейти в режим редактирования программы;
- щелчком ЛК по строке Аргументы в дереве шаблона Программа#1 вызвать табличный редактор аргументов;
- с помощью инструмента «Создать аргумент»  создать в редакторе аргументов три аргумента с именами Параметр, Управление и Сумма. Первые два должны быть типа IN, а третий – OUT;
- выделить в дереве шаблона строку Программа#1 и в открывшемся диалоговом окне «Выбор языка» выбрать язык ST;
- после нажатия на экранную кнопку «Принять» набрать в открывшемся окне редактора программ с объявленными переменными:

```
PROGRAM
VAR_INPUT Параметр : REAL; END_VAR
VAR_INPUT Управление : REAL; END_VAR
VAR_OUTPUT Сумма : REAL; END_VAR

Сумма=Параметр+Управление;

END_PROGRAM
```

- с помощью инструмента «Компиляция»  или горячей клавишей F7 скомпилировать программу и убедиться в успешной компиляции в окне «Выход» (Output), вызываемом с помощью инструмента «Сообщения» .

*Привязка аргументов программы:*

§ вызвать свойства компонента Программа#1 через контекстное меню;

§ открыть вкладку Аргументы;

§ двойным щелчком в поле Привязка привязать аргументы программы к атрибутам каналов: аргумент Параметр – к реальному значению канала Параметр, аргумент Управление – к реальному значению канала Управление;

§ двойным щелчком в поле Привязка аргумента программы Сумма вызвать окно настройки связи, выбрать в левом окне канал Экран#1:1 класса Вызов, а в правом окне – вкладку Аргументы и указать в ней аргумент Сумма, нажатием на кнопку «Привязка» подтвердить связь;

§ закрыть окно свойств компонента Программа#1.

9. Опробовать, выполнив действия п. 5. С помощью кнопки «Управление» ввести управляющее воздействие и наблюдать соответствующее изменение сигнала «Управление» и смещение сигнала «Сумма» (рис. 3.8).

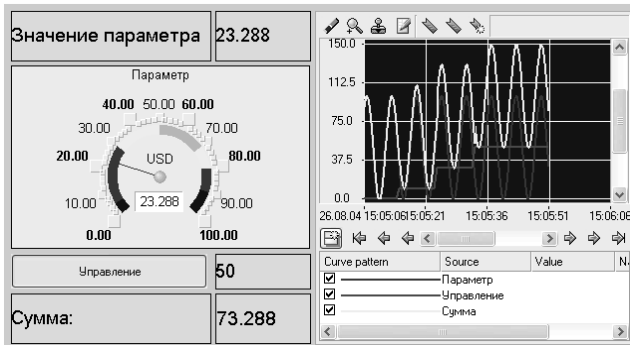


Рис. 3.8. Окно с результатом запуска проекта

Таким образом, получен проект, позволяющий отобразить на мониторе изменение параметров процесса в реальном времени.

### Контрольные вопросы и задания для защиты лабораторной работы

1. Охарактеризуйте методы визуализации управления.
2. Каковы назначение, возможности и состав Trace Mode?
3. Каковы принципы разработки проекта АСУ в интегрированной среде Trace Mode?
4. Какова технология разработки проекта АСУ в интегрированной среде Trace Mode?

## Лабораторная работа № 4

### РАЗРАБОТКА СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ УСТАНОВКИ ИЛИ ЛИНИИ

**Цель работы:** уяснить требования к схемам автоматизации; освоить методику разработки схем автоматизации; приобрести навыки разработки схемы автоматизации в САПР.

**Задания для подготовки к занятию:**

1. Оформить протокол отчета, руководствуясь методикой выполнения лабораторной работы.
2. Изучить требования к оформлению схемы автоматизации [4, с. 113–134] и ответить на вопросы для самоподготовки.

**Вопросы для самоподготовки:**

1. Дайте определение схемы автоматизации.
2. Перечислите способы выполнения схем автоматизации.
3. Какие требования предъявляются к изображению технологического оборудования на схеме автоматизации?
4. Какие требования предъявляются к изображению технических средств автоматизации на схеме автоматизации?
5. Чем с точки зрения представления в графическом редакторе САПР являются линия трубопровода, условное графическое обозначение датчика вентиля, линия связи и ее нумерация? Какими командами следует их формировать?

**Задание:** в соответствии с заданным преподавателем вариантом (прилож. 1) или вариантом курсового проекта по дисциплине выполнить схему автоматизации в графическом редакторе AutoCAD, используя пользовательские библиотеки и программы.

### Методика выполнения работы

1. Загрузить графический редактор AutoCAD с использованием шаблона a3.dwt.
2. Используя команды рисования и редактирования, выполнить технологическую часть схемы автоматизации.

3. Согласно требованиям к схеме автоматизации выполнить трубопроводы (с помощью команд **Pline** (Плиния) и **Dtext** (Дтекст) для формирования линии заданной толщины и отрисовки обозначения среды соответственно), оборудование по символам (команда меню **БАЗА\БАЗАСА\Оборудование**, рис. 4.1), датчики (команда меню **БАЗА\БАЗАСА\ПСА**), показать приборы и средства автоматизации, расположенные в щите автоматики, редактируя контуры, изображенные в нижней части шаблона (рис. 4.2), или используя готовые блоки из того же меню (команда меню **БАЗА\БАЗАСА\Контуры**). Типовые изображения могут быть вставлены и через соответствующую панель инструментов. Контроллер при использовании его в качестве устройства управления должен быть отрисован в виде прямоугольника с раскрытыми входами и выходами в щите автоматики (рис. 4.3).

4. Вызвать команду **Pline** можно через падающее меню Draw (Черчение)\Pline (Плиния).



Рис. 4.1. Вид меню

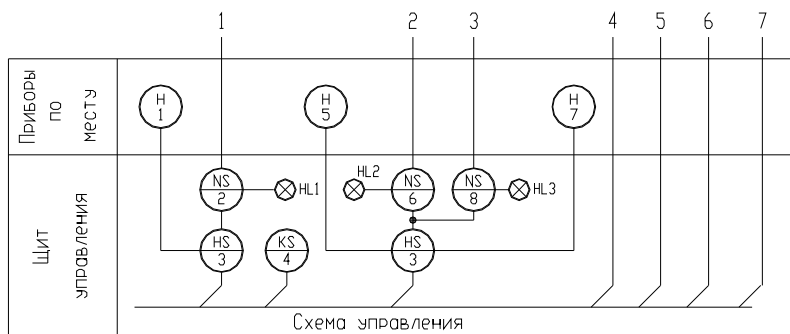


Рис. 4.2. Изображение на схеме автоматизации щита с оборудованием, имеющимся в шаблоне

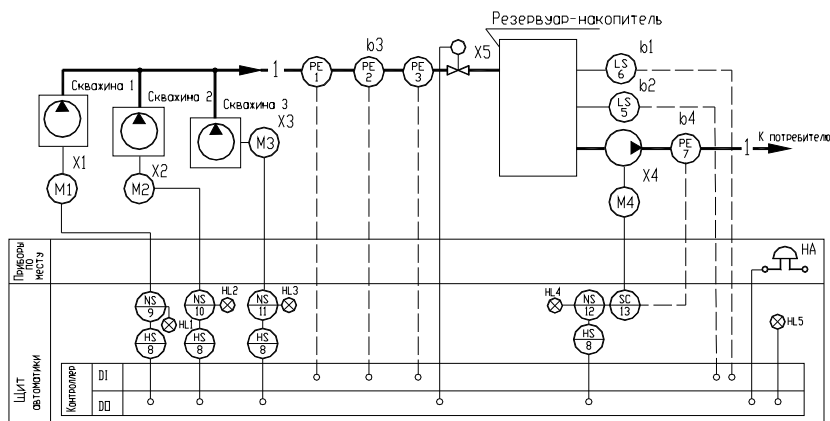


Рис. 4.3. Пример выполнения схемы автоматизации с использованием контроллера

В командной строке появится следующая запись:

**pline**

*То есть «Плиния». В строке содержится сама команда.*

***From point:***

*То есть «От точки:». В строке содержится запрос ввода начальной точки рисования, в ответ на который можно указать мышью точку в графической зоне редактора или набрать с клавиатуры координаты требуемой точки, разделенные запятой (10,10).*

***Current line-width is 0.20***

*То есть «Текущая ширина линии 0.20»*

***Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/<Endpoint of line>: w***

*То есть «Дуга/Замкни/Полиширины/Длина/Отменить/Ширина/Конечная точка линии:». В строке дается текущая толщина полилинии, перечисляются ключевые слова последующего запроса, а в скобках < > стоит значение ключа по умолчанию – ввод последующей точки. В данном примере текущая толщина линии не подходит, поэтому в ответ на запрос введена первая буква (w) ключевого слова width – ширина.*

***Starting width <0.20>: 1***

*То есть «Начальная ширина <0.2>:». В ответ на данный запрос пользователь ввел значение начальной ширины 1 (мм), не используя значение по умолчанию.*

***Ending width <1.00>:***

*То есть «Конечная ширина <1.00>». В ответ на данный запрос использовано значение по умолчанию – «пустой» ввод.*

*Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/<Endpoint of line>:*

*То есть введена следующая точка линии.*

*Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/<Endpoint of line>:*

*То есть для выхода из команды использован «пустой» ввод.*

5. Сформировать линии связи, используя команду меню **Draw (Черчение)\Line (Отрезок)**.

6. Пронумеровать разрывы линий связи, используя команду **Элементы ПЭС\Маркировка**.

### **Контрольные вопросы и задания для защиты лабораторной работы**

1. Дайте определение схемы автоматизации.
2. Перечислите способы выполнения схем автоматизации. Приведите примеры.
3. Перечислите требования к изображению технических средств автоматизации на схеме автоматизации. Чем их изображение является с точки зрения САПР?
4. Перечислите требования к изображению линий связи на схеме автоматизации. Чем их изображение является с точки зрения САПР?
5. Перечислите принципы формирования обозначения прибора автоматики на схеме автоматизации. Приведите примеры. Чем является изображение прибора с точки зрения САПР?
6. Приведите изображение на схеме автоматизации регулятора температуры, сравнивающего показания двух датчиков. Чем изображение является с точки зрения САПР?
7. Приведите условные графические обозначения (УГО) основных элементов, используемых на схемах автоматизации. Чем УГО являются с точки зрения САПР?
8. Перечислите принципы, особенности и порядок разработки схем автоматизации в среде САПР.
9. Каковы пути автоматизации разработки схем автоматизации?
10. Перечислите пользовательские программы, применяемые при автоматизации разработки схем автоматизации. Охарактеризуйте одну из них.
11. За счет чего можно увеличить степень автоматизации разработки схем автоматизации?



## Лабораторная работа № 5

### РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ ПИТАЮЩЕЙ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

**Цель работы:** уяснить принципы разработки принципиальных схем питающей и распределительной сети систем автоматизации, овладеть методикой их разработки; приобрести навыки разработки данных схем в САПР.

#### **Задания для подготовки к занятию:**

1. Оформить протокол отчета, руководствуясь методикой выполнения лабораторной работы.
2. Изучить требования к схемам питающей и распределительной сети [4, с. 136–151] и ответить на вопросы для самоподготовки.
3. В соответствии с заданным вариантом (прилож. 3) произвести электротехнические расчеты для разработки схемы питающей и распределительной сети.

#### **Вопросы и задания для самоподготовки:**

1. Перечислите вопросы, которые должны быть решены при разработке проектной документации системы питания систем автоматизации.
2. Какими бывают питающие сети систем автоматизации?
3. Перечислите условия выбора аппаратов управления и защиты.
4. Каковы требования к оформлению принципиальной схемы питающей (распределительной) сети?

#### **Задания:**

1. В соответствии с вариантом задания (прилож. 3) обосновать схему электропитания, род тока, значение напряжения и мощности источника, рассчитать и выбрать аппаратуру управления и защиты цепей питания, способ прокладки проводок и сечения проводок. Основные решения привести в отчете.
2. Разработать принципиальную схему питающей и распределительной сети, предложенной в варианте системы автоматизации.
3. Оформить схему питающей и распределительной сети, предложенной в варианте системы автоматизации, в графическом пакете AutoCAD.

## Методика выполнения работы

Последовательность обоснования решений при проектировании системы питания систем автоматизации (полная методика изложена в учебном пособии [4]):

1. Для выполнения основных электротехнических расчетов загрузить AutoCAD с шаблоном psrs.dwt, с помощью команды меню **База\psrs\расчет** загрузить программу электротехнического расчета. Вводя ответы на запросы, выполнить основной расчет, результаты занести в таблицу.

Таблица

Результаты электротехнического расчета

Токоприемник/ участок сети ( $P_n = \text{---}$ )	Длительный расчетный ток линии $I_{дл}$ , А	Кратковременный расчетный ток линии $I_{кр}$ , А	Сечение проводника, $\text{мм}^2$	Данные аппаратов защиты (управления)

2. Выбрать аппаратуру управления и защиты и электропроводку, используя сведения базы данных пакета САПР CADElectro.

3. С помощью пользовательской программы psrs (меню База) выполнить схему питающей и распределительной сети, заполнив форму таблицы по участкам сети. Необходимо последовательно выбрать участок сети, например Участок (рис. 5.1), и задать мощность электроприемника (исполнительного механизма) (рис. 5.2) и его характеристики (рис. 5.3). Расчетные данные сравнить с данными, полученными автоматически.

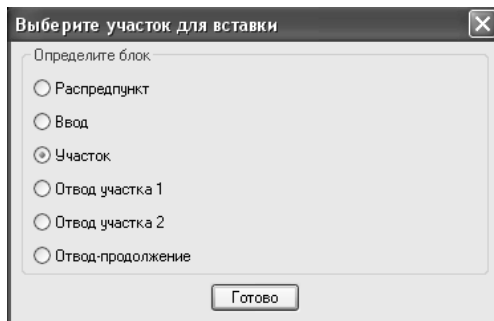


Рис. 5.1. Окно выбора участка сети

Введите номинальную емкость приемника (или НКУ)

Мощность Pн (кВт) =

Рис. 5.2. Окно задания мощности электроприемника

Введите данные приемника

Наименование приемника

Строка 1:

Строка 2:

Тип:

Расчетные данные

Iном(A)=

Iпуск(A)=

Рис. 5.3. Окно задания характеристик электроприемника

В следующем окне (рис. 5.4) задаются данные защитного аппарата (автоматического выключателя). Рекомендуется исправить предлагаемые в автоматическом расчете данные токов на действительные значения для выбранных аппаратов защиты в соответствии с маркой аппарата. Затем задаются характеристики пускового аппарата (магнитного пускателя) (рис. 5.5) и данные электропроводки по участкам (рис. 5.6, 5.7), чтобы получить отрисованный участок сети на схеме.

Введите данные аппарата отходящей линии

Обозначение:

Тип:

Iном(A)=

Расцепитель или плавкая вставка, A

Рис. 5.4. Окно задания характеристик защитного аппарата

Введите данные пускового аппарата

Обозначение:

Тип:

Iном(А):

Расцепитель или плавкая вставка (уставка реле), А

Рис. 5.5. Окно задания характеристик пускового аппарата

Введите данные кабеля или провода

Участок 1

Обозначение:

Марка:

Количество (число жил) и сечение:

Длина, м

Рис. 5.6. Окно задания характеристик электропроводки на участке 1

Введите данные кабеля или провода

Участок 2

Обозначение:

Марка:

Количество (число жил) и сечение:

Длина, м

Рис. 5.7. Окно задания характеристик электропроводки на участке 2

Аналогично выполняют другие участки сети.

### **Контрольные вопросы и задания для защиты лабораторной работы**

1. Какова последовательность проектирования систем питания систем автоматизации?
2. Каковы требования к источнику питания САУ?

3. Каковы условия принятия основных решений при проектировании системы питания?

4. Приведите расчетные формулы для определения расчетных параметров сети.

5. Приведите условия выбора аппаратов управления и защиты.

6. Каким образом организован автоматический электротехнический расчет в САПР? Каковы недостатки организации таких расчетов? Как их устранить?

7. Каковы принципы расчета сечений и выбора марок проводов при проектировании систем питания систем автоматизации?

8. Каковы принципы разработки и оформления схемы питающей сети? Каким образом это реализуется в САПР?

9. Приведите последовательность действий при разработке схемы питающей сети в САПР.

10. Каковы принципы разработки и оформления схемы распределительной сети? Каким образом это реализуется в САПР?

11. Приведите последовательность действий при разработке схемы распределительной сети в САПР.

12. Перечислите пакеты САПР, которые можно использовать для разработки схем питающей и распределительной сети. Каковы их достоинства и недостатки? Как указанные недостатки устранить?

## Лабораторная работа № 6

### РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ

**Цель работы:** приобрести навыки разработки принципиальной электрической схемы управления на базе контроллера согласно структуре управления; изучить способы и порядок формирования модели принципиальной схемы в САПР, приобрести навыки разработки схемы в САПР.

#### **Задания для подготовки к занятию:**

1. Оформить протокол отчета, руководствуясь методикой выполнения лабораторной работы.
2. Уяснить принципы разработки принципиальных электрических схем управления на базе контроллера [4, с. 223–238; 5, с. 104–114] и ответить на вопросы для самоподготовки.
3. В соответствии с заданным вариантом (прилож. 4) перевести структуру управления в принципиальную электрическую схему на базе контроллера.

#### **Вопросы для самоподготовки:**

1. Что определяет принципиальная схема?
2. Каково назначение принципиальной электрической схемы?
3. Как по функциональному признаку могут быть разделены принципиальные электрические схемы?
4. Каково содержание принципиальных электрических схем САУ технологическим процессом?
5. Каковы типовые узлы принципиальных электрических схем управления, контроля, сигнализации и защиты?
6. Каковы принципы выбора датчиков в САУ?
7. Какова методика выбора регулирующего органа в САУ?
8. Каковы принципы выбора исполнительных механизмов в САУ?

#### **Задания:**

1. Согласно заданному варианту (прилож. 4) или варианту задания к курсовому проекту преобразовать структурную схему автоматического управления в полную принципиальную электрическую схему.

2. Подобрать типы аппаратов, реализующих принципиальную схему с помощью базы данных CADElectro.

3. Сформировать модель принципиальной электрической схемы в CADElectro.

4. Создать перечень элементов в CADElectro.

### Методика выполнения работы

Перевод структуры управления в принципиальную электрическую схему выполняется по методике, изложенной в учебном пособии [7, с. 152–164]. Разработанная схема демонстрируется в отчете преподавателю. Модель принципиальной схемы формируется в CADElectro Energy.


Работа над проектом в CADElectro Energy ведется в головном приложении – Редакторе проекта, для обслуживания которого используются три сервисных приложения: Редактор основной надписи, Редактор символов, Редактор типов аппаратов.

Интерфейс Редактора проекта (рис. 6.1): главное меню (верхняя строка, содержащая все команды и функции); панель инструментов (содержит основные и часто используемые функции системы; недоступный инструмент отображается серым цветом); информационные панели (содержат данные о свойствах объектов, листах документа, компонентах и т. п.); окно графического редактора с панелью закладок и рабочей областью (в верхней части окна расположена закладка с названием открытого в данный момент листа проекта; одновременно может быть открыто несколько чертежей, для навигации между ними используются данные закладки); строка состояния (отображает текущие координаты курсора мыши, процесс загрузки приложения, проекта и т. д.).




Последовательность разработки модели принципиальной электрической схемы в CADElectro:

1. Загрузить Редактор проекта CADElectro Energy: кнопка Пуск\Программы\CADElectro Energy\CADElectro Energy либо ярлык на рабочем столе.

2. Создать новый проект:

- выполнить команду меню **Проект\Новый** или выбрать инструмент «Создать новый проект»  \Выбрать шаблон... Указать место расположения шаблона – заготовки проекта с заданными

по умолчанию параметрами настроек (например, C:\IM\CadElectro Energy\CADElectro\Шаблон\Шаблон CADE). После загрузки шаблона программа потребует заполнить паспорт проекта, данные из которого будут автоматически считываться при заполнении основной надписи основных документов;

- сохранить файл на локальный диск с помощью команды меню **Проект\Сохранить** или иконки «Сохранить проект»  на панели инструментов. *В процессе работы над проектом периодически сохранять данные;*
- на панели Документы необходимо создать каталог, в котором будет размещен документ, с помощью инструмента «Добавить каталог в корневой каталог» ; имя каталога по умолчанию «Папка1», сразу после создания включен режим переименования (можно изменить имя, например, на «Проект 1»);
- выбрав созданный каталог, создать новый документ с помощью кнопки «Добавить принципиальную схему» ;

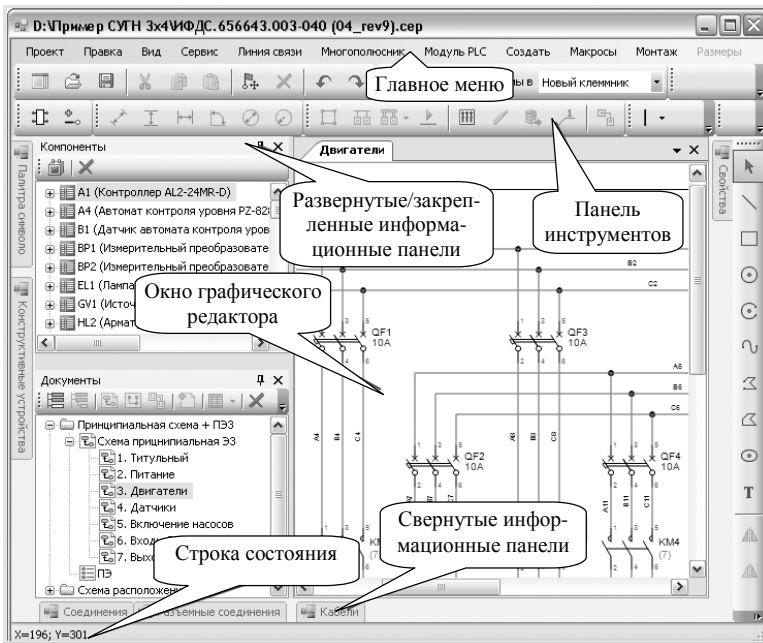



Рис. 6.1. Интерфейс Редактора проектов CADElectro Energy



- в созданный документ добавить лист (листы) с помощью кнопки «Добавить лист» ; чтобы лист стал активным, следует дважды щелкнуть по нему ЛК мыши в списке документов; в рабочей зоне появится лист заданного в настройках формата с частично заполненной основной надписью.

3. Заполнить основную надпись. Щелкнув ЛК мыши по нужному полю основной надписи (рис. 6.2), ввести данные и завершить редактирование щелчком ЛК мыши в любом месте чертежа за пределами поля ввода.





Рис. 6.2. Заполнение основной надписи

При наборе текста размер шрифта контролируется системой, и выполненная надпись сжимается, чтобы уместиться в заданную рамку. Обозначение документа заполняется один раз на любом из его листов, на всех остальных листах оно появится автоматически (атрибут рамки *Обозначение документа*). Также автоматически заполняются поля с номером листа и общее количество листов (атрибуты рамки *Номер листа* и *Количество листов* соответственно). Формат листа можно изменить из контекстного меню: щелкнуть ПК мыши по названию листа и в выпавшем меню выбрать команду **Изменить формат**. Откроется диалоговое окно выбора формата листа.

4. Сформировать модель принципиальной схемы.

- *Вставить на схему условные графические обозначения (УГО).*

Предварительно рекомендуется включить шаг сетки и задать для него значение, равное 4 мм по осям X и Y (меню Вид\Сетка\Вкл/Выкл, или F7, или кнопки панели Вид  1 ). Установка шага необходима для корректного подключения линий связи к выводам аппаратов, а также для улучшения читаемости проектируемого документа.

Для вставки символа УГО на схему используется информационная панель Набор символов (рис. 6.3). Она содержит структурированный каталог (УГО аппаратов сгруппированы по их позиционному обозначению) и окно предварительного просмотра символов. Чтобы вставить символ на схему, необходимо активировать информационную панель Набор символов (подвести курсор к ее заголовку в окне проекта справа), пройти по вложенности до группы аппаратов, выбрать в окне просмотра необходимый символ и перетащить его в графическую зону.

При размещении символов система автоматически присваивает следующий номер позиционного обозначения. Допустим, УГО создаваемого аппарата должно иметь позиционное обозначение *КМ1*, для этого следует переименовать размещенные на схеме контакты с позиционным обозначением *КМ2* и *КМ3*. Выбрав символы, на панели Свойства (в окне проекта – справа) ввести в соответствующие поля требуемое обозначение (рис. 6.4).

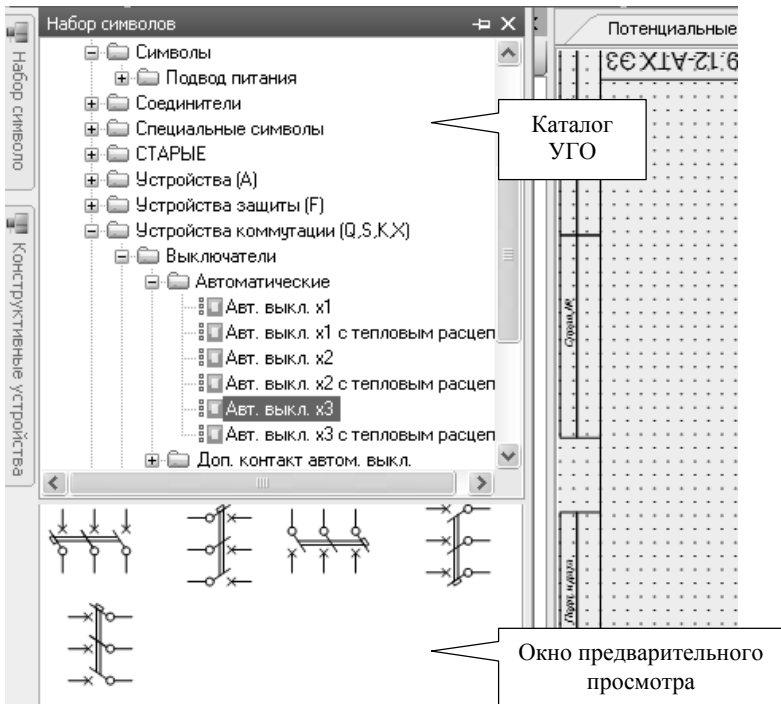


Рис. 6.3. Панель Набор символов

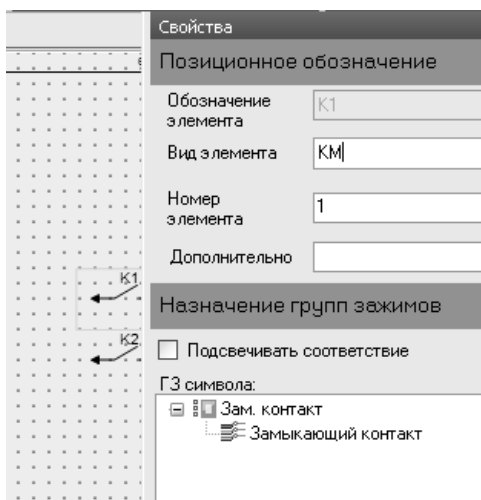


Рис. 6.4. Информационная панель Свойства



Однотипные участки можно копировать (меню Правка\Копировать или сочетание клавиш Ctrl+C). При вставке скопированных символов (Правка\Вставить либо Ctrl+V) система автоматически рассчитывает следующий номер позиционного обозначения. Если для УГО назначен тип аппарата, то при копировании символ копируется вместе с назначенным типом.

- *Выполнить линии связей.*

Соединение аппаратов производится только линиями связей (ЛС). *Подключение вывода одного аппарата к выводу другого не допускается!*

Линии связи, соединенные между собой точками связи и символами обрывов, объединяются в потенциальный узел. Потенциальный узел обрывается на выводах символа, если для символа не задан ключ в базе данных Пропускать потенциал. Потенциальный узел не может «висеть в воздухе», он обязательно должен заканчиваться подключением к какой-либо графике схемы. Так исключаются ошибки, связанные с неподключенными ЛС.

В редакторе принципиальных схем используются два вида линий связи – однофазная и трехфазная – и следующие типы: линия переменного, постоянного тока, нейтраль, PE-проводник, фазный проводник (I, II, III фазы). Переключиться между типами линий можно

с помощью команды меню **Линия связи\Создать однофазную линию связи** (или **Создать трехфазную линию связи**) либо соответствующих инструментов . В последнем случае для переключения используется список, появляющийся при нажатии на стрелку . Чтобы провести линию связи, необходимо активировать нужный инструмент щелчком ЛК мыши и, привязавшись к выводам аппарата, протянуть линию. Если в момент проведения ЛС щелкнуть ЛК мыши, будет установлена точка поворота, которая позволит изменить направление проводимой ЛС. Если в момент щелчка ЛК мыши удерживать нажатой кнопку Ctrl, изгиб будет выполнен с зеркальным отображением I и III фаз относительно II фазы.

Для отмены последнего действия при создании ЛС необходимо щелкнуть ПК мыши.

Линия связи при проведении через символ, а также при встройке в нее последнего будет разрываться.

Если линия связи подключена к символу, то при его перемещении система отслеживает подключение и не разрывает соединение. В то же время можно переместить символ отдельно. Для этого при перемещении нужно удерживать нажатой клавишу Shift.

- *Обозначить участки цепей на схеме* (промаркировать линии связей).

В системе предусмотрено два способа маркировки:

- ручной (с помощью панели Свойства);
- автоматический (с помощью диалогового окна «Маркировка ЛС»).

При использовании автоматического способа маркировки ЛС необходимо проверить настройки проекта (меню Сервис\Настройки\Системные настройки\Типы линий связи): по фазам – обязательный текст перед маркировкой *L1, L2, L3*). Далее вызывают диалоговое окно маркировки (меню Линия связи\Маркировать ЛС), в котором необходимо выбрать зону маркировки (проект в целом либо только лист), проставить либо удалить маркировку и указать некоторые другие параметры маркировки.

Для изменения проставленного обозначения маркировки (и при ручном, и при автоматическом способе) следует выделить линию связи и воспользоваться информационным окном «Свойства».

- *Дополнить схему поясняющими надписями* (рис. 6.5), при необходимости диаграммами переключателей с помощью панели инструментов Графика (рис. 6.6).

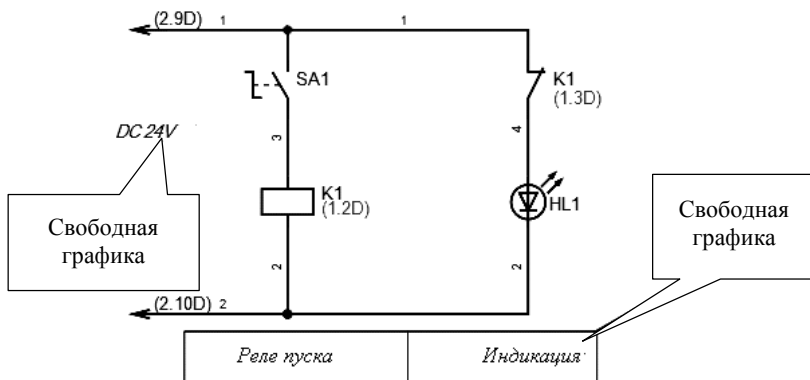


Рис. 6.5. Схема, дополненная свободной графикой



Рис. 6.6. Панель инструментов Графика

- Назначить каждому аппарату тип.

Каждому аппарату проекта должен быть назначен тип. Тип аппарату может быть назначен как с панели Компоненты (находится справа в окне проектов, показана на рис. 6.7), так и с помощью контекстного меню.

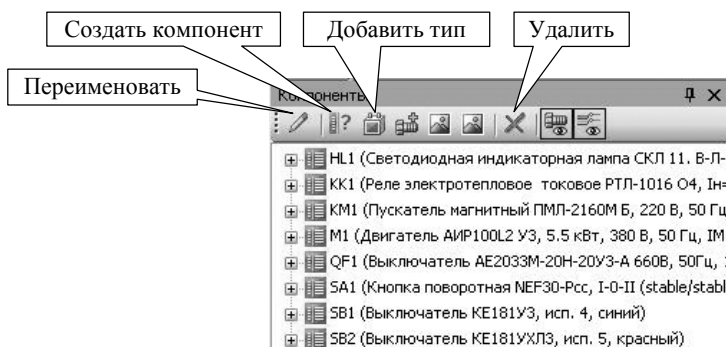



Рис. 6.7. Информационная панель Компоненты

Для вызова контекстного меню нужно щелкнуть ПК мыши по символу компонента на принципиальной схеме. В выпавшем меню

выбрать команду **Назначить тип**. Откроется окно выбора типа аппарата из базы данных. Типы аппаратов в каталоге также структурированы по группам позиционных обозначений. Для назначения типа в окне базы данных необходимо пройти по вложенности до табличных записей, выбрать конкретную запись и подтвердить выбор с помощью клавиши «Ввод» либо двойным щелчком мыши. Если тип назначен верно, знак вопроса в окне компонентов заменяется на зеленый символ (см. рис. 6.7).

5. Создать перечень элементов и распечатать его. Перечень элементов может быть создан только после назначения типов аппаратов. Чтобы создать перечень элементов, необходимо активировать на панели Документы папку проекта и с помощью кнопки «Добавить текстовый документ»  открыть выпадающий список, где перечислены команды по созданию всех возможных текстовых документов. Выбрать команду **Создать перечень элементов**. Созданный документ по умолчанию называется «ПЭ», включен режим переименования. Для выхода из этого режима следует нажать на клавишу «Ввод».

Созданный документ представляет собой электронную таблицу и не содержит вложенных листов. Для открытия документа нужно дважды щелкнуть ЛК мыши по его наименованию на панели Документы.

Документ «Перечень элементов» генерируется на основании готовых данных и является статическим отчетом, т. е. при внесении в принципиальную схему изменений, которые затрагивают номенклатуру примененных аппаратов, этот документ нужно генерировать снова.

Также нужно помнить, что любые изменения, сделанные в данном документе, не затрагивают другие документы.

6. Передать чертеж принципиальной схемы в AutoCAD с помощью команды меню **Проект\Экспорт текущего листа в dxf...**, преобразовав текущий лист в dxf-формат. Открыть созданный файл в AutoCAD, обратить внимание на то, чем являются элементы чертежа.

### **Контрольные вопросы и задания для защиты лабораторной работы**

1. Дайте определение принципиальной схемы. Каково ее назначение?
2. Каково содержание принципиальных электрических схем контроля, управления и регулирования?

3. Охарактеризуйте систему буквенно-цифровых обозначений на принципиальных электрических схемах (назначение, правила построения, присвоения, простановки на чертеже).

4. Каковы условия выбора аппаратуры управления и защиты?

5. Каким образом выбирают технические средства автоматизации?

6. Какова последовательность формирования модели принципиальной схемы в САПР CADElectro?

7. Как назначить тип аппарата при разработке модели схемы?

8. Перечислите правила обозначения участков цепей на принципиальных электрических схемах. Каковы особенности выполнения данной операции в среде САПР?

9. Какие требования предъявляются к линиям связи на принципиальной схеме? Каковы особенности формирования линий связи в модели принципиальной схемы в САПР CADElectro?

10. Охарактеризуйте перечень элементов к принципиальной схеме в САПР (принципы, особенности, порядок разработки).

11. Каковы принципы разделения режимов работы оборудования на принципиальной схеме?

12. Каковы принципы разработки схем сигнализации? Как реализовать их на модели схемы в CADElectro?

13. Каковы принципы организации блокировок на принципиальной электрической схеме? Как реализовать их на модели схемы в CADElectro?

## Лабораторная работа № 7

### РАЗРАБОТКА СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЙ ВНЕШНИХ ПРОВОДОК

**Цель работы:** изучить требования к схемам соединений внешних проводов, овладеть методикой выбора проводов; приобрести навыки разработки данных схем в САПР.

#### **Задания для подготовки к занятию:**

1. Оформить протокол отчета, руководствуясь методикой выполнения лабораторной работы.
2. Изучить требования к схемам соединений внешних проводов [4, с. 260–267] и ответить на вопросы для самоподготовки.
3. В соответствии с выполненной в лабораторной работе № 6 принципиальной схемой разработать схему соединений внешних проводов, предварительно выбрав провода и кабели с учетом условий окружающей среды и особенностей подключаемых аппаратов и устройств.

#### **Вопросы для самоподготовки:**

1. Что содержит схема соединений внешних проводов?
2. В каком масштабе выполняют схему соединений внешних проводов?
3. Каково должно быть пространственное расположение устройств и элементов на схеме соединений внешних проводов?
4. Откуда берут данные по маркировке проводов, используемой на схеме соединений внешних проводов?
5. Какие графы входят в таблицу данных аппаратов, размещаемую на схеме соединений внешних проводов?
6. Где размещают таблицу данных аппаратов?
7. Где отображают датчики на схеме соединений внешних проводов?
8. Как рассчитать сечение провода или жилы кабеля при подключении внешнего устройства?

#### **Задания:**

1. Согласно выполненной в лабораторной работе № 6 принципиальной схеме разработать схему соединений внешних проводов, предварительно выбрав провода и кабели с учетом условий окру-



жающей среды и особенностей подключаемых аппаратов и устройств. Там, где необходимо присоединение к аппарату гибким вводом, при переходе кабеля с алюминиевыми жилами на гибкий кабель необходимо предусматривать установку соединительных коробок, как и при переходе кабеля с большим числом жил подключения отдельных приборов на кабели с меньшим числом жил (когда приборы однотипные и размещены на небольшом расстоянии).

2. Согласно требованиям выполнения схем соединений внешних проводок оформить чертеж, используя программу SSVP в графическом редакторе AutoCAD.

### Методика выполнения работы

Для выбора типа провода или кабеля нужно знать сечение проводки, способ ее прокладки, определяемый условиями окружающей среды, особенностями технологического процесса, строительных конструкций, удобством и безопасностью обслуживания, и марку провода или кабеля. Для электропроводок сельскохозяйственных объектов в основном при всех принятых способах прокладки должны применяться защищенные и незащищенные изолированные провода с поливинилхлоридной или резиновой изоляцией и оболочками, а также кабели, имеющие поливинилхлоридную, резиновую, бумажную, полиэтиленовую изоляцию жил и поливинилхлоридную, резиновую, свинцовую и алюминиевую оболочки.

Порядок расчета сечения проводки:

1. Определить значения расчетных токов линий – длительных и кратковременных.

2. По значениям расчетных токов линий выбрать защитные аппараты.

3. По значениям расчетных токов линий и по условию их соответствия выбранным аппаратам защиты выбрать сечения проводов:

а) по условию нагревания длительным расчетным током:

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

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

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

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

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

где  $I_3$  – номинальный ток или ток срабатывания защитного аппарата, А;  
 $k_3$  – кратность допустимого длительного тока для провода или кабеля по отношению к номинальному току или току срабатывания защитного аппарата (выбирается в соответствии с данными табл. 7.1).

Таблица 7.1

Кратность допустимых значений длительных токов

Ток защитного аппарата	В сетях, для которых защита от перегрузки обязательна (ПУЭ, п. 3.1.11), для проводников с резиновой или аналогичной по тепловым характеристикам изоляцией		В сетях, защищаемых только от коротких замыканий (ПУЭ, п. 3.1.9)
	во взрыво- и пожароопасных зонах, жилых, торговых помещениях и т. д.	в невзрыво- и пожароопасных помещениях промышленных предприятий	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Номинальный ток плавкой вставки предохранителей	1,25	1,00	0,33
Ток срабатывания (уставки) автоматического выключателя, имеющего только электромагнитный расцепитель	1,25	1,00	0,22
Номинальный ток расцепителя (теплого или комбинированного) автоматического выключателя с регулируемой, обратно зависимой от тока характеристикой	1,00	1,00	1,00

Окончание таблицы 7.1

1	2	3	4
Ток срабатывания расцепителя автоматического выключателя без отсечки с регулируемой, обратной зависимой от тока характеристикой	1,00	1,00	0,66

Токовые нагрузки, допустимые для одно- и многопроволочных проводов с медной жилой без металлической оплетки с поливинилхлоридной или подобной изоляцией, приведены в табл. 7.2. Для проводов с алюминиевыми жилами в указанных значениях токовых нагрузок необходимо учитывать коэффициент снижения нагрузки 0,78 (алюминиевые жилы допускается применять только для неподвижных соединений).

Таблица 7.2

Допустимые значения токовых нагрузок

Номинальное сечение провода, мм <sup>2</sup>	Токовая нагрузка, А	
	на открытом воздухе	в каналах
0,5	6,5	6,0
0,75	10,0	9,0
1,0	13,5	12,0
1,2	15,5	13,5
1,5	17,5	15,5
2,0	21,0	18,0
2,5	24,0	21,0
3,0	27,0	24,0
4,0	32,0	28,0
5,0	36,0	32,0
6,0	41,0	36,0
8,0	46,0	43,0
10,0	57,0	50,0
16,0	76,0	68,0
25,0	101,0	89,0
35,0	111,0	111,0
50,0	151,0	134,0
70,0	192,0	171,0
95,0	232,0	207,0

4. Проверить надежность действия защитных аппаратов при коротком замыкании в наиболее удаленной точке сети.

5. Проверить соответствие сечений выбранных проводов и кабелей максимально допустимым сечениям проводов по механической прочности (минимально допустимое сечение для проводок напряжением более 60 В – 1 мм<sup>2</sup> для медных и 2,5 мм<sup>2</sup> для алюминиевых), а в необходимых случаях (например, при длинных линиях) проверить сечения проводов на потерю напряжения.


*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 пользовательская программа ССВП на языке AutoLisp для AutoCAD. Программа автоматически производит отрисовку, предлагая принять характеристики проводки и обозначение типового монтажного чертежа или ввести свои. При работе с программой требуются лишь корректные ответы на запросы.

Порядок работы с программой:

1. Загрузить AutoCAD с помощью команды **Пуск\Программы\AutoCAD** или ярлыка на рабочем столе.

2. В диалоговом окне начала работы Startup выбрать третью слева кнопку Use a template для загрузки шаблона a3ss1, в котором заданы форма схемы соединений внешних проводок и приемлемые режимы рисования. Если в списке шаблонов нет требуемого, необходимо с помощью кнопки Browse указать место расположения файла шаблона (например, C:\mi\Template\{a3ss1}).

3. Сформировать схему с помощью падающего меню База (рис.) пункта База СС либо одноименной панели инструментов. Для этого требуется загрузить программу ССВП: выполнить команду меню **БАЗА\БАЗАСС\Установки\Начало** или использовать инструмент «Начало» .

4. Установить автоматический или ручной режим ввода данных пользователем с помощью команды меню **БАЗА\БАЗАСС\Установки\Авторыжим** (или **Режим ввода**) или соответствующих инструментов (табл. 7.3).

5. Приступить к отрисовке контуров проводок с помощью вложенности пункта «Отрисовка» либо соответствующих инструмен-

тов (табл. 7.3) в зависимости от типа внешнего устройства. Варианты запросов и возможных ответов приведены в табл. 7.4 на примере прорисовки контура проводки датчика. Значение, стоящее в угловых скобках < >, будет задано, если задать «пустой» ввод (значение по умолчанию).




6. Сохранить схему и оформить ее средствами AutoCAD: заполнить штамп (команды **TEXT** или **DDATTR**), при необходимости обрезать ненужные линии (команда **TRIM**), подписать прямоугольник щита, нанести технические требования.



Рис. Меню База

Таблица 7.3

Назначение пунктов меню БАЗСС

Подменю	Пункт	Инструмент	Назначение
Установки	Начало		Загружает программу формирования контуров проводок. В командной строке появляется сообщение «Готово»
	Авторежим		Режим, при котором программа использует для отрисовки контура значения по умолчанию, не требуя данных от пользователя
	Режим ввода		Режим, при котором пользователю необходимо давать ответы на все запросы

Подменю	Пункт	Инструмент	Назначение
Отрисовка	Контур ЭД		Вызывает на исполнение подпрограмму отрисовки контура проводки для электродвигателя
	Контур кнопки (З)		Вызывает на исполнение подпрограмму отрисовки контура проводки для кнопочного выключателя с замыкающимся контактом
	Контур кнопки (Р)		Вызывает на исполнение подпрограмму отрисовки контура проводки для кнопочного выключателя с размыкающимся контактом
	Контур поста		Вызывает на исполнение подпрограмму отрисовки контура проводки для кнопочного поста
	Контур нагревателя		Вызывает на исполнение подпрограмму отрисовки контура проводки для нагревателя
	Контур Д2		Вызывает на исполнение подпрограмму отрисовки контура проводки для датчика, к которому необходимо подключать два проводника
	Контур Д3		Вызывает на исполнение подпрограмму отрисовки контура проводки для датчика, к которому необходимо подключать три проводника
Блоки	—		Вызывает графическое меню-библиотеку блоков, используемых при формировании схемы

Таблица 7.4

Основные запросы при выполнении команды отрисовки контура проводки

Запрос	Ответ	Характеристика
Укажите точку вставки датчика	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	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	Необязательный параметр. Наименование устройства формируется автоматически (1-я строка) при вводе его обозначения
Введите характеристику параметра (3 строки), 2-я строка		
Введите характеристику параметра (3 строки), 3-я строка		
Введите обозначение датчика <TI>	Обозначение должно повторять таковое на схеме автоматизации. Например, термометр сопротивления обозначается как TE	Обязательный параметр. Вводится прописными латинскими символами
Введите позицию датчика <◇>	Вводится действительное число, повторяющее позицию устройства на схеме автоматизации	Обязательный параметр
Введите номер проводки <◇>	Требует ввода действительного числа номера проводки (в порядке расположения слева направо и сверху вниз по чертежу)	Необязательный параметр. Значение может быть задано автоматически
Введите номер маркировки провода 1 <◇>	Требует ввода действительного числа обозначения по принципиальной	Обязательный параметр

Запрос	Ответ	Характеристика
Введите номер маркировки провода 2 <>	схеме подключаемых к устройству проводников	
Введите номер ХТ <>	Требует ввода действительного числа номера набора зажимов	Необязательный параметр. Значение может быть задано автоматически
Введите марку проводки <КВВГ>	Текстовая переменная марки проводки	Необязательный параметр. Значение может быть задано автоматически
Введите марку и кол-во жил проводки <4×1>	Текстовая переменная данных проводки	Необязательный параметр. Значение может быть задано автоматически
Введите обозначение <ТМ...>	Вводится текстовая переменная обозначения типового монтажного чертежа установки устройства	Если корректно введено обозначение устройства, то переменная задается автоматически

### **Контрольные вопросы и задания для защиты лабораторной работы**

1. Дайте определение схемы соединений внешних проводок. В каких случаях к схеме соединений внешних проводок дополнительно выполняется схема подключений внешних проводок?
2. Каково содержание схемы соединений внешних проводок?
3. Приведите последовательность расчета сечения проводки.
4. Каким образом заполняются графы таблицы данных на схеме?
5. Каким образом проводкам присваивают номера на схеме?
6. Каким образом на схемах соединений внешних проводок изображают: а) приборы; б) единичные щиты и пульты; в) составные щиты?



7. Какие характеристики внешней проводки приводят на схеме, если проводка выполнена: а) проводом; б) кабелем; в) в трубе?

8. Что представляет собой линия проводки в AutoCAD?

9. Как сформировать блок набора зажимов для изображения на схеме подключения внешних проводок?

10. Какова последовательность действий при отрисовке контура проводки датчика с помощью программы?

## Лабораторная работа № 8

### РАЗРАБОТКА ТАБЛИЦ СОЕДИНЕНИЙ В CADELECTRO

**Цель работы:** получить представление о видах монтажных документов, выпускаемых с помощью САПР; изучить принципы и порядок создания таблиц соединений; приобрести навыки разработки таблиц соединений в CADElectro.

#### **Задания для подготовки к занятию:**

1. Оформить протокол отчета, руководствуясь методикой выполнения лабораторной работы.
2. Изучить требования к оформлению таблиц соединений [4, с. 258–262] и ответить на вопросы для самоподготовки.
3. Подготовить исходные данные для разработки таблиц соединений в CADElectro.


#### **Вопросы для самоподготовки:**


1. Какова форма таблицы соединений, таблицы подключений?
2. Каковы способы заполнения таблицы соединений?
3. Каковы правила заполнения граф таблицы соединений?
4. Каковы правила заполнения граф таблицы подключений?
5. Какие операции следует выполнить в CADElectro, прежде чем создавать таблицы соединений?

**Задание:** в соответствии с выполненным вариантом принципиальной электрической схемы в CADElectro разработать таблицы соединений.


### Методика выполнения работы



Таблицы соединений могут быть созданы только после разработки схемы расположения (внутреннего монтажа), выполнения монтажа и добавления на информационную панель Соединения всей информации о сечениях проводов, типах наконечников и т. д.

Сначала необходимо создать схему расположения внутреннего монтажа. Для этого нужно выделить папку проекта на информационной панели Документы и воспользоваться кнопкой «Добавить схему расположения (внутренний монтаж)» ; добавить лист схемы


кнопкой «Добавить лист» . Лист схемы открывают двойным щелчком ЛК мыши по соответствующей строке в списке документов информационной панели Документы. Действия с форматом и основной надписью аналогичны таковым при создании принципиальной схемы. Над схемой расположения по конструктивному устройству работают согласно следующей последовательности:


- задать нужный масштаб листа: щелкнуть ПК мыши по имени листа на панели Документы, из выпавшего меню выбрать команду **Масштаб**, далее из каскадного меню выбрать необходимое значение (например, 1:10);

- создать вид конструктива или его плоскости (например, прямоугольник двери и панели шкафа или ящика) с помощью команды меню **Монтаж\Создать конструктивное устройство** или соответствующего инструмента . Необходимо указать две точки прямоугольника плоскости. Создается конструктивное устройство с названием «Новое конструктивное устройство», автоматически включен режим переименования. Для выхода из этого режима или для его завершения нужно нажать на клавишу «Ввод». При необходимости можно откорректировать размеры конструктивного устройства, выделив прямоугольник и воспользовавшись информационной панелью Свойства;

- провести компоновку аппаратуры по плоскостям конструктива (дверь и панель – рис. 8.1). Для размещения изображения аппарата внутри прямоугольника конструктива достаточно перетащить его из списка панели Компоненты на чертеж (для перетаскивания доступно изображение аппарата, которое в списке отмечено иконкой ; если иконка иная, это значит, что тип аппарата задан неверно либо не назначен, поэтому его требуется подкорректировать). Размещенные на схеме аппараты помечают иконкой .

- задать трассы на чертеже для монтажа проводок, для этого предусмотреть короба, в которых будет проложена трасса. Короб может быть создан с типом или без него соответствующей командой меню **Монтаж**. При выполнении углового или Т-образного соединения система автоматически выравнивает место стыковки, поэтому нет необходимости точно стыковать трассы вручную.

Далее проводят монтаж. В пакете определяют соединения между панелью и дверью и внешние соединения, которые должны идти через набор зажимов. Для этого используют диалоговое окно «Клеммники» (рис. 8.2), вызываемое через меню **Монтаж\Клеммники** или соответствующий инструмент .

Добавить набор зажимов позволяет инструмент «Добавить клеммник»  диалогового окна «Клеммники». Желательно разграничить внутренние соединения на один набор зажимов, внешние – на второй (создать XT1 и XT2).

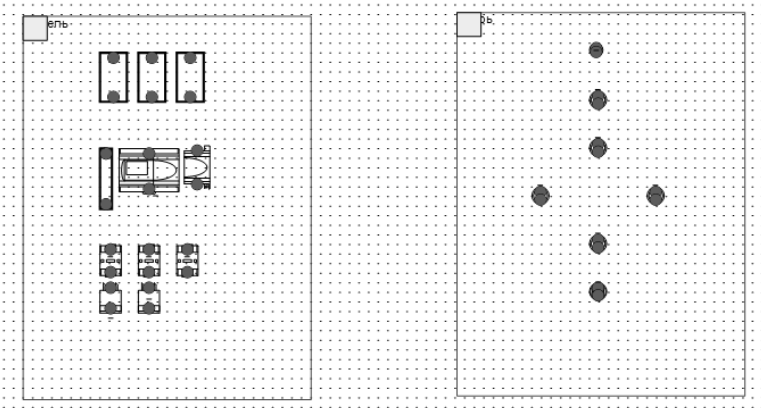


Рис. 8.1. Пример компоновки аппаратуры на чертеже в CADElectro

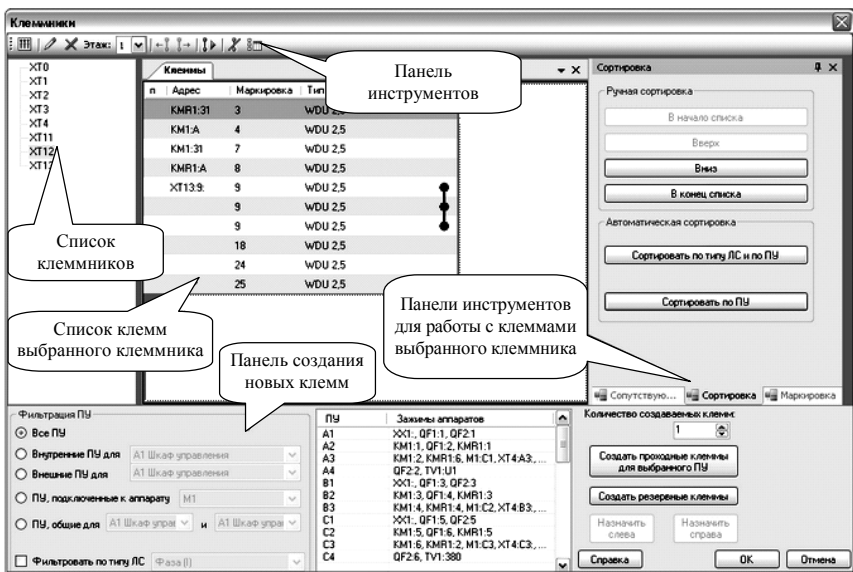



Рис. 8.2. Диалоговое окно «Клеммники»

Все внешние соединения ведутся через набор зажимов ХТ1. Его выделяют в списке диалогового окна и с помощью инструмента фильтрации потенциальных узлов (левая нижняя область диалогового окна) выбирают подключения к внешним аппаратам, а затем ключ «Внешние ПУ для» и в списке напротив ключа – «Панель». В списке узлов будут показаны внешние подключения к панели (к внешним будут отнесены и подключения между панелью и дверью). В зависимости от количества аппаратов в соединении назначают количество создаваемых клемм (по умолчанию – одна) и нажимают на кнопку «Создать проходные клеммы для выбранного ПУ». При этом пополняется список клемм набора зажимов.

Соединения между панелью и дверью будут вестись через набор зажимов ХТ2. Выбирают ключ «ПУ, общие для», а в списке – «Панель» и «Дверь»; повторяют описанные действия.

Клеммы, соединяющие одни и те же потенциальные узлы, должны быть соединены перемычкой при помощи инструмента «Автоматическая расстановка перемычек»  (чтобы не вести монтаж проводом). В списке клемм появится символ перемычки (рис. 8.3).

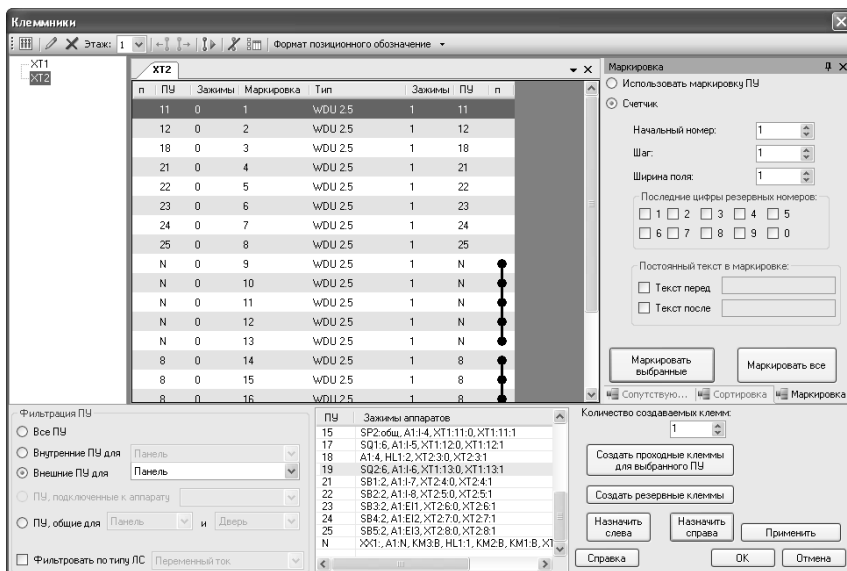


Рис. 8.3. Перемычки в диалоговом окне «Клеммники»

После нажатия на кнопку «Применить» и выхода из диалогового окна «Клеммники» остается разместить наборы зажимов на чертеже: перетащить их из модального окна «Компоненты».

Прежде чем выполнять на чертеже автоматический монтаж, необходимо проверить настройки проекта через меню **Сервис\Настройки\Настройки проекта\Прочие настройки проекта** и установить приемлемое максимальное расстояние от короба до точки подключения аппарата. Эта величина определяет радиус области, в которой должна находиться трасса, для корректного монтажа.

Автоматический монтаж проводят командой меню **Монтаж\Сделать монтаж**. Открывается диалоговое окно, где выбирают нужное конструктивное устройство. По завершении процедуры монтажа на чертеже будут созданы условные соединения.



В случае, если в процессе работы данной функции возникли трудности подключения определенных потенциальных узлов, по окончании будет отображено диалоговое окно с сообщением о том, какие ПУ и аппараты не удалось подключить. Причиной может быть отсутствие свободных зажимов (нужно добавить дополнительные клеммы), либо зажимы аппаратов расположены далеко от короба (добавить трассы).


Все созданные соединения отображаются на панели Соединения (рис. 8.4). При выборе соединения на схеме оно автоматически выбирается на панели и наоборот. У выбранного соединения подсвечиваются желтыми маркерами начало и конец. С помощью указателя мыши можно перемещать эти маркеры, изменяя таким образом монтаж.

#### *Создание схемы расположения внешнего монтажа*

Последовательность проектирования схемы расположения внешнего монтажа условно можно разбить на несколько этапов:



- 1) выбор формата и основной надписи листа, создание документа;
- 2) размещение символов и работа с ними;
- 3) создание трассы и трассировка проводов;
- 4) нанесение на схему дополнительной информации в виде графики и текста.

Для создания чертежа расположения (внешний монтаж) используют кнопку «Добавить схему расположения (внешний монтаж)»  окна «Документы». Созданный документ по умолчанию называется «Схема расположения (внешний монтаж)», в него можно добавлять листы с помощью кнопки «Добавить лист»  окна «Документы». Лист чертежа открывают двойным щелчком ЛК мыши по нему в списке документов.

На схеме расположения внешнего монтажа конструктивное устройство изображаются прямоугольником, аппарат – эллипсом. Условные символы размещают на листе чертежа, перетаскивая их из модального окна «Конструктивные устройства». Изображения аппаратов перетаскивают на схему через модальное окно «Компоненты». Далее следует создать внешнюю трассу через меню Монтаж\Создать трассу внешнего монтажа или инструмент : навести курсор на первое устройство и щелкнуть ЛК мыши внутри области, ограниченной символом, затем подвести трассу ко второму устройству. У созданной трассы редактировать геометрию расположения можно так же, как и у линии связи при работе на принципиальной схеме. После создания трасса красного цвета, т. к. соединяет два устройства, у которых есть одинаковые потенциальные узлы, но для которых не добавлено соединение. После добавления в трассу соединения система проверяет, есть ли еще общие потенциальные узлы. Если все общие потенциальные узлы соединены корректно, линия меняет свой цвет на черный (рис. 8.5).

Добавить соединение в трассу можно через диалоговое окно свойств соединения (рис. 8.6), открываемое двойным щелчком ЛК мыши по трассе внешнего монтажа. Здесь назначают длину трассы и используют кнопку «Автоматический монтаж» для автоматического добавления соединения.

#### *Создание таблицы соединений внутреннего монтажа*

Создать таблицу соединений внутреннего монтажа можно с помощью кнопки «Добавить текстовый документ» , открыв выпадающий список и выбрав пункт «Создать таблицу соединений (внутренний монтаж)». По умолчанию документ называется «Таблица соединений (внутренний монтаж)». После выхода из режима переименования открыть документ можно двойным щелчком ЛК мыши (рис. 8.7), а вывести на печать – с помощью инструмента «Печать» .

#### *Создание таблицы соединений внешнего монтажа*

Обязательным условием для создания документа является наличие схемы расположения (внешнего монтажа), полного монтажа внутри конструктивного устройства, для которых создается документ, и всей информации о сечениях проводов, типах наконечников и т. д., добавленной на информационную панель Соединения. Последовательность действий при создании таблицы соединений внешнего монтажа (рис. 8.8) такая же, как и при создании таблицы внутреннего.

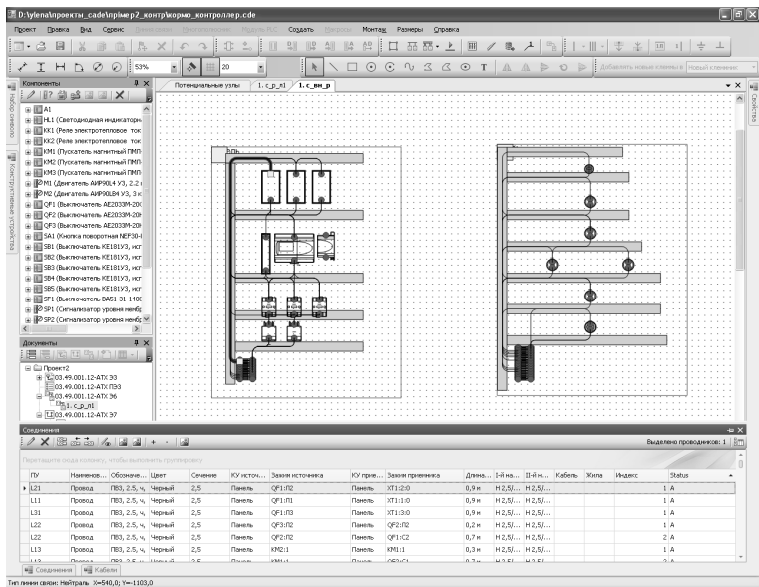


Рис. 8.4. Автоматический монтаж на чертеже

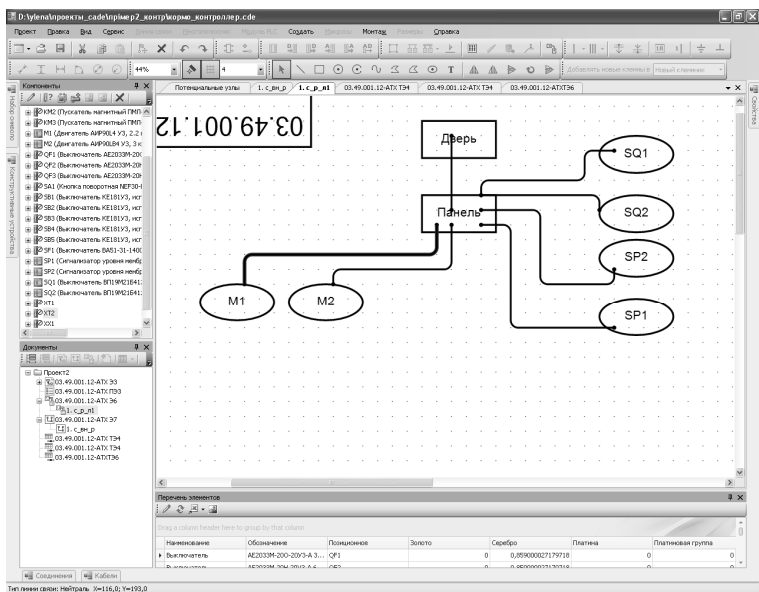


Рис. 8.5. Внешние соединения на листе чертежа расположения



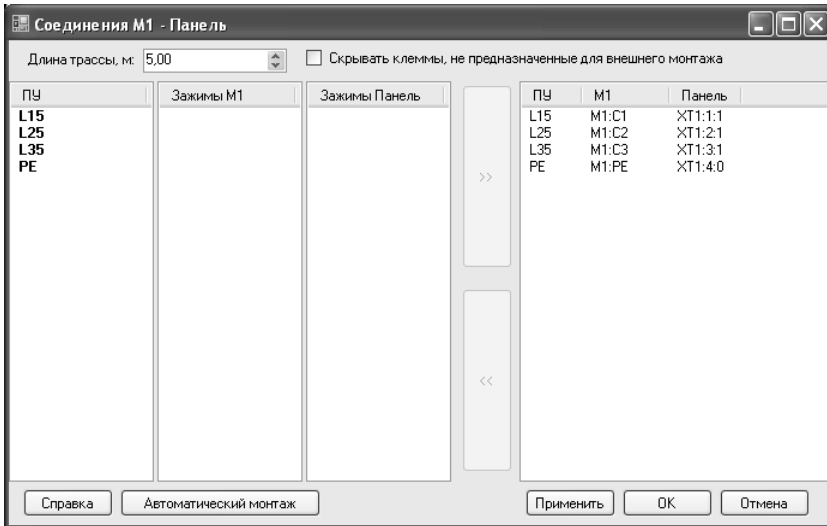


Рис. 8.6. Диалоговое окно свойств внешнего соединения

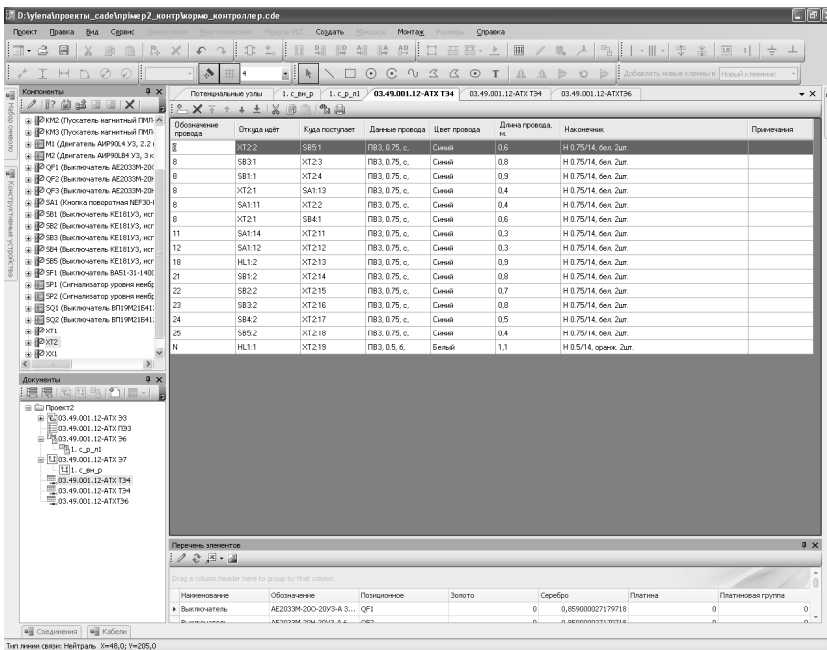


Рис. 8.7. Таблица соединений внутреннего монтажа

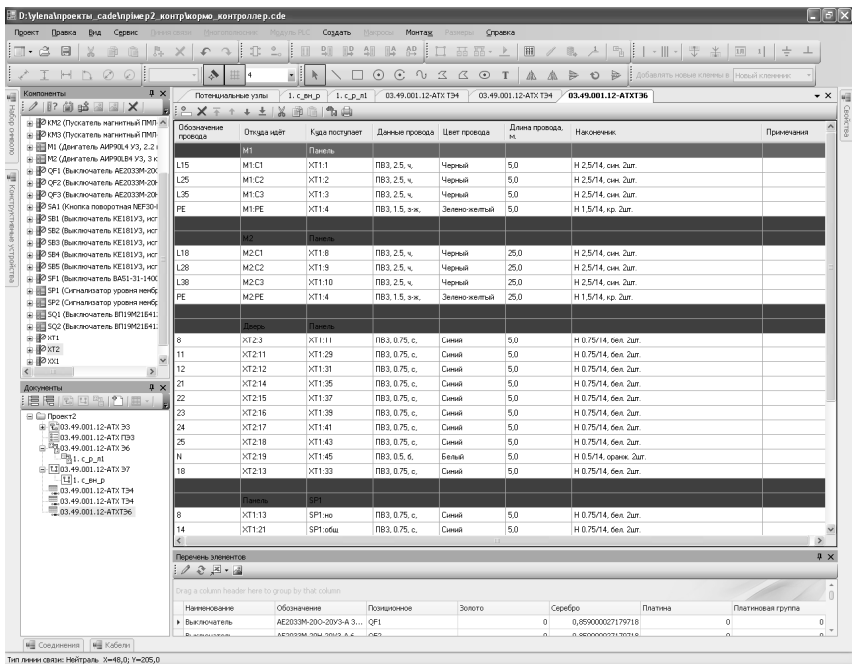


Рис. 8.8. Таблица соединений внешнего монтажа

Уровень автоматизации разработки монтажных документов в САПР CADElectro высок, т. к. высока степень формализации проектных процедур, а от проектировщика требуется минимум действий.

### Контрольные вопросы и задания для защиты лабораторной работы

1. Как классифицируется монтажная документация электротехнического проекта?
2. Какие графы включает таблица соединений? Каково их содержание?
3. Каковы правила и способы составления таблиц соединений?
4. Каковы правила составления таблиц подключения?
5. Какова последовательность расчета сечения проводки?
6. Приведите условия выбора проводов и кабелей.

7. Какова методика формирования схемы расположения внутреннего монтажа в CADElectro Energy?

8. Какова методика формирования схемы расположения внешнего монтажа в CADElectro Energy?

9. Какова методика формирования таблиц соединений в CADElectro Energy?

10. Какие модальные окна участвуют при формировании монтажных документов в CADElectro?

11. Каковы состав и назначение команд, используемых при создании монтажных документов в CADElectro?

12. Каковы достоинства и недостатки использования CADElectro Energy для формирования монтажной документации?

13. Какие пакеты САПР можно использовать при разработке монтажной документации? Опишите их возможности.

## Лабораторная работа № 9

### РАЗРАБОТКА ПЛАНА РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ И ВНЕШНИХ ПРОВОДОК

**Цель работы:** усвоить основные требования по оформлению планов расположения оборудования и внешних проводок; приобрести умения разработки данной документации.

#### **Задания для подготовки к занятию:**

1. Оформить протокол отчета, руководствуясь методикой выполнения лабораторной работы.
2. Изучить требования к оформлению планов расположения оборудования и внешних проводок [4, с. 320–326] и ответить на вопросы для самоподготовки.
3. Определить исходные данные, необходимые для разработки чертежа расположения оборудования и внешних проводок в соответствии с вариантом принципиальной электрической схемы.

#### **Вопросы для самоподготовки:**

1. Каково содержание чертежа расположения оборудования и внешних проводок?
2. Какие исходные данные необходимо иметь для разработки чертежа расположения оборудования и внешних проводок?
3. Каковы требования к изображению датчиков, щитов, потоков проводок на чертежах расположения оборудования и внешних проводок?
4. Каковы требования к координации потоков проводок на чертежах расположения оборудования и внешних проводок?

#### **Задания:**

1. Разработать чертеж расположения оборудования и внешних проводок в соответствии с вариантом, назначенным при разработке принципиальной схемы, используя план здания, в котором ведется проектирование (область Общая в папке группы), с размещенным оборудованием, и разработанную принципиальную схему.
2. Реализовать чертеж расположения оборудования и внешних проводок в графическом редакторе.

## **Методика выполнения работы**

Последовательность формирования чертежа расположения оборудования и внешних проводок:

1. Загрузить графический редактор AutoCAD, используя шаблон *plann*, где последняя *n* соответствует номеру варианта (область Общая в папке группы), или отрисовать план здания в соответствии со своими исходными данными.

2. По условию варианта, используя положения, изложенные в теоретической части, и блоки, собранные в меню-библиотеке (меню База\План\Библиотека), сформировать обозначения технических средств автоматизации и оборудования на схеме.

3. Используя команды рисования графического редактора, сформировать проводки на схеме.

4. Оформить чертеж средствами AutoCAD.

## **Контрольные вопросы и задания для защиты лабораторной работы**

1. Что представляет собой чертеж расположения оборудования и внешних проводок?

2. Приведите графические обозначения датчика, щита, применяемые на чертежах расположения оборудования и внешних проводок систем автоматизации. Что они представляет собой с точки зрения САПР?

3. Каковы требования к изображению потоков проводок на чертежах расположения оборудования и внешних проводок систем автоматизации? Как их выполнить в САПР?

4. Каковы требования к оформлению спецификации к чертежам расположения оборудования и внешних проводок систем автоматизации? Как выполнить спецификацию в САПР?

5. Каков порядок формирования чертежей расположения оборудования и внешних проводок систем автоматизации в САПР?

6. Каковы особенности разработки чертежей расположения оборудования и внешних проводок систем автоматизации в САПР?

## Лабораторная работа № 10

### РАЗРАБОТКА ДОКУМЕНТАЦИИ НА ЩИТЫ АВТОМАТИКИ

**Цель работы:** изучить принципы и порядок формирования документации на щиты автоматики; приобрести навыки компоновки аппаратуры и разработки документации на щиты автоматики.

#### **Задания для подготовки к занятию:**

1. Оформить протокол отчета, руководствуясь методикой выполнения лабораторной работы.
2. В соответствии с разработанной в ходе лабораторной работы № 6 принципиальной схемой разделить аппаратуру на три группы: устанавливаемую вне щита, в щите автоматики и в щите силовой аппаратуры (НКУ). Аппаратуру, устанавливаемую в щите автоматики, разделить, в свою очередь, на аппаратуру, устанавливаемую на двери и внутри щита.
3. Подготовить исходные данные для компоновки аппаратуры на двери и внутри щита автоматики.
4. Ответить на вопросы для самоподготовки.

#### **Вопросы для самоподготовки:**

1. Какие исходные данные должны быть известны для компоновки аппаратуры: а) на двери; б) внутри щита автоматики?
2. Каковы принципы компоновки аппаратуры: а) на двери; б) внутри щита автоматики?
3. Каков порядок проектирования щита автоматики?
4. Каков состав документации на щиты автоматики?
5. Какие пакеты САПР применимы для разработки документации на щиты автоматики? Каковы достоинства и недостатки этих пакетов?

#### **Задания:**

1. Скомпоновать аппаратуру в выбранном типоразмере щита автоматики в соответствии с принципиальной электрической схемой управления, разделив аппаратуру и определив список аппаратов, устанавливаемых на двери и внутри щита автоматики.
2. Разработать документацию на щит автоматики в САПР (вид спереди, развертка щита, перечень элементов щита и таблица надписей на табло и в рамках).

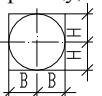
## Методика выполнения работы

1. В соответствии с разработанной в ходе работы № 6 принципиальной схемой разделить аппаратуру на три группы: устанавливаемая вне щита, в щите автоматики на двери и внутри щита.

2. Подготовить исходные данные для компоновки аппаратуры на двери и внутри щита автоматики (табл. 10.1 и 10.2) согласно прилож. 5.

Таблица 10.1

Исходные данные для компоновки аппаратов на фасаде щита

Наименование и тип прибора	Количество $N$	Группа	Размеры от края щита до оси прибора, мм	Размер прибора по фланцу, мм		Размеры монтажной зоны, мм				Размер до оси аналогичного прибора (слева/справа, сверху/снизу)		Обозначение монтажного чертежа
					$H$	$B1$	$B2$	$H1$	$H2$	горизонтальной	вертикальной	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Итого требуемая площадь $S_f = \underline{\hspace{2cm}}$												

Для заполнения табл. 10.1 следует воспользоваться сведениями из РТМ 25-91–90 (прилож. 5). Графы 1, 2 заполняются в соответствии с перечнем элементов к принципиальной электрической схеме; графы 3–10, 13 – в соответствии с графами 3–11 табл. П.5.1 (прилож. 5) по типу прибора; графы 11, 12 – в соответствии с данными табл. П.5.2 (прилож. 5) по группе, к которой относится аппарат. Расстояние по горизонтали определяется как сумма удвоенного размера  $B$  (графа 5) и удвоенного размера между приборами по горизонтали (табл. П.5.2). Аналогично определяется расстояние по вертикали с учетом размера  $H$ . После заполнения табл. 10.1 следует подсчитать площадь, занимаемую монтажными зонами аппаратов:

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

Для заполнения табл. 10.2 используют данные ОСТ 36.13–90 и каталогов аппаратуры (прилож. 5). Графы 3, 4 заполняются в соответствии с перечнем элементов к принципиальной электрической схеме; графы 1, 2, 5–18 – в соответствии с данными табл. П.5.3 (прилож. 5).

Таблица 10.2

Исходные данные для компоновки аппаратуры внутри щитов

Условное наименование	Рисунок	Аппарат	Количество $N$	Монтажная зона аппарата, мм		Габаритные и установочные размеры аппарата, мм						Максимальное количество аппаратов в щите ЩШМ 1000×600	Установочная конструкция	Необходимая для аппаратов площадь $S_i = NL(h + h1)$ , см <sup>2</sup>				
				$L$	$B$	$h$		$h1$		$L1$	$H$				$B1$	$A$	$A1$	
		min	max	min	max					min	max							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Итого требуемая площадь $S_v = \sum S_i$ (сумма чисел графы 19)																		



При расчете необходимой площади аппаратов в качестве размеров  $h$  и  $h_1$  по усмотрению проектировщика выбирается минимальный или максимальный размер.

3. Сформировать вид спереди щита автоматики с помощью программы Fasad, вызываемой в среде графического редактора AutoCAD. Необходимо загрузить графический редактор, используя шаблон Zag\_chit, и вставить лист формата А4 (рис. 10.1): меню БАЗА\ЩИТСА\Общие\А4\_л2 (первый лист соответствует перечню элементов щита). При этом требуется ответ на запрос «Укажите точку вставки листа:». Можно использовать ввод с клавиатуры, например «0,0». Далее запрашиваются шифр документа «Шифр <03.49.000.05 – АТХ>:» и номер листа «Лист <2>:». Можно ответить на них «пустым» вводом либо изменить значения по умолчанию на требуемые.

Назначение пунктов меню ЩИТСА приведено в табл. 10.3.

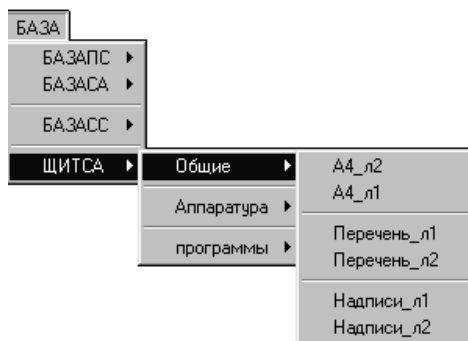


Рис. 10.1. Вид меню БАЗА

Таблица 10.3

Назначение пунктов меню ЩИТСА

Подменю	Пункт	Назначение
Общие	А4_л1	Вставляет лист формата А4: соответственно первый (большая основная надпись) и второй (основная надпись для листов продолжения). Запрашивается точка вставки («Укажите точку вставки листа:»), в ответ на что можно указать точку мышью или ввести координаты с клавиатуры (например,
	А4_л2	

Подменю	Пункт	Назначение
		«0,0»), и значения атрибутов (например, для второго листа выдаются запросы «Шифр <03.49.000.05 – АТХ>:» и «Лист <2>:»
	Перечень_л1	Вставляет форму перечня элементов соответственно первого и последующих листов. Запросы при вставке аналогичны первым пунктам
	Перечень_л2	
	Надписи_л1	Вставляет форму листов с таблицей надписи соответственно первого и последующих листов. Запросы при вставке аналогичны первым пунктам
	Надписи_л2	
Аппаратура	Фасад: ЩШМ 1000×600; примечание; арматура; переключатель; выключатель; обозначение надписи	Вставляют блоки изображения фасада щита, аппаратуры, устанавливаемой на фасаде, и прямоугольника с цифровым обозначением надписи
	Внутри	Вызывает графическое меню блоков аппаратов, устанавливаемых внутри щита
	Перечень	Вызывает графическое меню блоков, необходимых при формировании перечня
	Надписи	Вызывает графическое меню блоков, необходимых при формировании таблицы надписей
Программы	Fasad	Вызывает программу компоновки аппаратуры на двери малогабаритного щита

4. Сформировать изображение фасада щита, используя меню БАЗА\ЩИТСА\Аппаратура\Фасад и, например, пункт ЩШМ 1000×600. Появится изображение вида спереди.

5. Скомпоновать аппаратуру на фасаде щита, используя меню БАЗА\ЩИТСА\Программы\Фасад. Перед вызовом программы про-

верить, отключена ли объектная привязка (отжата кнопка OSNAP). После вызова программы последовательно поступают запросы о количестве соответствующих типов устанавливаемой аппаратуры. Затем формируется изображение вида спереди.

6. Добавить примечание, используя меню БАЗА\ЩИТСА\Аппаратура\Фасад\Примечание. Ввести точку вставки текста и значение атрибута.

Таким образом, изображение вида спереди щита готово, остается привести его в отчете (рис. 10.2).

Аналогично с помощью меню База\ЩИТСА формируются листы текстовой документации, оформляемой на щит автоматики: перечня надписей на табло и в рамках (рис. 10.3) и перечня элементов (рис. 10.4). Заполнять перечень элементов можно с использованием перечня элементов к принципиальной схеме, созданного в CADElectro.

Для формирования вида на внутреннюю плоскость щита автоматики следует использовать шаблон Щит\_ca\_развертка.dwt, содержащий основную надпись листа формата А3 и саму развертку малогабаритного щита (рис. 10.5). Для компоновки аппаратуры внутри щита можно воспользоваться пользовательской программой, вызываемой по пути меню База\ЩИТСА\программы\компоновка развертки щита. Программа позволяет компоновать ограниченный состав аппаратуры (автоматические выключатели, контроллер, блок питания контроллера, промежуточные реле, пускатели, тепловые реле, наборы зажимов) в пределах полезной площади щита согласно монтажным зонам аппаратов.

Требуется последовательно отвечать на запросы, выдаваемые в диалоговых окнах. В первом запросе (рис. 10.6) следует указать количество автоматических выключателей, используемых в проекте, и их величины, а также выбрать способ крепления аппаратов. Во втором запросе (рис. 10.7) вводят сведения по контроллеру и его аксессуарам. Далее запрашивается информация о количестве магнитных пускателей (по величинам) и наличии тепловых реле (рис. 10.8). В последнем запросе определяют ряды наборов зажимов (рис. 10.9).

После компоновки аппаратуры дооформляют чертеж: формируют отверстия под аппаратуру на двери щита и расставляют полочки для аппаратуры, установленной внутри (можно воспользоваться программой База\ЩИТСА\программы\Полочки. Результат формирования развертки щита представлен на рис. 10.10.

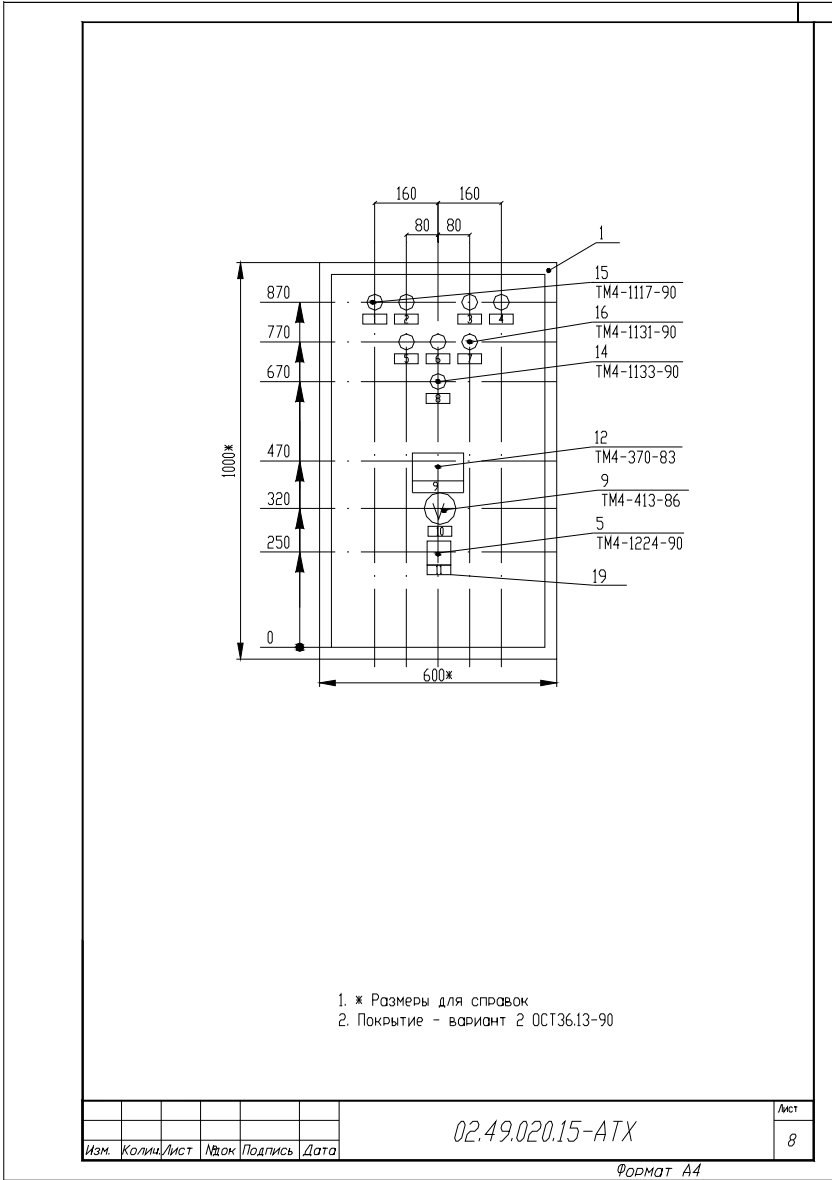


Рис. 10.2. Вид спереди щита автоматики



Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		<u>Документация</u>		
	02.49.020.15-АТХ	Таблица соединений	1	
	02.49.020.15-АТХ	Таблица подключений	1	
		<u>Стандартные изделия</u>		
1		Щит ЩШМ-ЗД-1-1000х600х500	1	
2		DIN-рейка	1,8	м
3		Угольник УР15 ТКЗ-246-90	2	
		УХЛ3.1 ОСТ 36.13-90		
		<u>Прочие изделия</u>		
4	SF1	Выключатель АЕ203ЗМ-20Н-20УЗ-А 660 В, 50 Гц, 16 А, 12In ТУ16-522.148-80	1	
5	SA1	Кнопка поворотная NEF30-Рсс. I-0-II (stable/stable/stable), красный, ХУ, ХУ	1	
6	QF1	Выключатель ВА 47-29-ЗР-В, 400 В, 50 Гц, 40 А ТУ-2000 АГМЕ.641.235.003	1	
7	QF2...QF4	ВА 47-29-ЗР-В, 400 В, 50 Гц, 2 А	3	
<b>02.49.020.15-АТХ</b>				
<i>Проектирование САУ насосной станции водоснабжения поселка с разработкой программы автоматического заполнения граф перечня элементов щита автоматики</i>				
<i>Изм.</i>	<i>Кол-во/Лист</i>	<i>М/Лок</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Кузнец Е.А.</i>			
<i>Руковод</i>	<i>Яковлевская Е.С.</i>			
<i>Консульт.</i>	<i>Яковлевская Е.С.</i>			
<i>Зав.каф.</i>	<i>Гиршцикия</i>			
<b>Насосная станция</b>			<i>Стадия</i>	<i>Лист</i>
<b>Щит автоматики.</b>			<b>С</b>	<b>6</b>
<b>Общий вид</b>			<b>Листов</b>	<b>5</b>
			<b>БГАТУ</b>	
			<b>114050</b>	

Формат А4

Рис. 10.4. Перечень элементов

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
8	QF5	ВА 47-29-3P-B, 400 В, 50 Гц, 16 А	1		
9	PV1	Вольтметр М42301, непосредственный способ включения, 0...10 В	1		
10	UZ1	Преобразователь частоты Hitachi SJ100-075HFE	1		
11	A1	Базовый модуль FX2N-32 MR-ES/UL 141274	1		
12	A2	Панель оператора GDT1000	1		
13	KM1...KM4	Пускатель магнитный ПМЛ-1160М Б, 220 В, 50 Гц ТУ-У-3.11-05814256-097-97	4		
14	HL1	Светодиодная индикаторная лампа СКЛ 14. В-Л-2-220, зеленый ЕНСК.433137.014 ТУ	1		
15	HL2...HL5	Светодиодная индикаторная лампа СКЛ 14. В-Л-2-24, зеленый ЕНСК.433137.014 ТУ	4		
16	HL6...HL8	Светодиодная индикаторная лампа СКЛ 14. В-Л-2-24, красный ЕНСК.433137.014 ТУ	3		
17	KK1...KK3	Реле электротепловое таковое РТЛ-1006 04, In=0.95-1.6 А ТУ-16-523549-82	3		
18	XT1...XT4	Блок зажимов Б324-П16-В/ВУЗ-10	4		
19		Рамка 66x26	11		
<u>Материалы</u>					
20		Провод ПВЗ, 1, красный, ГОСТ 6323-79	23,4	м	
21		Провод ПВЗ, 1, черный, ГОСТ 6323-79	17,2	м	
22		Провод ПВЗ, 2,5, красный, ГОСТ 6323-79	14,4	м	
23		Провод ПВЗ, 16, черный, ГОСТ 6323-79	11,2	м	
				Лист	
				7	
Изм.	Колич.	Лист	Мож.	Подпись	Дата
02.49.020.15-АТХ					
Формат А4					

щита автоматики

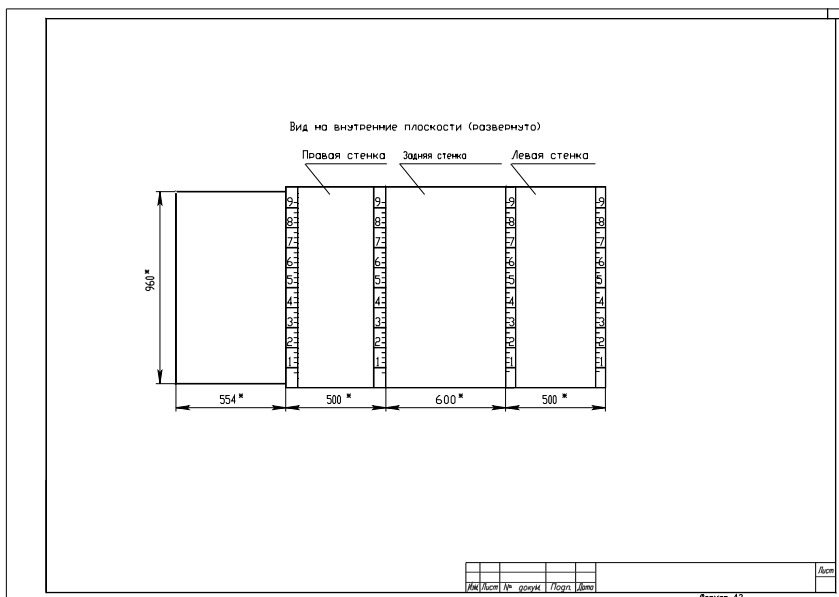


Рис. 10.5. Шаблон для формирования развертки щита автоматики

**Введите количество автоматических выключателей по величинам** [X]

Величина автоматического выключателя:

1-я:

2-я:

3-я:

AB 3-й величины допустима установка только до 2-х

Способ крепления: скоба или DIN-рейка

DIN-рейка

Рис. 10.6. Запрос об устанавливаемых в щит автоматических выключателях

**Определите конфигурацию контроллера** [X]

Питание контроллера:

24 В

220 В

Модель контроллера:

AL2-10       AL2-14

Количество реле:

Рис. 10.7. Запрос об устанавливаемых в щит контроллере и аксессуарах



**Введите количество пускателей по величинам** [X]

Величина магнитного пускателя:

1-я:

2-я:

Наличие теплового реле:

Есть реле

Рис. 10.8. Запрос об устанавливаемых в щит магнитных пускателях

**Определите ряды блоков зажимов:** [X]

Ряды зажимов:

горизонтальный ряд зажимов

вертикальный ряд зажимов

Рис. 10.9. Запрос об устанавливаемых в щит рядах наборов зажимов

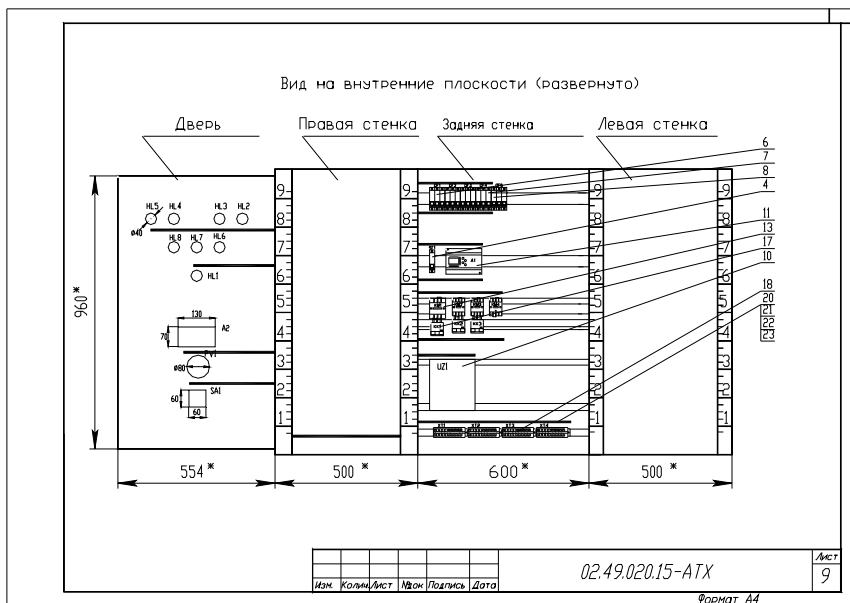


Рис. 10.10. Вид развертки щита автоматики

## **Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы**

1. На основании каких документов разрабатывают щит автоматики?
2. Каков состав документации на щиты автоматики?
3. Какой пакет САПР обеспечивает разработку документации на щиты автоматики?
4. Каковы принципы компоновки аппаратуры на фасадной плоскости щита автоматики?
5. Каковы принципы компоновки аппаратуры внутри щита автоматики?
6. Какие требования предъявляются к оформлению перечня элементов щита автоматики?
7. Какие требования предъявляются к оформлению вида спереди щита автоматики?
8. Какие требования предъявляются к оформлению вида на внутренние плоскости щита автоматики?
9. Какие требования предъявляются к оформлению таблицы надписей на табло и в рамках щита автоматики?
10. Каковы принципы формирования вида спереди щита автоматики в САПР?
11. Каковы принципы формирования вида на внутренние плоскости щита автоматики в САПР?
12. Каковы принципы формирования перечня элементов щита автоматики в САПР?

## Лабораторная работа № 11

### РАЗРАБОТКА ДОКУМЕНТАЦИИ НА НИЗКОВОЛЬТНОЕ КОМПЛЕКТНОЕ УСТРОЙСТВО

**Цель работы:** получить представление о конструкции низковольтного комплектного устройства (НКУ); усвоить основные принципы и порядок компоновки, требования к документации на НКУ; приобрести навыки разработки щитов НКУ.

#### **Задания для подготовки к занятию:**

1. Оформить протокол отчета, руководствуясь методикой выполнения лабораторной работы.

2. Разделить аппаратуру на устанавливаемую в НКУ на двери или панели для заданного варианта управления и заполнить таблицы исходных данных.

3. Изучить требования к оформлению документации на НКУ [4, с. 308–320] и ответить на вопросы для самоподготовки.

#### **Вопросы для самоподготовки:**

1. Для чего предназначены НКУ?

2. Какова конструкция щита НКУ?

3. Каков состав документации на НКУ?

4. Каков порядок компоновки НКУ?

5. Какие исходные данные нужно знать для компоновки аппаратуры в НКУ?

6. Какие пакеты САПР можно использовать для разработки документации на НКУ? Каковы достоинства и недостатки этих пакетов?

#### **Задания:**

1. В соответствии с заданным вариантом (табл. 11.1) заполнить таблицы исходных данных для компоновки НКУ (табл. 11.2 и 11.3).

2. В соответствии с данными заполненных табл. 11.2 и 11.3 произвести компоновку в НКУ, выбрав его типоразмер.

3. Оформить в САПР документацию на НКУ (общий вид НКУ и встраиваемой панели (панелей), таблицу данных аппаратов и таблицу надписей).

## Варианты заданий

Вариант	Аппаратурный состав НКУ	Вариант	Аппаратурный состав НКУ
1	2	3	4
1	<p>Управление пометоудалением:</p> <p>– внутри:</p> <p>блок Б5130-2874 (M1–M4) – 4 шт.;</p> <p>блок Б5130-3674 (M5) – 1 шт.;</p> <p>автоматический выключатель А63М – 1 шт.;</p> <p>реле времени ВС-33 (KT1, KT2) – 2 шт.;</p> <p>– на двери:</p> <p>переключатель ПКУЗ (SA1) – 1 шт.;</p> <p>кнопка КМЕ (SB1–SB11) – 11 шт.;</p> <p>арматура сигнальная АСЛ (HL1–HL7) – 7 шт.</p>	7	<p>Управление кормоприготовлением:</p> <p>– внутри:</p> <p>блок Б5130-3674 (M1–M2) – 2 шт.;</p> <p>автоматический выключатель А63М – 1 шт.;</p> <p>реле времени ВС-33 (KT1, KT2) – 2 шт.;</p> <p>реле промежуточное РП21 (K1–K5) – 5 шт.;</p> <p>– на двери:</p> <p>переключатель ПКУЗ (SA1) – 1 шт.;</p> <p>кнопка КМЕ (SB1–SB3) – 3 шт.;</p> <p>арматура сигнальная АСЛ (HL1–HL5) – 5 шт.</p>
2	<p>Управление кормораздачей:</p> <p>– внутри:</p> <p>блок Б5130-2874 (M1–M3) – 3 шт.;</p> <p>блок Б5130-3574 (M4) – 1 шт.;</p> <p>блок Б5130-3674 (M5) – 1 шт.;</p> <p>автоматический выключатель А63М – 1 шт.;</p> <p>реле промежуточное РП21 (K1, K2) – 2 шт.;</p> <p>– на двери:</p> <p>переключатель ПКУЗ (SA1) – 1 шт.;</p> <p>кнопка КМЕ (SB1–SB10) – 10 шт.;</p> <p>арматура сигнальная АСЛ (HL1–HL2) – 2 шт.</p>	8	<p>Управление котлоагрегатом:</p> <p>– внутри:</p> <p>блок Б5130-2874 (M1–M2) – 2 шт.;</p> <p>автоматический выключатель А63М – 1 шт.;</p> <p>реле времени ВС-33 (KT1, KT2) – 2 шт.;</p> <p>реле промежуточное РП21 (K1–K14) – 14 шт.;</p> <p>– на двери:</p> <p>переключатель ПКУЗ (SA1) – 1 шт.;</p> <p>кнопка КМЕ (SB1–SB4) – 4 шт.;</p> <p>арматура сигнальная АСЛ (HL1–HL14) – 14 шт.</p>

1	2	3	4
3	<p>Управление навозоудалением:</p> <p>– внутри:</p> <p>блок Б5130-2874 (M1–M2) – 2 шт.;</p> <p>блок Б5130-3574 (M3–M4) – 2 шт.;</p> <p>блок Б5130-3674 (M5) – 1 шт.;</p> <p>автоматический выключатель А63М – 1 шт.;</p> <p>реле времени ВС-33 (KT1, KT2) – 2 шт.;</p> <p>реле промежуточное РП21 (K1–K3) – 3 шт.;</p> <p>– на двери:</p> <p>переключатель ПКУЗ (SA1) – 1 шт.;</p> <p>кнопка КМЕ (SB1–SB10) – 10 шт.;</p> <p>арматура сигнальная АСЛ (HL1–HL4) – 4 шт.</p>	9	<p>Управление зерноочисткой:</p> <p>– внутри:</p> <p>блок Б5130-2874 (M1–M2) – 2 шт.;</p> <p>блок Б5130-3574 (M3–M4) – 2 шт.;</p> <p>блок Б5130-3674 (M5–M6) – 2 шт.;</p> <p>автоматический выключатель А63М – 1 шт.;</p> <p>реле промежуточное РП21 (K1–K3) – 3 шт.;</p> <p>– на двери:</p> <p>переключатель ПКУЗ (SA1) – 1 шт.;</p> <p>кнопка КМЕ (SB1–SB12) – 12 шт.;</p> <p>арматура сигнальная АСЛ (HL1–HL4) – 4 шт.</p>
4	<p>Управление кормораздачей:</p> <p>– внутри:</p> <p>блок Б5130-2874 (M1) – 1 шт.;</p> <p>блок Б5130-3574 (M2) – 1 шт.;</p> <p>блок Б5130-3674 (M3) – 1 шт.;</p> <p>автоматический выключатель А63М – 1 шт.;</p> <p>реле времени ВС-33 (KT1) – 1 шт.;</p> <p>реле промежуточное РП21 (K1–K7) – 7 шт.;</p> <p>– на двери:</p> <p>переключатель ПКУЗ (SA1) – 1 шт.;</p> <p>кнопка КМЕ (SB1–SB7) – 7 шт.;</p> <p>арматура сигнальная АСЛ (HL1–HL8) – 8 шт.</p>	10	<p>Управление кормоприготовлением:</p> <p>– внутри:</p> <p>блок Б5130-2874 (M1–M2) – 2 шт.;</p> <p>блок Б5130-3574 (M3–M4) – 2 шт.;</p> <p>блок Б5130-3674 (M5–M6) – 2 шт.;</p> <p>автоматический выключатель А63М – 1 шт.;</p> <p>реле промежуточное РП21 (K1–K6) – 6 шт.;</p> <p>– на двери:</p> <p>переключатель ПКУЗ (SA1) – 1 шт.;</p> <p>кнопка КМЕ (SB1–SB10) – 13 шт.</p>

1	2	3	4
5	Управление кормоприготовлением: – внутри: блок Б5130-2874 (М1–М6) – 6 шт.; автоматический выключатель А63М – 1 шт.; реле времени ВС-33 (КТ1) – 1 шт.; реле промежуточное РП21 (К1–К10) – 10 шт.; – на двери: переключатель ПКУЗ (SA1) – 1 шт.; кнопка КМЕ (SB1–SB7) – 7 шт.; арматура сигнальная АСЛ (HL1–HL10) – 10 шт.	11	Управление бункером активного вентилирования: – внутри: блок Б5130-2874 (М1–М2) – 2 шт.; блок Б5130-3674 (М3–М4) – 2 шт.; автоматический выключатель А63М – 1 шт.; реле промежуточное РП21 (К1–К7) – 7 шт.; – на двери: переключатель ПКУЗ (SA1) – 1 шт.; кнопка КМЕ (SB1–SB5) – 5 шт.
6	Управление водоподготовкой: – внутри: блок Б5130-3574 (М1–М4) – 4 шт.; автоматический выключатель А63М – 1 шт.; реле времени ВС-33 (КТ1, КТ2) – 2 шт.; реле промежуточное РП21 (К1–К12) – 12 шт.; – на двери: переключатель ПКУЗ (SA1) – 1 шт.; кнопка КМЕ (SB1–SB9) – 9 шт.; арматура сигнальная АСЛ (HL1–HL6) – 4 шт.	12	Управление микроклиматом: – внутри: блок Б5130-2874 (М1–М3) – 3 шт.; блок Б5130-3574 (М4–М6) – 3 шт.; автоматический выключатель А63М – 1 шт.; реле промежуточное РП21 (К1–К6) – 6 шт.; – на двери: переключатель ПКУЗ (SA1) – 1 шт.; кнопка КМЕ (SB1–SB12) – 13 шт.; арматура сигнальная АСЛ (HL1–HL8) – 8 шт.

## Методика выполнения работы

1. Согласно данным принципиальной электрической схемы разделить аппаратуру на устанавливаемую в НКУ и вне НКУ. Заполнить таблицы исходных данных для компоновки НКУ (табл. 11.2 и 11.3).

При заполнении табл. 11.2 использовать данные прилож. 6 (табл. П.6.2 и П.6.3). Вариант установки – согласно рис. П.6.1. Если вариантов установки несколько, необходимо выбрать наиболее простой.

При заполнении табл. 11.3 руководствоваться табл. П.6.1. Каждому аппарату на двери условно присвоить обозначение группы, в соответствии с которым проставить размеры между аппаратами в правой части табл. 11.3.

2. Рассчитать площадь монтажной зоны, занимаемой аппаратами НКУ, по формуле  $S_{\text{НКУ}} = \sum NHB$ . Согласно данным табл. П.6.6 или П.6.8 (в зависимости от вида НКУ) подобрать типоразмер НКУ. Учитывать зону, занимаемую зажимами (рис. П.6.2 или П.6.4).

Таблица 11.2

Исходные данные для компоновки аппаратуры, устанавливаемой внутри НКУ

Обозначение аппарата	Количество $N$	Зона аппарата				Вариант установки
		$H$	$H1$	$H2$	$B$	

Таблица 11.3

Исходные данные для компоновки аппаратуры, устанавливаемой на двери

Обозначение аппарата	Количество аппаратов	Группа аппарата	Размеры между аппаратами		
			1	2	3
1					
2					
3					

3. Запустив CADElectro Energy, открыть проект, а в нем – схему расположения (внутренний монтаж). Передать рисунок в AutoCAD, используя команду **Проект\Экспорт текущего листа в dxf...**

4. Загрузить AutoCAD, используя шаблон Щит\_НКУ. Сохранить новый рисунок. Открыть переданный файл чертежа расположения (расширение \*.dxf), скопировать вид панели и двери в сохраненный рисунок. Откорректировать масштаб отображения (обычно 1:5 или 1:10) и компоновку аппаратов. Если аппараты соответствуют раз-

мерам монтажной зоны, то их изображения можно помещать рядом (рис. 11.1).

5. Нанести на чертеж условные линии реек крепления, переключив тип линии на штрихпунктирный при помощи инструмента переключения типов линий на панели свойств (рис. 11.2). Если в списке нет нужного типа, воспользоваться строкой списка Other... для вызова диалогового окна Linetype Manager и нажать на кнопку Load..., чтобы загрузить необходимый тип линии. Затем выделить его в списке и использовать кнопку Current для установки в качестве текущего. В дальнейшем достаточно выбрать нужный тип через панель свойств.

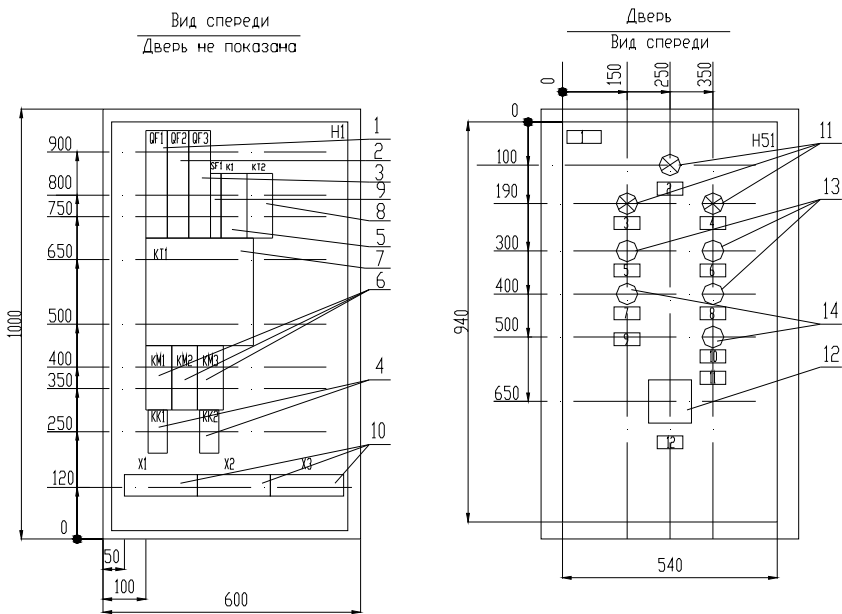


Рис. 11.1. Общий вид ящика

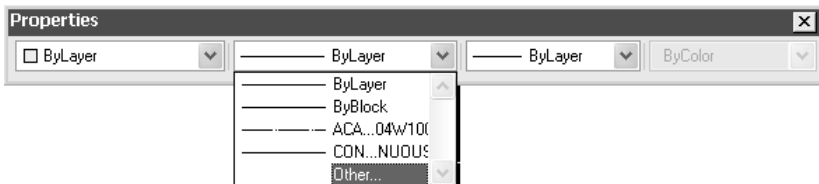



Рис. 11.2. Панель свойств примитивов



6. Нанести необходимые координирующие и габаритные размеры. Габаритные размеры сформировать с помощью команды **DIMLINEAR**, вызываемой через меню **Dimension\Linear**, указав две точки габарита и местоположение размерной линии. В соответствии с выбранным масштабом настроить масштаб размерного текста, для этого воспользоваться модальным окном свойств, вызываемым командой **Properties**, или инструментом  стандартной панели инструментов, или сочетанием клавиш Ctrl+1. В окне, раскрыв список Primary Units (рис. 11.3), установить масштаб «5.0» или «10.0» в строке Dim scale linear и точность «0.0» отображения размера в строке Precision.

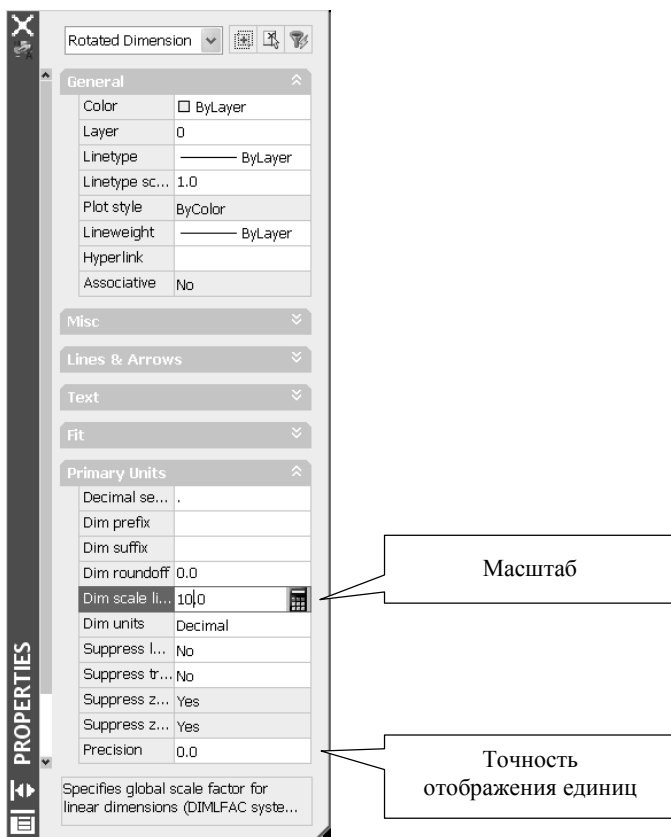


Рис. 11.3. Модальное окно свойств

Координирующий размер по вертикали проставить от базы (нижнего края полезной площади панели, или нижнего края ящика, или верхнего левого края двери) командой **DIMBASELINE**, вызываемой через меню **Dimension\Baseline**. Настройка стиля размера через модальное окно свойств также требуется. Настроить масштаб и точность, а в раскрывающемся списке **Lines & Arrows** снять первую стрелку: в строке **Arrow 1** выбрать **None**. Размерный текст поместить по примеру рис. 11.1.

7. Сформировать линии полок с позициями (команда **Line**). Линии полок не должны пересекать размерные.

8. Используя перечень элементов к принципиальной схеме, открытый в **CADElectro Energy**, сформировать на чертеже в **AutoCAD** таблицу данных аппаратов путем копирования необходимых записей.

9. Заполнить таблицу надписей.

Примеры таблиц показаны на рис. 11.4–11.6.

### **Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы**

1. Каково назначение и конструкция НКУ?
2. Каков состав документации на НКУ?
3. В чем состоят особенности размещения зажимов в НКУ?
4. В какой последовательности проектируют НКУ?
5. Каковы содержание и требования к оформлению чертежа общего вида НКУ?
6. Каковы содержание и требования к оформлению таблицы данных аппаратов и перечня надписей НКУ?
7. Какие пакеты САПР можно использовать при разработке документации на НКУ? Опишите их возможности.

10		10		30		24		80		8		8		
Панель	Надпись	Поз. обозначение	Место надписи	Текст		Кол.	Вид шрифта	Заголовок						
1	1		Табличка	Управление линией кормораздачи		1								
	2		Табличка	Авария: корм отсутствует		1								
	3		Табличка	Ограничитель вверху		1								
	4		Табличка	Ограничитель внизу		1								
	5		Табличка	Пуск		1								
	6		Табличка	Пуск вверх		1								
	7		Табличка	Стоп		1								
	8		Табличка	Транспортер		1								
	9		Табличка	Пуск вниз		1								
	10		Табличка	Стоп		1								
	11		Табличка	Ограничитель		1								
	12		Табличка	Режим работы: А О Р		1								
			На аппарате	QF1		1								
			На аппарате	QF2		1								
			На аппарате	QF3		1								
			На аппарате	SF1		1								
			На аппарате	K1		1								
			На аппарате	KT2		1								
			На аппарате	KT1		1								
			На аппарате	KM1		1								
			На аппарате	KM2		1								
			На аппарате	KM3		1								
02.49.005.15-35														
Изм.	Колич.	Лист	Итак	Подпись	Дата									
Разроб.								Студия	Лист	Листов				
Руковод.								С		1				
Консульт.														
Зав.каф.														
										БГАТУ N 1530015				
Формат А4														

Рис. 11.4. Перечень надписей

7		6		7		70		65			10	
20	8	ФОРМАТ	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.				
<u>Документация</u>												
A3					02.49.005.12-35	Чертеж общего вида	1					
A3					02.49.005.12-33	Схема принципиальная	1					
A4					02.49.005.12-35	Перечень подписей	1					
<u>Сборочные единицы</u>												
	1	Панель 1										
						Н1	1					
		1				Выключатель АЕ2033ММ-20Н-						
						20УЗ-А 380 В, 50 Гц, 16 А						
						12Н ТУ 16-522.148-80	1	QF1				
			2			Выключатель АЕ2033ММ-20Н-						
						20УЗ-А 380 В, 50 Гц, 5 А						
						12Н ТУ 16-522.148-80	1	QF2				
				3		Выключатель АЕ2033ММ-20Н-						
						20УЗ-А 380 В, 50 Гц, 8 А						
						12Н ТУ16-522.148-80	1	QF3				
				4		Реле электротепловое токовое						
						РТЛ-101004, I <sub>n</sub> =3.8-6.0 А						
						ТУ 16-523.549-82	2	KM1...KM3				
02.49.005.15-35												
Имя	Кол-во	Лист	Мягк	Подпись	Дата				Стадия			
Разраб.									С	1	2	
Руковод.						Щит управления - ЩИ Общий вид			БГАТУ N 1530015			
Консульт.												
Зав. каф.												

Формат А4

Рис. 11.5. Таблица данных аппаратов (лист 1)

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.										
							Изм.	Количество	Лист	Мягк	Подпись	Дата	Лист			
		5		Реле промежуточное РПД 220 В, 50 Гц												
				ТУ 16-664.001-83	1	К1										
		6		Пускатель магнитный ПМП-110004А												
				50 Гц 220 В												
				ТУ 16-664.001-83	3	КМ1, КМ2, КМ3										
		7		Реле времени 2РВМ УХЛ4, 220 В,												
				50 Гц 24 ч.	1	КТ1										
		8		Реле времени ВС-33-1 УХЛ4,												
				220 В, 50 Гц, 2-60 мин.												
				ТУ 16-647.026-86	1	КТ2										
		9		Выключатель Эльф-102-1/03, 220/380 В,												
				50 Гц, 3 А, ГОСТ 50345-92	1	SF1										
		10		Блок зажимов БЗ24-4П16-В/В УЗ	3	X1...X3										
				Н51	1											
		11		Арматура сигнальная АСП-12 У2												
				ТУ 16-535.681-71	3	HL1...HL3										
		12		Кнопка поворотная NEF30-Рсс, I-0-II												
				(stable/stable/stable), красная,												
				XY, XY Poland	1	SA1										
		13		Выключатель KE181УЗ,												
				исп. 2, зеленый												
				ТУ 16-642.015-84	3	SB2, SB4, SB5										
		14		Выключатель KE181УЗ,												
				исп. 2, красный												
				ТУ 16-642.015-84	2	SB1, SB3										
							02.49.005.15-35							Лист		
														2		
							Формат А4									

Рис. 11.6. Таблица данных аппаратов (лист 2)

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

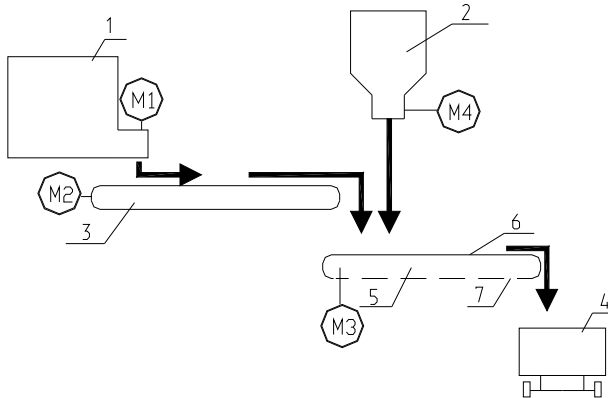
1. Агрегативно-декомпозиционная технология автоматизированного проектирования (ADT): описание применения : руководство пользователя. – М. : Consistent Software, 2007. – 119 с.
2. Мартыненко, И. И. Проектирование систем автоматики / И. И. Мартыненко, В. Ф. Лысенко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1990. – 243 с.
3. Дьяконов, В. П. Matlab 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6® в математике и моделировании / В. П. Дьяконов. – М. : СОЛОН-Пресс, 2005. – 576 с.
4. Якубовская, Е. С. Проектирование систем автоматизации : учебное пособие / Е. С. Якубовская. – Минск : БГАТУ, 2018. – 360 с.
5. Якубовская, Е. С. Проектирование систем автоматизации. Курсовое и дипломное проектирование : учебное пособие / Е. С. Якубовская. – Минск : БГАТУ, 2017. – 248 с.
6. Фурсенко, С. Н. Автоматизация технологических процессов : учебное пособие / С. Н. Фурсенко, Е. С. Якубовская, Е. С. Волкова. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2015. – 376 с.
7. Якубовская, Е. С. Автоматизация технологических процессов сельскохозяйственного производства. Курсовое и дипломное проектирование : учебное пособие / Е. С. Якубовская, С. Н. Фурсенко. – Минск : ИВЦ Минфина, 2016. – 312 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Варианты заданий к лабораторной работе № 1

*Вариант 1.* Линия раздачи кормов в коровнике (рис. П.1.1).



*Рис. П.1.1.* Технологическая схема линии раздачи кормов в коровнике:  
1 – питатель грубых кормов; 2 – питатель комбикорма; 3 – транспортер;  
4 – тележка для кормовых отходов; 5 – кормораздатчик цепочно-ленточный;  
6 – лента; 7 – цепь; 8 – мостик переходной

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

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

*Вариант 2.* Линия уборки помета из птичников (рис. П.1.2).

Пуск установки для уборки помета из птичника производится при кратковременном срабатывании контактов суточного реле времени. На рис. П.1.2 первая скреперная установка показана в рабочем состоянии, а вторая – в состоянии покоя.



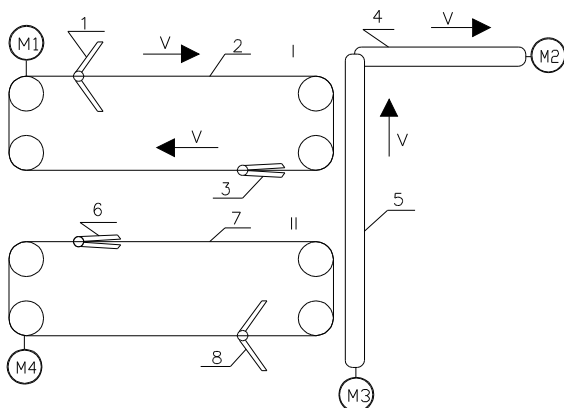


Рис. П.1.2. Технологическая схема уборки помета из птичника скреперными установками:

*I* – первая скреперная установка; *II* – вторая скреперная установка;

1, 3, 6, 8 – скреперы; 2, 7 – цепи тяговые;

4 – транспортер наклонный; 5 – транспортер сборный

В рабочем состоянии скрепер *1* движется вправо, и скребки его раскрываются, а скребки скрепера *3* складываются. Скрепер *1* убирает помет из помещения и подает его на сборный транспортер *5*. Скрепер *3* складывается и перемещается влево, в исходное положение. Скрепер *1* останавливается и с выдержкой времени начинает перемещаться влево. Скреперы *1* и *3* меняются местами, первый совершает холостой ход, а второй – рабочий. На рис. П.1.2 скреперная установка *II* показана в исходном нерабочем состоянии.

### Вариант 3. Линия запаривания картофеля (рис. П.1.3).

Линия запускается в работу вручную оператором с места ручной загрузки сборного транспортера *1* при наличии в водопроводе воды и пара в теплосети.

Производится загрузка транспортера *1*. Корнеплоды моются и загружаются в запарник. После загрузки запарника линия подачи корнеплодов отключается. Корнеплоды нагреваются до 102 °С, после чего запариваются в течение 18–20 мин. После запаривания корнеплодов подача пара в запарник *4* прекращается.

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

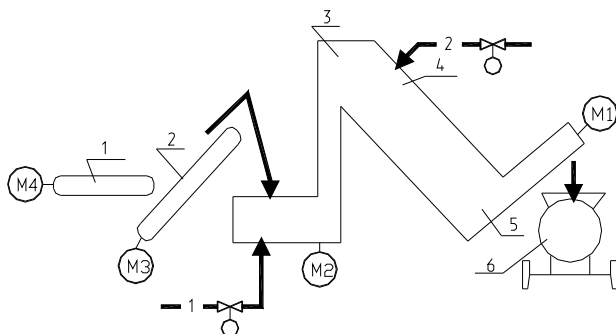


Рис. П.1.3. Линия запаривания картофеля:

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

**Вариант 4.** Линия раздачи кормосмеси в свиарнике (рис. П.1.4).

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

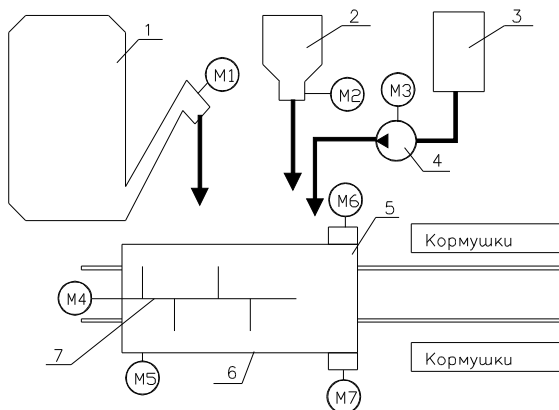
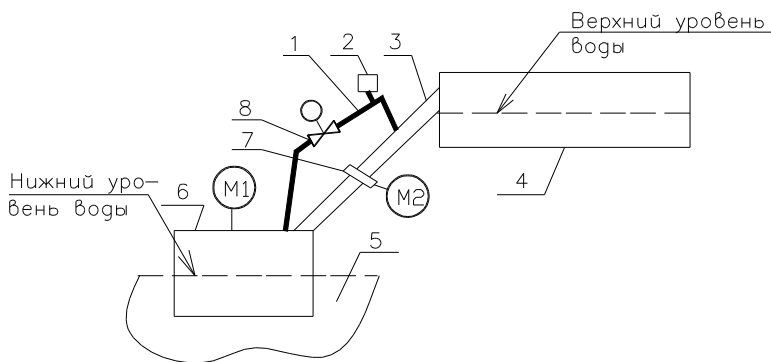


Рис. П.1.4. Технологическая схема раздачи корма в свиарнике:

1 – запарник-питатель картофеля; 2 – дозатор-питатель концкормов;  
3 – емкость для обрат; 4 – насос; 5 – устройство выгрузное;  
6 – раздатчик-смеситель кормов; 7 – мешалка; M5 – привод кормораздатчика

На рис. П.1.4 кормораздатчик показан в плане. Линия раздачи кормосмеси в свинарнике состоит из мобильного кормораздатчика и питателей-дозаторов мягкого картофеля, обрата и комбикормов.

*Вариант 5.* Линия перекачки воды (рис. П.1.5).



*Рис. П.1.5.* Технологическая схема перекачки воды:  
 1 – трубопровод перепускной; 2 – бак-аккумулятор;  
 3 – трубопровод напорный; 4 – сооружение водоприемное;  
 5 – водохранилище; 6 – агрегат насосный; 7 – задвижка;  
 8 – клапан перепускной

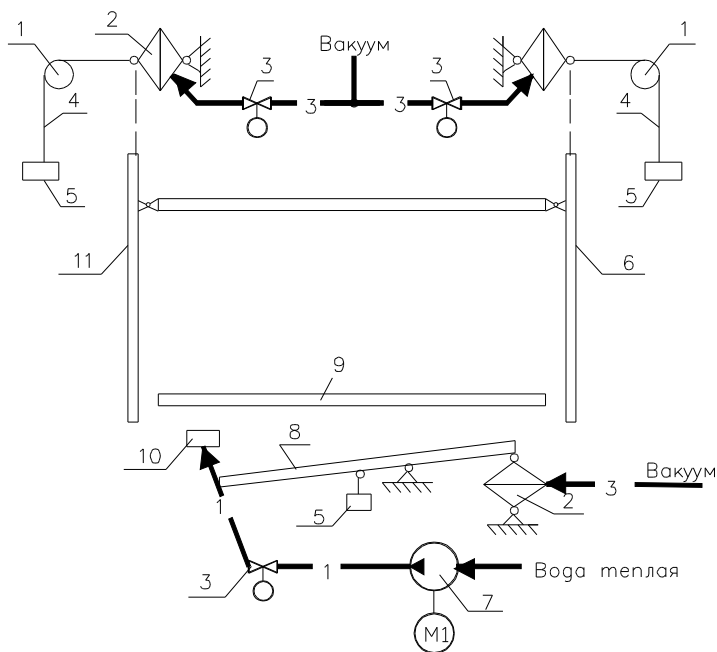
Насосные станции в мелиорации отличаются высокой подачей и большой мощностью. Насосные агрегаты устанавливаются на уровне воды.

Пуск насоса возможен при предварительной заливке его водой из бака-аккумулятора. Для облегчения пуска электродвигателя на напорных трубопроводах ставят электрифицированные задвижки 7. Насос запускается при закрытой задвижке, когда момент сопротивления воды минимальный. Задвижка открывается автоматически после разгона агрегата и установления заданного давления и так же автоматически закрывается при отключении электронасоса.

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

*Вариант 6.* Линия санобработки вымени (рис. П.1.6).

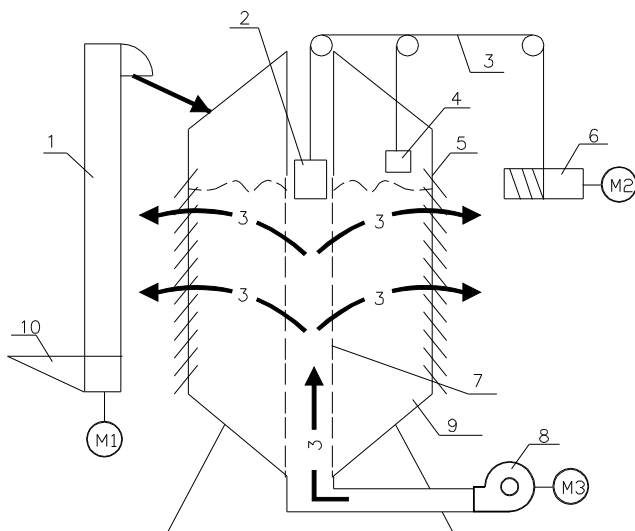
Установка предназначена для подмыва вымени коровы перед доением на доильной установке «карусель». Оператор открывает дверь нажатием на кнопку. Дверь открывается пневмоприводом при срабатывании клапана 3, в дальнейшем открывается автоматически. Корова заходит в проходной станок, и под действием груза 5 входная дверь закрывается. Срабатывает пневмопривод рычага 8, форсунка 10 подводится под вымя коровы, начинается подмывание вымени. Длительность этой операции определяется уставкой реле времени. Груз 5 возвращает рычаг в исходное положение, и выходная дверь открывается; корова выходит из проходного станка, и выходная дверь закрывается. Затем автоматически открывается входная дверь, и цикл санобработки вымени повторяется для следующей коровы.



*Рис. П.1.6.* Технологическая схема установки для санобработки вымени:

- 1 – ролики; 2 – пневмоприводы; 3 – клапаны; 4 – тросы;
- 5 – грузы; 6 – дверь выходная; 7 – насос водяной; 8 – рычаг;
- 9 – станок проходной; 10 – форсунка; 11 – дверь входная

*Вариант 7. Линия загрузки бункеров активного вентилирования зерна (рис. П.1.7).*



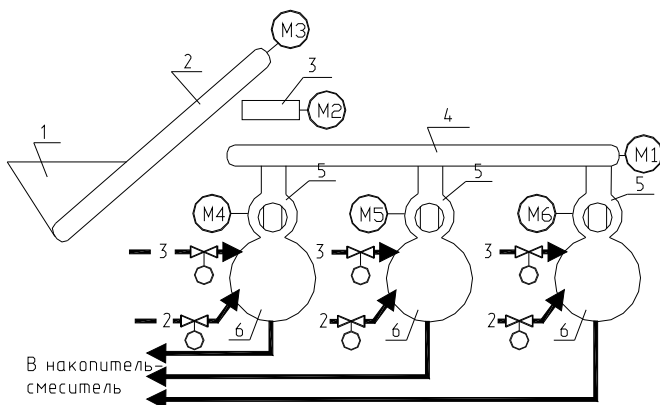
*Рис. П.1.7. Технологическая схема вентилирования зерна в бункерах активного вентилирования:*

- 1 – нория; 2 – заглушка; 3 – трос; 4 – датчик уровня зерна в бункере;*
- 5 – перфорированный наружный цилиндр бункера;*
- 6 – лебедка; 7 – шахта перфорированная; 8 – вентилятор;*
- 9 – бункер активного вентилирования; 10 – яма завальная*

Зерно привозится на автотранспорте в пункт обработки и сгружается в завальную яму *10*. Автоматически включается привод нории, и зерно перегружается в бункер. Заглушка *2* подымается лебедкой в крайнее верхнее положение, привод вентилятора отключается. После перегрузки всего зерна из завальной ямы и нории в бункер заглушка опускается до уровня загрузки бункера зерном, включается привод вентилятора *8*. Воздух проходит через перфорированные стенки бункера и слой зерна. При отсутствии зерна в бункере и при значении влажности воздуха, выносимого из слоя зерна, ниже 14 % влажности зерна или значении, равном ему, привод вентилятора отключается.

Если при перегрузке зерна из завальной ямы уровень его достигает 1-го предельного уровня, то оставшееся в бункере и нории зерно догружается в бункер и подается световая сигнализация о полной загрузке бункера, а включение нории блокируется.

*Вариант 8. Линия варки пищевых отходов (рис. П.1.8).*



*Рис. П.1.8. Технологическая линия варки пищевых отходов:*

1 – бункер завальный; 2 – транспортер; 3 – тряпкоуловитель; 4 – транспортер шиновой распределительный; 5 – клапаны барабанного типа; 6 – котлы варочные

Пищевые отходы доставляются на автотранспорте и сгружаются в завальный бункер. Если в теплосети имеется пар соответствующего качества и хотя бы один из клапанов 5 открыт, включается линия подачи пищевых отходов, состоящая из транспортеров 2, 4 и тряпкоуловителя 3, и загружает варочный чан пищевыми отходами. Клапан 5 закрывается, в чан подается пар, происходит запаривание пищевых отходов. После завершения запаривания (по временной программе) в чан подается сжатый воздух. Обработанные в температурном режиме пищевые отходы вытесняются в смеситель, клапан 5 открывается, и цикл обработки пищевых отходов повторяется. Линия работает, пока в завальной яме находятся пищевые отходы.

*Вариант 9. Автоматизация холодильной машины с поршневым компрессором (рис. П.1.9).*

Холодопроизводительность регулируется включением и отключением электродвигателя компрессора. При повышении температуры в камерах соленоидные вентили 1 и 2 открываются, при понижении – закрываются. Соленоидный вентиль 3 служит для предотвращения перетекания жидкого хладагента из конденсатора в испаритель; должен закрываться при остановке компрессора и открываться при его пуске. При низкой температуре в обеих камерах компрессор и насос отключаются. Кроме того, компрессор

должен отключаться, когда соответствующие параметры превышают предельно допустимые значения на линии всасывания и перепад давления в маслосистеме становится меньше допустимого (требуется автоматическая сигнализация). Однако при пуске компрессора в течение первых 50 с данная защита должна быть отключена. Уровень заполнения холодильных систем испарителя поддерживается по перепаду температур в точках *a* и *б* терморегулирующим вентилем 4.

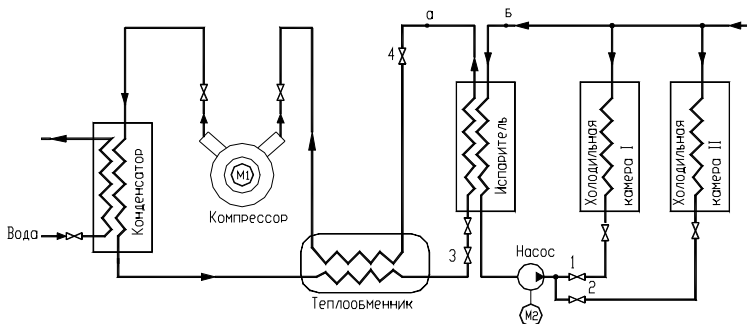


Рис. П.1.9. Технологическая схема холодильной машины:  
1–3 – вентили соленоидные; 4 – вентиль терморегулирующий

**Вариант 10.** Управление оборудованием картофелехранилища в основном режиме хранения (рис. П.1.10).

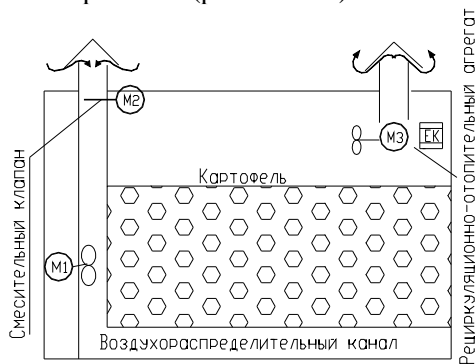


Рис. П.1.10. Технологическая схема картофелехранилища

В период хранения приточный вентилятор *M1* включается 4 раза в сутки для поддержания температуры в массе продукта. Сигнал на включение *M1* подается, если температура наружного воздуха меньше температуры в массе продукта на 2 °С–3 °С. Если температура в массе

за временной цикл работы  $M1$  не снижается, то  $M1$  продолжает работать, однако требуется защита от замораживания ( $M1$  не должен включаться при отрицательной температуре воздуха в воздухораспределительном канале). Температурой воздуха в воздухораспределительном канале управляет исполнительный механизм смесительного клапана, смешивающего наружный и внутренний воздух. При отключении  $M1$  клапан должен закрываться.

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

*Вариант 11.* Управление микроклиматом в ангарной теплице (рис. П.1.11).

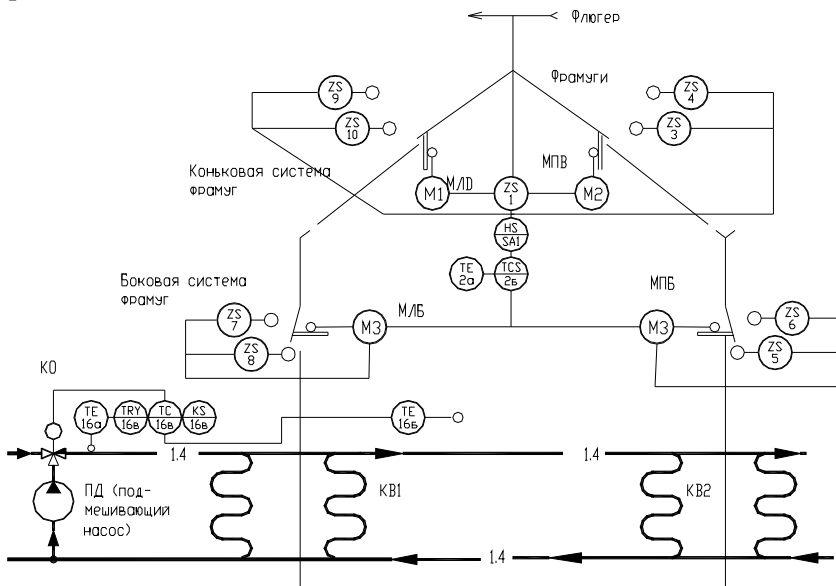


Рис. П.1.11. Технологическая схема ангарной теплицы

Управление температурой воздуха в теплице осуществляется при помощи двух групп водяных калориферов KB1 и KB2, коньковой и боковой систем форточек. Греющая вода из котельной подается в теплицу через клапан отопления КО. Открытие и закрытие верхней и боковой форточек вентиляции осуществляются при помощи исполнительных механизмов верхней левой МВЛ и правой МВП, а также боковых левой МБЛ и правой МБП систем вентиляции.



При отклонении температуры от заданной на  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  «шагами» открывается клапан отопления, на  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$  – включается аварийная сигнализация, на  $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$  – открывается правая верхняя форточка, на  $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$  – левая верхняя, на  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$  – правая боковая, на  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  – левая боковая, на  $+6\text{ }^{\circ}\text{C}$  – аварийная сигнализация. Подмешивающий насос работает, пока открыт клапан отопления.

*Вариант 12.* Автоматика безопасности котла (рис. П.1.12).

Предварительно залив в котел воду и обеспечив нормальные показания давления воздуха, пара, разряжения в топке, осуществляют пуск котла с помощью переключателя. Подается сигнал на открытие клапанов запальников и включение запального устройства. При получении сигнала о благополучном зажжении пламени должна быть вручную открыта подача газа, которая удерживается электромагнитным клапаном-отсекателем, и с выдержкой времени отключены клапаны запальников и запальное устройство. Если по каким-то причинам зажжения пламени не произошло в течение определенного времени, следует включить аварийную сигнализацию и обесточить устройства зажигания.

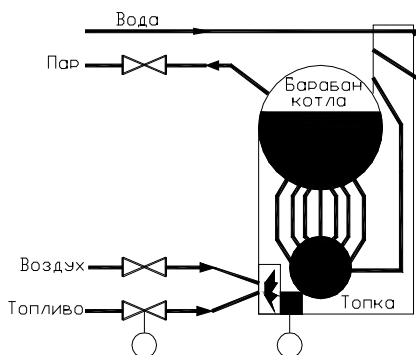


Рис. П.1.12. Технологическая схема котла

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

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Форма бланка задания на проектирование

#### ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Наименование системы управления \_\_\_\_\_

Область применения \_\_\_\_\_

Основание для разработки \_\_\_\_\_

Цель разработки \_\_\_\_\_

Стадии и этапы \_\_\_\_\_

Источники разработки \_\_\_\_\_

Режимы работы объекта \_\_\_\_\_

Условия эксплуатации системы управления \_\_\_\_\_

Технические требования к системе управления

Функции:

основные \_\_\_\_\_

дополнительные \_\_\_\_\_

Алгоритм функционирования \_\_\_\_\_

Алгоритм управления \_\_\_\_\_

Вид применяемой энергии \_\_\_\_\_

Параметры регулирования \_\_\_\_\_

Параметры управления \_\_\_\_\_

Параметры контроля \_\_\_\_\_

Параметры сигнализации \_\_\_\_\_

Требования к качеству переходных процессов \_\_\_\_\_

Требования к точности системы \_\_\_\_\_

Требования к надежности \_\_\_\_\_

Требования к безопасности \_\_\_\_\_

Предложения по размещению пунктов управления, щитов и пультов

Экономические показатели \_\_\_\_\_

Особые условия проектирования \_\_\_\_\_

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

### Варианты заданий к лабораторной работе № 5

1. Разработать и привести схему распределительной сети для САУ поточной линии по переработке кормов, которая состоит из дробилки (мощность привода  $P_n = 11$  кВт, коэффициент загрузки  $k_3 = 0,5$ ), элеватора ( $P_n = 4$  кВт,  $k_3 = 0,4$ ), транспортера ( $P_n = 4$  кВт,  $k_3 = 0,4$ ) и двух бункеров с заслонками (управление клапанами). Помимо автоматического управления предусматривается режим наладки. Принять КПД  $\eta_n = 0,85$ .

2. Разработать и привести схему распределительной сети для САУ раздачей кормов в коровнике, которая состоит из питателя грубых кормов ( $P_n = 2,8$  кВт,  $k_3 = 0,5$ ), питателя комбикорма ( $P_n = 0,7$  кВт,  $k_3 = 0,4$ ), транспортера ( $P_n = 3$  кВт,  $k_3 = 0,6$ ) и цепочно-ленточного кормораздатчика ( $P_n = 2,8$  кВт,  $k_3 = 0,7$ ). Помимо автоматического управления предусматривается режим наладки. Принять  $\eta_n = 0,85$ .

3. Разработать и привести схему распределительной сети для САУ уборкой помета, которая состоит из двух скреперных установок, работающих последовательно либо одновременно ( $P_n = 4,8$  кВт,  $k_3 = 0,5$ ), наклонного ( $P_n = 1,1$  кВт,  $k_3 = 0,4$ ) и сборного транспортеров ( $P_n = 1,7$  кВт,  $k_3 = 0,4$ ). Помимо автоматического управления предусматривается режим наладки. Принять  $\eta_n = 0,85$ .

4. Разработать и привести схему распределительной сети для САУ раздачей кормов в птичнике, которая состоит из питателя комбикорма ( $P_n = 0,7$  кВт,  $k_3 = 0,4$ ), распределительного транспортера ( $P_n = 1$  кВт,  $k_3 = 0,6$ ) и трех кормораздатчиков ( $P_n = 1,7$  кВт,  $k_3 = 0,7$ ). Помимо автоматического управления предусматривается режим наладки. Принять  $\eta_n = 0,85$ .

5. Разработать и привести схему распределительной сети для САУ линией запаривания картофеля, которая состоит из запарного чана с выгрузным шнеком ( $P_n = 1,1$  кВт,  $k_3 = 0,5$ ), мойки ( $P_n = 3$  кВт,  $k_3 = 0,5$ ), сборного ( $P_n = 1,1$  кВт,  $k_3 = 0,4$ ) и наклонного транспортеров ( $P_n = 1,1$  кВт,  $k_3 = 0,4$ ). Помимо автоматического управления предусматривается режим наладки. Принять  $\eta_n = 0,85$ .

6. Разработать и привести схему распределительной сети для САУ раздачей кормов на свиноводческих фермах, которая состоит из питателя корма ( $P_n = 4,5$  кВт,  $k_3 = 0,5$ ), наклонного ( $P_n = 1,7$  кВт,  $k_3 = 0,4$ ) и распределительного транспортеров ( $P_n = 1,7$  кВт,  $k_3 = 0,4$ ), передвижной платформы-кормораздатчика ( $P_n = 2,8$  кВт,  $k_3 = 0,7$ ).

Помимо автоматического управления предусматривается режим наладки. Принять  $\eta_n = 0,85$ .

7. Разработать и привести схему распределительной сети для САУ линией перекачки воды, которая состоит из водоприемного сооружения, напорного и перепускного трубопроводов и насосного агрегата (насос:  $P_n = 30$  кВт,  $k_3 = 0,9$ ). На напорном трубопроводе установлена задвижка с исполнительным механизмом ( $P_n = 1,1$  кВт,  $k_3 = 0,3$ ), на перепускном трубопроводе – клапан заливки ( $P_n = 3$  кВт,  $k_3 = 0,6$ ). Помимо автоматического управления предусматривается режим наладки. Принять  $\eta_n = 0,85$ .

8. Разработать и привести схему распределительной сети для САУ линией приготовления заменителя молока, которая состоит из конвейера ( $P_n = 1,1$  кВт,  $k_3 = 0,9$ ), накопителя-питателя ( $P_n = 0,7$  кВт,  $k_3 = 0,4$ ) и выпоечной машины (мешалка:  $P_n = 1,1$  кВт,  $k_3 = 0,7$ ; привод:  $P_n = 2,8$  кВт,  $k_3 = 0,7$ ). Помимо автоматического управления предусматривается режим наладки. Принять  $\eta_n = 0,85$ .

9. Разработать и привести схему распределительной сети для САУ линией разгрузки сенажа из сенажной башни, которая состоит из сенажной башни, где с помощью лебедки ( $P_n = 0,7$  кВт,  $k_3 = 0,6$ ) управляют швырялкой ( $P_n = 2,8$  кВт,  $k_3 = 0,5$ ) с фрезерным устройством ( $P_n = 5$  кВт,  $k_3 = 0,7$ ), и выгрузного транспортера ( $P_n = 2,8$  кВт,  $k_3 = 0,7$ ). Помимо автоматического управления предусматривается режим наладки. Принять  $\eta_n = 0,85$ .

10. Разработать и привести схему распределительной сети для САУ линией загрузки бункеров активного вентилирования, которая состоит из бункера с поршнем-заглушкой, управляемым лебедкой ( $P_n = 0,6$  кВт,  $k_3 = 0,5$ ), в бункер вентилятором подается воздух ( $P_n = 5,5$  кВт,  $k_3 = 0,8$ ), нориями – зерно ( $P_n = 2,8$  кВт,  $k_3 = 0,7$ ). Помимо автоматического управления предусматривается режим наладки. Принять  $\eta_n = 0,85$ .

11. Разработать и привести схему распределительной сети для САУ уборкой навоза в коровнике, которая состоит из сборного ( $P_n = 1,1$  кВт,  $k_3 = 0,5$ ) и наклонного транспортеров ( $P_n = 3$  кВт,  $k_3 = 0,6$ ) и вагонетки с электроприводом ( $P_n = 5,5$  кВт,  $k_3 = 0,7$ ). Помимо автоматического управления предусматривается режим наладки. Принять  $\eta_n = 0,85$ .

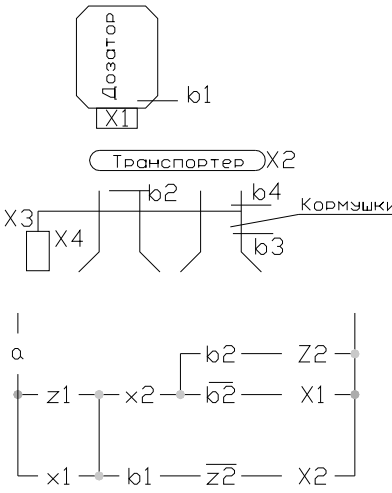
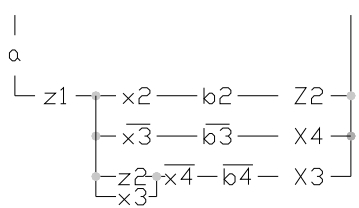
12. Разработать и привести схему распределительной сети для САУ воздухообменом в коровнике, которая состоит из двух вентиляторов ( $P_{n1} = 5,5$  кВт,  $k_{31} = 0,8$ ;  $P_{n2} = 22$  кВт,  $k_{32} = 0,7$ ), исполнительных механизмов жалюзи ( $P_n = 1,1$  кВт,  $k_3 = 0,4$ ) и задвижки на трубопроводе к водяному калориферу ( $P_n = 0,6$  кВт,  $k_3 = 0,7$ ). Помимо автоматического управления предусматривается режим наладки. Принять  $\eta_n = 0,85$ .

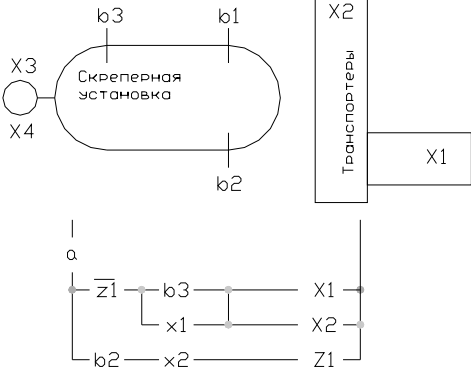
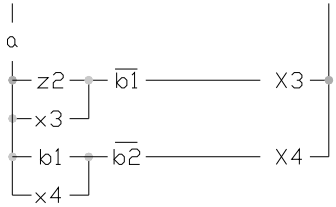
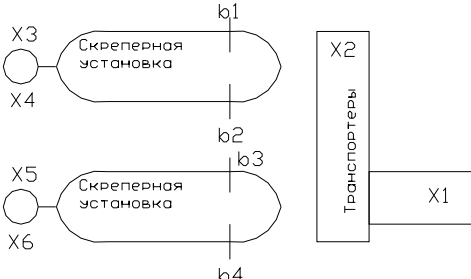
## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

### Варианты заданий к лабораторной работе № 6

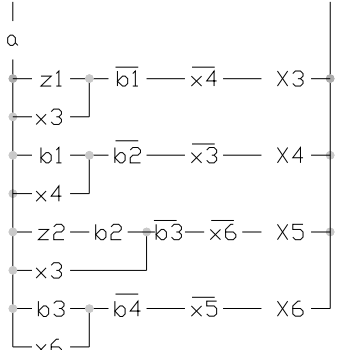
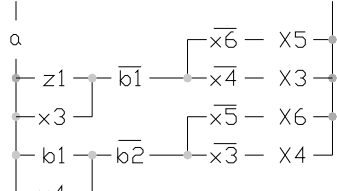
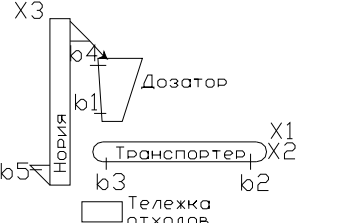
Разработать вариант управления установкой согласно структурной схеме управления (приведен только автоматический режим управления). Предусмотреть управление механизмами в автоматическом и ручном режимах, защиту электродвигателей и необходимую сигнализацию.

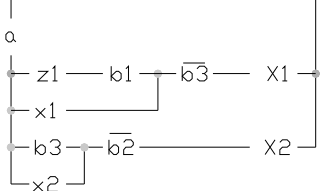
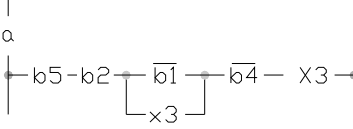
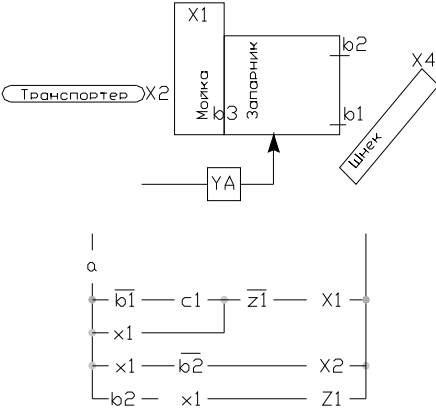
Вариант задания	Поясняющая схема
<p>1. Управление разгрузкой шахты</p>	<p><i>a</i> – контакт переключателя режимов; <i>b1–b3*</i> – датчики минимального, максимального и нижнего уровня зерна; <i>X1, X2</i> и <i>x1, x2</i> – катушки и контакты магнитных пускателей, управляющих электродвигателем разгрузочного устройства шахты (<math>P_n = 7,5</math> кВт) и нории (<math>P_n = 5,5</math> кВт); <i>Z1</i> и <i>z1</i> – катушка и контакт реле времени; <i>y</i> – контакт промежуточного реле</p>
<p>2. Управление исполнительным механизмом перекидного клапана, установленного на трубопроводе выгрузки зерна</p>	<p><i>a</i> – контакт переключателя режимов; <i>b1*</i> – датчик температуры зерна; <i>b3, b4</i> – конечные выключатели; <i>X1, X2</i> и <i>x1, x2</i> – катушки и контакты магнитного пускателя, управляющего перекидным клапаном (<math>P_n = 11</math> кВт)</p>

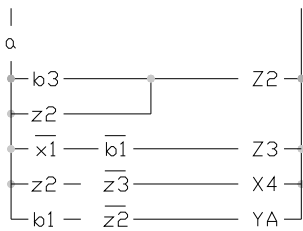
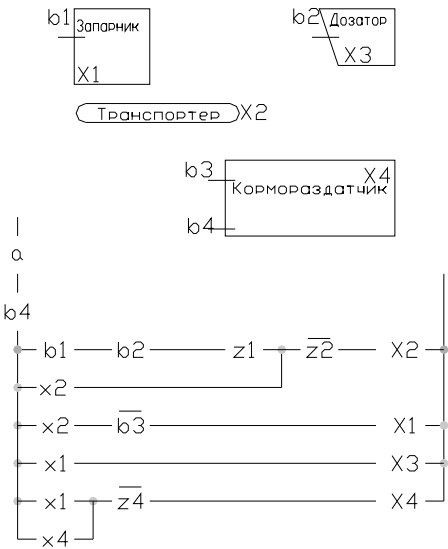
Вариант задания	Поясняющая схема
<p>3. Управление загрузкой кормушек в птичнике</p>	 <p><math>a</math> – контакт переключателя режимов; <math>b1^*</math> – датчик нижнего уровня корма в дозаторе; <math>b2</math> – датчик заполнения кормушек; <math>X1, X2</math> и <math>x1, x2</math> – катушки и контакты магнитных пускателей, управляющих исполнительным механизмом дозатора (<math>P_n = 5,5</math> кВт) и электродвигателем транспортера (<math>P_n = 15</math> кВт); <math>z1</math> – контакт суточного реле времени; <math>Z2</math> – катушка реле времени</p>
<p>4. Управление подъемным механизмом кормушек в птичнике. Технологическая схема процесса приведена в варианте 3</p>	 <p><math>a</math> – контакт переключателя режимов; <math>b1^*</math> – датчик нижнего уровня корма в дозаторе; <math>b2</math> – датчик заполнения кормушек; <math>b3, b4</math> – конечные выключатели; <math>x2</math> – контакт магнитного пускателя транспортера; <math>X3, X4</math> и <math>x3, x4</math> – катушки и контакты реверсивного магнитного пускателя, управляющего электродвигателем подъемного механизма (<math>P_n = 7,5</math> кВт); <math>z1</math> – контакт суточного реле времени; <math>Z2</math> – катушка реле времени</p>

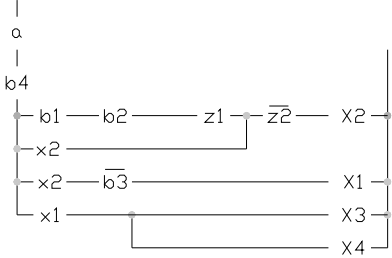
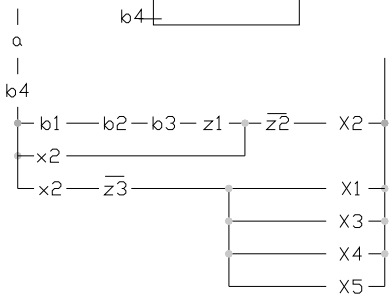
Вариант задания	Поясняющая схема
<p>5. Управление электродвигателями транспортеров удаления помета из птичника</p>	 <p><math>a</math> – контакт переключателя режимов; <math>b2^*</math>, <math>b3</math> – конечные выключатели; <math>X1</math>, <math>X2</math> и <math>x1</math>, <math>x2</math> – катушки и контакты магнитных пускателей, управляющих электродвигателями транспортеров (<math>P_H = 7,5</math> кВт); <math>z1</math> и <math>Z1</math> – катушка и контакт реле времени</p>
<p>6. Управление электродвигателем скреперной установки. Технологическая схема процесса приведена в варианте 5</p>	 <p><math>a</math> – контакт переключателя режимов; <math>b1^*</math>, <math>b2</math> – конечные выключатели; <math>X3</math>, <math>X4</math> и <math>x3</math>, <math>x4</math> – катушки и контакты реверсивного магнитного пускателя, управляющего электродвигателем скреперной установки (<math>P_H = 22</math> кВт); <math>z2</math> – контакт реле времени</p>
<p>7. Управление скреперной установкой, состоящей из двух скреперов</p>	

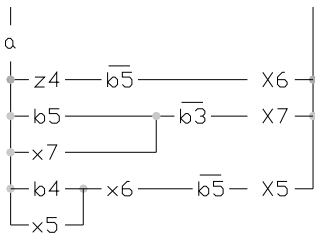
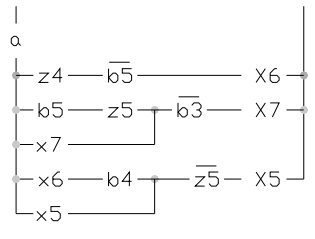
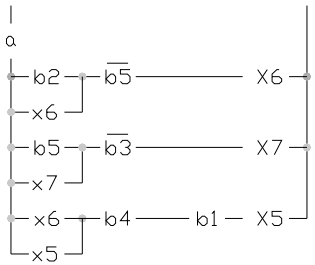


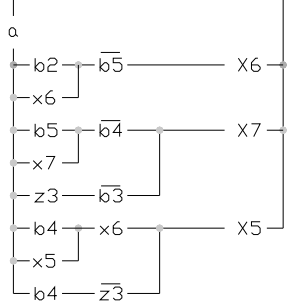
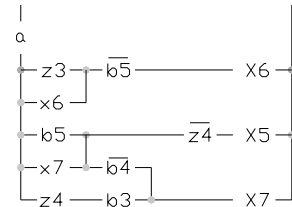
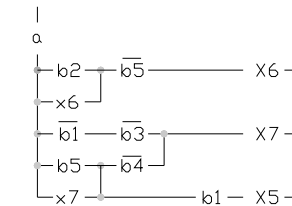
Вариант задания	Поясняющая схема
	 <p><math>a</math> – контакт переключателя режимов; <math>b1^*</math>, <math>b2-b4</math> – конечные выключатели; <math>X3-X6</math> и <math>x3-x6</math> – катушки и контакты реверсивных магнитных пускателей, управляющих электродвигателями скреперной установки (<math>P_H = 22</math> кВт); <math>z1, z2</math> – контакты реле времени</p>
<p>8. Управление скреперной установкой, состоящей из двух скреперов. Технологическая схема процесса приведена в варианте 7</p>	 <p><math>a</math> – контакт переключателя режимов; <math>b1^*</math>, <math>b2</math> – конечные выключатели; <math>X3-X6</math> и <math>x3-x6</math> – катушки и контакты реверсивных магнитных пускателей, управляющих электродвигателями скреперной установки (<math>P_H = 22</math> кВт); <math>z1</math> – контакт реле времени</p>
<p>9. Управление транспортером кормораздачи</p>	

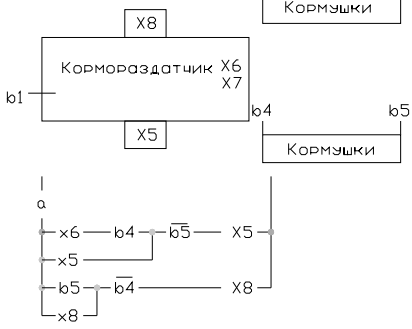
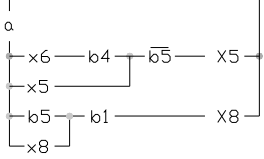
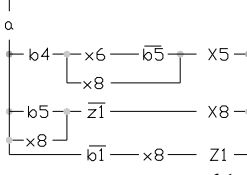
Вариант задания	Поясняющая схема
	 <p><math>a</math> – контакт переключателя режимов; <math>b1</math> – датчик уровня корма; <math>b2, b3</math> – конечные выключатели; <math>X1, X2</math> и <math>x1, x2</math> – катушки и контакты реверсивного магнитного пускателя, управляющих электродвигателем транспортера (<math>P_n = 11</math> кВт); <math>z1</math> – контакт реле времени</p>
<p>10. Управление норией загрузки дозатора кормораздатчика. Технологическая схема процесса приведена в варианте 9</p>	 <p><math>a</math> – контакт переключателя режимов; <math>b1, b4, b5</math> – датчики уровня; <math>b2^*</math> – конечный выключатель; <math>X3</math> и <math>x3</math> – катушка и контакт магнитного пускателя, управляющего электродвигателем нории (<math>P_n = 2,2</math> кВт)</p>
<p>11. Управление загрузкой запарника</p>	 <p><math>a</math> – контакт переключателя режимов; <math>b1^*, b2</math> – датчики уровня; <math>c1</math> – кнопочный выключатель; <math>X1, X2</math> и <math>x1, x2</math> – катушки и контакты магнитных пускателей, управляющих электродвигателями мойки (<math>P_n = 7,5</math> кВт) и транспортера (<math>P_n = 11</math> кВт); <math>Z1</math> и <math>z1</math> – катушка и контакт реле времени</p>

Вариант задания	Поясняющая схема
<p>12. Управление запариванием корма. Технологическая схема процесса приведена в варианте 11</p>	 <p><math>a</math> – контакт переключателя режимов; <math>b1</math> – датчик уровня; <math>b3^*</math> – датчик температуры; <math>X4</math> – катушка магнитного пускателя, управляющего электродвигателем шнека (<math>P_n = 5,5</math> кВт); <math>YA</math> – электромагнит подачи пара; <math>z2, z3</math> – контакты реле времени</p>
<p>13. Управление загрузкой кормораздатчика</p>	 <p><math>a</math> – контакт переключателя режимов; <math>b1^*, b2</math> – датчики уровня; <math>b3</math> – конечный выключатель; <math>X1-X4</math> и <math>x1-x4</math> – катушки и контакты магнитных пускателей, управляющих электродвигателями разгрузчика кормораздатчика (<math>P_n = 5,5</math> кВт), транспортера (<math>P_n = 7,5</math> кВт), дозатора комбикорма (<math>P_n = 2,2</math> кВт) и мешалки кормораздатчика (<math>P_n = 3</math> кВт); <math>z1-z4</math> – контакты реле времени</p>

Вариант задания	Поясняющая схема
<p>14. Управление загрузкой кормораздатчика. Технологическая схема процесса приведена в варианте 13</p>	 <p><math>a</math> – контакт переключателя режимов; <math>b1</math>–<math>b3</math> – датчики уровня; <math>b4^*</math> – конечный выключатель; <math>X1</math>–<math>X4</math> и <math>x1</math>–<math>x4</math> – катушки и контакты магнитных пускателей, управляющих электродвигателями разгрузчика запарника (<math>P_n = 5,5</math> кВт), транспортера (<math>P_n = 7,5</math> кВт), дозатора комбикорма (<math>P_n = 2,2</math> кВт) и мешалки кормораздатчика (<math>P_n = 3</math> кВт); <math>z1, z2</math> – контакты реле времени</p>
<p>15. Управление загрузкой кормораздатчика</p>	 <p><math>a</math> – контакт переключателя режимов; <math>b1</math>–<math>b3</math> – датчики уровня; <math>b4^*</math> – конечный выключатель; <math>X1</math>–<math>X5</math> и <math>x1</math>–<math>x4</math> – катушки и контакты магнитных пускателей, управляющих электродвигателями разгрузчика запарника (<math>P_n = 5,5</math> кВт), транспортера (<math>P_n = 7,5</math> кВт), дозатора комбикорма (<math>P_n = 2,2</math> кВт), мешалки кормораздатчика (<math>P_n = 3</math> кВт) и насоса подачи обраты (<math>P_n = 3</math> кВт); <math>z1</math>–<math>z3</math> – контакты реле времени</p>

Вариант задания	Поясняющая схема
<p>16. Управление кормораздачей. Технологическая схема процесса приведена в варианте 15</p>	 <p><math>a</math> – контакт переключателя режимов; <math>b3</math>–<math>b5^*</math> – конечные выключатели; <math>X5</math>–<math>X7</math> и <math>x5</math>–<math>x7</math> – катушки и контакты магнитных пускателей, управляющих электродвигателем выгрузного устройства (<math>P_n = 3</math> кВт) и движением кормораздатчика (<math>P_n = 30</math> кВт); <math>z4</math> – контакт реле времени</p>
<p>17. Управление кормораздачей. Технологическая схема процесса приведена в варианте 15</p>	 <p><math>a</math> – контакт переключателя режимов; <math>b3</math>–<math>b5^*</math> – конечные выключатели; <math>X5</math>–<math>X7</math> и <math>x5</math>–<math>x7</math> – катушки и контакты магнитных пускателей, управляющих электродвигателем выгрузного устройства (<math>P_n = 3</math> кВт) и движением кормораздатчика (<math>P_n = 30</math> кВт); <math>z4</math>, <math>z5</math> – контакты реле времени</p>
<p>18. Управление кормораздачей. Технологическая схема процесса приведена в варианте 15</p>	 <p><math>a</math> – контакт переключателя режимов; <math>b1</math>, <math>b2^*</math> – датчики уровня; <math>b3</math>–<math>b5</math> – конечные выключатели; <math>X5</math>–<math>X7</math> и <math>x5</math>–<math>x7</math> – катушки и контакты магнитных пускателей, управляющих электродвигателем выгрузного устройства (<math>P_n = 3</math> кВт) и движением кормораздатчика (<math>P_n = 30</math> кВт)</p>

Вариант задания	Поясняющая схема
<p>19. Управление кормораздачей. Технологическая схема процесса приведена в варианте 15</p>	 <p><i>a</i> – контакт переключателя режимов; <i>b2*</i> – датчик уровня; <i>b3–b5</i> – конечные выключатели; <i>X5–X7</i> и <i>x5–x7</i> – катушки и контакты магнитных пускателей, управляющих электродвигателем выгрузного устройства (<math>P_n = 3</math> кВт) и движением кормораздатчика (<math>P_n = 30</math> кВт); <i>z3</i> – контакт реле времени</p>
<p>20. Управление кормораздачей. Технологическая схема процесса приведена в варианте 15</p>	 <p><i>a</i> – контакт переключателя режимов; <i>b3–b5*</i> – конечные выключатели; <i>X5–X7</i> и <i>x5–x7</i> – катушки и контакты магнитных пускателей, управляющих электродвигателем выгрузного устройства (<math>P_n = 3</math> кВт) и движением кормораздатчика (<math>P_n = 30</math> кВт); <i>z3, z4</i> – контакты реле времени</p>
<p>21. Управление кормораздачей. Технологическая схема процесса приведена в варианте 15</p>	 <p><i>a</i> – контакт переключателя режимов; <i>b1, b2*</i> – датчики уровня; <i>b3–b5</i> – конечные выключатели; <i>X5–X7</i> и <i>x5–x7</i> – катушки и контакты магнитных пускателей, управляющих электродвигателем выгрузного устройства (<math>P_n = 3</math> кВт) и движением кормораздатчика (<math>P_n = 30</math> кВт)</p>

Вариант задания	Поясняющая схема
<p>22. Управление выгрузным устройством кормораздатчика</p>	 <p><math>a</math> – контакт переключателя режимов; <math>b4, b5^*</math> – конечные выключатели; <math>X5, X6, X8</math> и <math>x5, x6, x8</math> – катушки и контакты магнитных пускателей, управляющих электродвигателем выгрузного устройства (<math>P_H = 3</math> кВт) и движением кормораздатчика вперед (<math>P_H = 30</math> кВт)</p>
<p>23. Управление выгрузным устройством кормораздатчика. Технологическая схема процесса приведена в варианте 22</p>	 <p><math>a</math> – контакт переключателя режимов; <math>b1^*</math> – датчик нижнего уровня; <math>b4, b5</math> – конечные выключатели; <math>X5, X6, X8</math> и <math>x5, x6, x8</math> – катушки и контакты магнитных пускателей, управляющих электродвигателем выгрузного устройства (<math>P_H = 3</math> кВт) и движением кормораздатчика вперед (<math>P_H = 30</math> кВт)</p>
<p>24. Управление выгрузным устройством кормораздатчика. Технологическая схема процесса приведена в варианте 22</p>	 <p><math>a</math> – контакт переключателя режимов; <math>b1</math> – датчик нижнего уровня; <math>b4, b5</math> – конечные выключатели; <math>X5, X6, X8</math> и <math>x5, x6, x8</math> – катушки и контакты магнитных пускателей, управляющих электродвигателем выгрузного устройства (<math>P_H = 3</math> кВт) и движением кормораздатчика вперед (<math>P_H = 30</math> кВт); <math>z1</math> – контакт реле времени</p>

*Примечание.* Прописной буквой ( $X, Z$ ) обозначается катушка (пускателя, реле времени), строчной ( $b, x, z$ ) – контакт (датчика, пускателя, реле времени); при наличии верхней черты ( $\bar{b}, \bar{x}, \bar{z}$ ) контакт нормально замкнут, при отсутствии ( $b, x, z$ ) – нормально разомкнут.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

### Исходные данные для компоновки аппаратов в щитах автоматики

#### *Рекомендуемые расстояния на фасадах щитов и пультов по РТМ 25-91-90*

Рекомендуемые расстояния до приборов от края щита и между приборами, устанавливаемыми на фасадах щитов, определены как минимальные расстояния из расчета обеспечения площади, необходимой для разводки и подключения внешних электрических, пневматических и гидравлических линий, возможности доступа к крепежным узлам и деталям и обеспечения достаточной прочности и жесткости фасадных панелей.

Под краем щита понимаются линии, ограничивающие переднюю плоскость каркаса щита справа и слева.

В табл. П.5.1 находят приборы, расстояния между которыми нужно рассчитать, и номера групп.

В табл. П.5.2 по вертикали и горизонтали расположены номера групп приборов. По вертикали – номера групп, *от* которых следует производить отсчет, по горизонтали – номера групп, *до* которых следует производить отсчет. С четырех сторон указаны рекомендуемые расстояния до приборов, расположенных соответственно справа, слева, сверху, снизу.

Расстояние между фланцами соседних приборов во всех случаях определяется от прибора с меньшим номером группы до прибора с большим номером.

Расстояние между осями приборов определяется следующим образом:

– между вертикальными осями: к значению, указанному в табл. П.5.2, следует прибавить соответственно справа и слева сумму значений *B* сочетаемых приборов из табл. П.5.1 (графа 5);

– между горизонтальными осями: к значению, указанному в табл. П.5.2, следует прибавить соответственно сверху или снизу сумму значений *H* сочетаемых приборов из табл. П.5.1 (графа 6).

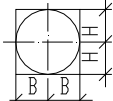
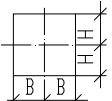
Рекомендуемые минимальные расстояния от края щита до оси крайнего прибора приведены в табл. П.5.1 (графа 4).

При расположении круглых приборов в шахматном порядке расстояние между горизонтальными осями следует принимать равным 0,8 от расстояния между вертикальными осями, определенного по табл. П.5.1 и П.5.2.



Таблица П.5.1

Рекомендуемые размеры монтажной зоны некоторых приборов, устанавливаемых на фасадах щитов

Наименование прибора	Тип	Группа	Расстояние от края щита до оси прибора, мм	Размеры прибора по фланцу, мм		Размеры монтажной зоны, мм				Обозначение монтажного чертежа
										
				B	H	B1	B2	H1	H2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Приборы вторичные</b>										
Милли- вольтметры	Ш 4500	14	180	100	50	110	110	50	50	ТМ4-614-81
	Ш 4501									
	Ш 69003	2	140	60	60	70	70	70	70	ТМ4-615-81
	КСУ1	7	180	80	100	110	110	100	100	ТМ4-618-81
	КСУ2	8	230	120	160	140	140	160	160	ТМ4-619-81
КСУ4	300		200	200	210	210	200	200	ТМ4-620-81	
Потенцио- метры	КСП1	7	180	80	100	110	110	100	100	ТМ4-618-81
	КСП2		220	120	160	140	1450	160	160	ТМ4-619-81
	КП140	17	150	70	70	100	80	100	100	ТМ4-622-81
	КСП-4	8	300	200	200	200	230	200	200	ТМ4-620-81
<b>Приборы регулирующие, блоки и элементы функциональных приборов регулирующих, регуляторы, работающие без постороннего источника энергии</b>										
Регуляторы разности температур	РТТ (во встраиваемом кожухе)	6	140	60	80	60	60	110	80	ТМ4-903-80
	РТТ (без встраиваемого кожуха)	6	140	45	75	60	60	75	75	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Регуляторы температуры	РТ-2А, РТ-2Б (во встроенном кожухе)	6	140	60	80	60	60	110	80		
	РРТ (во встраиваемом кожухе)	6	140	60	80	60	6	110	80		
Аппараты электрические на напряжение до 1000 В											
Переключатели типа «тумблер»	ТВ1-1	3	60	10	10	25	25	25	25	ТМ4-1212-75	
	ТВ1-2		60	8	8	20	20	20	20		ТМ4-1213-75
	ТВ1-4			60	8	8	15	15	15	15	
	ТВ2-1				60	8	8	15	15	15	15
	ТВ2-1-2		60	8		8	15	15	15	15	ТМ4-1214-73
ТП1-2	60	8		8	15	15	15	15	ТМ4-1214-73		
Выключатели (переключатели) пакетные		ПВ2-10	13	90	25	25	50	50		50	50
	ПВ3-10										
	ПП2-10										
	ПП3-10										
	ПВ2-25	100		45	45	65	65	65	65	ТМ4-1224-73	
	ПВ3-25										
	ПП2-25										
	ПП3-25										
Кнопки	КЕ-011	4	80	20	21	35	35	25	25	ТМ4-1148-73	
	КЕ-012					40	40			ТМ4-1149-73	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кнопочные посты	ПКЕ112-1	14	100	37	37	55	55	40	40	ТМ4-1159-75
	ПКЕ112-2			30	30			70	70	ТМ4-1160-75
Переключатель шести- пакетный малогаба- ритный	ПМО	15	120	35	36	75	75	75	75	ТМ4-1206-73
Универсаль- ный пере- ключатель	УП5300 с числом секций до 10	15	120	34	35	70	70	70	70	ТМ4-1215-73
	УП5300 с числом секций 10, 17, 18	16								
<b>Арматура сигнальная</b>										
Арматура сигнальная	АС-220	3	80	19	19	25	25	25	25	ТМ4-1117-73
	АС-53		70	19	34	20	20	20	55	ТМ4-1131-75
	АЕ		70	19	19	19	19	19	19	ТМ4-1133-75
	АМЕ		60	14	14	14	14	14	14	ТМ4-1132-76
Табло световое	ТСБ/2	1	100	55	23	55	55	23	23	ТМ4-1124-73
	ТСМ	1	80	28	23	28	28	23	23	ТМ4-1123-73

Таблица П.5.2

Рекомендуемые расстояния между приборами и средствами автоматизации на фасадах щитов

Группы приборов, от которых ведется отчет	Группы приборов, до которых ведется отчет									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2	—									
3	—	—								
4	—	—	—							
5	—	—	—	—						
6	—	—	—	—	—					
7	—	—	—	—	—	—				
8	—	—	—	—	—	—	—			
9	—	—	—	—	—	—	—	—		
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Группы приборов, от которых ведется отчет	Группы приборов, до которых ведется отчет									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	40 40 <input type="checkbox"/> 40 100	130 40 <input type="checkbox"/> 40 40	300 40 <input type="checkbox"/> 40 40	30 30 <input type="checkbox"/> 30 30	60 60 <input type="checkbox"/> 60 60	130 70 <input type="checkbox"/> 30 30	130 40 <input type="checkbox"/> 40 40	80 40 <input type="checkbox"/> 40 40	100 100 <input type="checkbox"/> 100 100	100 100 <input type="checkbox"/> 100 40
2	40 40 <input type="checkbox"/> 40 100	130 40 <input type="checkbox"/> 40 40	300 40 <input type="checkbox"/> 40 40	40 40 <input type="checkbox"/> 40 40	60 60 <input type="checkbox"/> 60 60	130 70 <input type="checkbox"/> 40 40	130 50 <input type="checkbox"/> 50 50	80 50 <input type="checkbox"/> 50 50	100 100 <input type="checkbox"/> 100 100	100 100 <input type="checkbox"/> 100 50
3	40 40 <input type="checkbox"/> 40 100	130 40 <input type="checkbox"/> 40 40	300 40 <input type="checkbox"/> 40 40	40 40 <input type="checkbox"/> 40 40	50 50 <input type="checkbox"/> 50 50	130 70 <input type="checkbox"/> 40 40	130 50 <input type="checkbox"/> 50 50	80 50 <input type="checkbox"/> 50 50	100 100 <input type="checkbox"/> 100 100	120 100 <input type="checkbox"/> 120 50
4	40 40 <input type="checkbox"/> 40 100	130 40 <input type="checkbox"/> 40 40	300 40 <input type="checkbox"/> 40 40	40 40 <input type="checkbox"/> 40 40	60 60 <input type="checkbox"/> 60 60	130 70 <input type="checkbox"/> 40 40	130 50 <input type="checkbox"/> 50 50	80 50 <input type="checkbox"/> 50 50	100 100 <input type="checkbox"/> 100 100	120 100 <input type="checkbox"/> 120 50
5	40 50 <input type="checkbox"/> 50 100	130 50 <input type="checkbox"/> 50 40	300 50 <input type="checkbox"/> 50 40	40 40 <input type="checkbox"/> 40 40	60 60 <input type="checkbox"/> 60 60	130 70 <input type="checkbox"/> 40 40	130 50 <input type="checkbox"/> 50 40	80 50 <input type="checkbox"/> 50 40	100 100 <input type="checkbox"/> 100 100	120 100 <input type="checkbox"/> 120 50
6	60 60 <input type="checkbox"/> 60 100	130 50 <input type="checkbox"/> 50 50	300 60 <input type="checkbox"/> 60 60	40 40 <input type="checkbox"/> 40 40	60 60 <input type="checkbox"/> 60 60	130 70 <input type="checkbox"/> 50 50	130 60 <input type="checkbox"/> 60 50	100 60 <input type="checkbox"/> 60 60	100 100 <input type="checkbox"/> 100 100	120 100 <input type="checkbox"/> 120 50
7	60 60 <input type="checkbox"/> 60 100	130 60 <input type="checkbox"/> 60 60	300 60 <input type="checkbox"/> 60 60	40 60 <input type="checkbox"/> 60 40	70 70 <input type="checkbox"/> 70 70	130 70 <input type="checkbox"/> 40 40	130 60 <input type="checkbox"/> 60 60	80 40 <input type="checkbox"/> 60 50	100 100 <input type="checkbox"/> 100 100	120 150 <input type="checkbox"/> 120 70
8	60 60 <input type="checkbox"/> 60 100	130 60 <input type="checkbox"/> 60 60	300 60 <input type="checkbox"/> 60 60	40 60 <input type="checkbox"/> 60 40	70 70 <input type="checkbox"/> 70 70	130 60 <input type="checkbox"/> 60 60	130 60 <input type="checkbox"/> 60 60	80 40 <input type="checkbox"/> 70 50	100 100 <input type="checkbox"/> 100 100	120 150 <input type="checkbox"/> 120 70
9	60 60 <input type="checkbox"/> 60 120	130 40 <input type="checkbox"/> 40 40	300 40 <input type="checkbox"/> 40 40	50 40 <input type="checkbox"/> 40 50	60 60 <input type="checkbox"/> 60 80	130 70 <input type="checkbox"/> 40 60	130 60 <input type="checkbox"/> 60 60	100 50 <input type="checkbox"/> 50 50	100 100 <input type="checkbox"/> 100 100	120 150 <input type="checkbox"/> 120 60
10	60 60 <input type="checkbox"/> 60 200	130 40 <input type="checkbox"/> 40 100	300 40 <input type="checkbox"/> 40 100	40 40 <input type="checkbox"/> 40 100	60 60 <input type="checkbox"/> 60 150	130 70 <input type="checkbox"/> 40 100	130 60 <input type="checkbox"/> 60 60	80 50 <input type="checkbox"/> 70 100	100 100 <input type="checkbox"/> 100 230	120 150 <input type="checkbox"/> 120 100

Группы приборов, от которых ведется отчет	Группы приборов, до которых ведется отчет									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
11	$50 \frac{100}{100} 50$	$50 \frac{230}{50} 50$	$50 \frac{450}{50} 50$	$50 \frac{100}{50} 50$	$50 \frac{50}{80} 50$	$70 \frac{230}{50} 50$	$60 \frac{250}{60} 60$	$60 \frac{100}{60} 60$	$200 \frac{160}{100} 100$	$100 \frac{250}{50} 100$
12	–	$40 \frac{130}{130} 40$	$40 \frac{300}{130} 40$	$40 \frac{40}{130} 40$	$60 \frac{60}{160} 60$	$70 \frac{130}{130} 40$	$50 \frac{150}{150} 50$	$60 \frac{80}{130} 60$	$100 \frac{100}{230} 100$	$120 \frac{150}{130} 120$
13	–	–	$40 \frac{300}{300} 40$	$40 \frac{40}{300} 40$	$60 \frac{60}{300} 60$	$40 \frac{130}{300} 100$	$60 \frac{150}{300} 60$	$60 \frac{80}{300} 60$	$100 \frac{100}{380} 100$	$120 \frac{150}{300} 120$
14	–	–	–	$40 \frac{0}{0} 40$	$60 \frac{60}{60} 60$	$70 \frac{130}{40} 40$	$50 \frac{150}{50} 50$	$60 \frac{100}{60} 60$	$100 \frac{100}{100} 100$	$120 \frac{150}{60} 120$
15	–	–	–	–	$60 \frac{60}{60} 60$	$120 \frac{130}{50} 50$	$60 \frac{160}{60} 60$	$60 \frac{100}{60} 60$	$140 \frac{140}{140} 140$	$150 \frac{150}{60} 150$
16	–	–	–	–	–	$60 \frac{130}{130} 60$	$50 \frac{160}{130} 50$	$50 \frac{100}{130} 80$	$100 \frac{100}{200} 160$	$180 \frac{150}{130} 180$
17	–	–	–	–	–	–	$60 \frac{100}{160} 60$	$60 \frac{100}{150} 60$	$100 \frac{100}{220} 100$	$120 \frac{150}{150} 120$
18	–	–	–	–	–	–	–	$70 \frac{70}{70} 70$	$100 \frac{100}{160} 100$	$120 \frac{150}{80} 120$
19	–	–	–	–	–	–	–	–	$130 \frac{130}{130} 130$	$180 \frac{230}{100} 180$
20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	$240 \frac{160}{130} 240$

Если рассчитанного расстояния между осями приборов недостаточно для размещения надписей или прокладки пакетов (жгутов) проводов или труб, его нужно увеличить до требуемого.

Рамки для надписи (шильдики) рекомендуется устанавливать на расстоянии 15–20 мм от фланца прибора. Для крупногабаритных приборов это расстояние может быть увеличено.

При расчете места для пакетов жгутов проводов или труб диаметр провода по изоляции принимается равным 3,4 мм, а диаметр труб – по фактическим их размерам.

В технически обоснованных случаях допускается сокращать расстояния между приборами, приведенными в табл. П.5.2. Например, при сочетании крупногабаритных приборов с малогабаритными, что увеличивает жесткость панели.

### **Монтажные зоны аппаратов, устанавливаемых в щитах и в стивах, по ОСТ 36.13–90**

На рис. П.5.1 показаны варианты установки электроаппаратуры. Монтажная зона аппарата, способ установки, количество однотипных аппаратов, устанавливаемых в одном ряду, даны в табл. П.5.3 и определяются ТМЗ-13–90.

На рис. П.5.2 показаны варианты установки блоков зажимов. Монтажная зона аппарата, способ установки, количество однотипных аппаратов, устанавливаемых в одном ряду, даны в табл. П.5.4 и определяются ТМЗ-165–90.

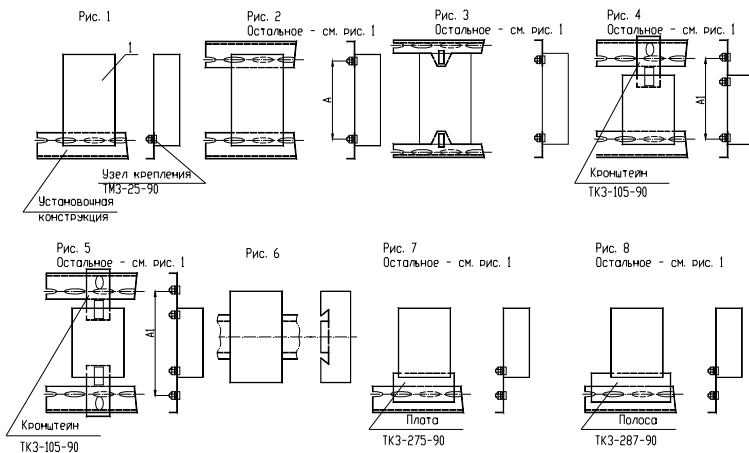


Рис. П.5.1. Варианты установки электроаппаратуры

Таблица П.5.3

Монтажные зоны аппаратов, устанавливаемых в щитах

Условное наименование		Рисунок	Аппарат (поз. 1)	Установочная конструкция	Монтажная зона аппарата, мм		Габаритные и установочные размеры аппарата, мм										Максимальное количество однотипных аппаратов в ряду											
															ЩШМ (задняя стенка)	ЩП, ЩПК, С, СП						Рама поворотная РП для щита						
					L	B	h min	h max	h1 min	h1 max	L1	H	B1	A		A1 min	A1 max	400	600	600	800		1000	600	800	800/1000		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			
1	2, 4	Реле	БРЭ-1	TK3-285-90	160	74	140	200	155	134	257	74	230	244	287	-	1	2	3	4	5	4	5	4	5			
2				TK3-286-90	85	75	60	60	67	56	75	-	3	5	6	5	4	1	2	3	4	5	4	5	4	5		
3	1	Реле	РТТ-11, РТТ-111	TK3-285-90	120	76	65	65	91	64	75	-	-	-	-	-	1	2	3	4	5	4	5	4	5			
4				TK3-286-90	85	75	60	60	67	56	75	-	3	5	6	5	4	1	2	3	4	5	4	5	4	5		
5	1	Реле	РТТ-21, РТТ-211	TK3-285-90	120	76	65	65	91	64	75	-	-	-	-	-	1	2	3	4	5	4	5	4	5			
6				TK3-286-90	85	75	60	60	67	56	75	-	3	5	6	5	4	1	2	3	4	5	4	5	4	5		



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26															
7	2, 4		РТЗ-51, переднее присоединение проводов	TK3-285-90		181	90		90	240	90	152	131	125	139	179	-	-	-	-	3	5	3	5																
8				TK3-286-90													-	-	3	-	-	5																		
9			РТЗ-51, заднее присоединение проводов	TK3-285-90	105	250	90	240	90	240	152	131	179	139	125	139	179	-	-	-	-	4	6	-	-	5/6														
10				TK3-286-90		181												250	-	-	4	-	-	5/6																
11			РТ-40, переднее присоединение проводов	TK3-285-90	140	158	85	145	85	250	138	158	184	144	130	144	184	-	-	-	-	3	4	3	-	-														
12				TK3-286-90														250	85	85	88	138	130	144	-	-	-	2	-	-	-	3	-	-	-	4	-	-	-	-
13	5	РТ-40, заднее присоединение проводов	TK3-285-90	90	240	105	80	260	128	158	265	225	211	80	80	184	-	-	-	-	5	7	5	-	5/7															
14			TK3-286-90														158	240	80	128	211	80	184	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-	-	7	-	-	-	-	
15			TK3-285-90														158	240	80	128	211	80	184	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-	-	7	-	-	-	-	
16	2, 4	Реле	РТ-40/Д, РТ-40/Ф, РТ-40/Р1, РТ-40/Р5, переднее присоединение проводов	TK3-285-90	250	170	130	190	130	206	232	211	170	225	211	265	-	-	-	-	1	2	1	-	2															
17				TK3-286-90													170	130	190	130	206	232	211	170	225	211	265	1	2	1	-	-	-	-	1	2	1	-	2	
18			РТ-40/1Д, РТ-40/Ф, РТ-40/Р1, РТ-40/Р5, заднее присоединение проводов	TK3-285-90	230	300	145	190	300	120	179	218	165	219	176	165	219	-	-	-	-	2	2	-	-	2														
19				TK3-286-90														170	145	190	300	120	179	218	165	219	176	165	219	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	2
20				TK3-285-90														170	145	190	300	120	179	218	165	219	176	165	219	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	2
21	TK3-286-90	170	145	190	300	120	179	218	165	219	176	165	219	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	2																



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26													
37	6	2, 4	BC-33-1	TK3-177-90	50	125	65	125	65	65	45	70	125	-	74	114	-	-	-	-	-	8	12	8	12	12												
38				TK3-278-90													TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-277-90	TK3-278-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-277-90	TK3-278-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90
39	2, 4			BC-43-6	TK3-285-90									145	135		90	135	80	75	55	120	123	-	100	154	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
40					TK3-286-90																						TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-277-90	TK3-278-90	TK3-285-90	TK3-286-90
45	2, 4	2, 4	BC-44-1, BC-44-2	TK3-285-90	220	125	65	125	65	65	120	75	110	65	79	104	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
46				TK3-286-90													TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-277-90	TK3-278-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-277-90	TK3-278-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90
47	2, 4	6	ВЛ-54, ВЛ-55	TK3-285-90	60	110	65	65	125	65	55	75	110	65	64	104	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
48				TK3-286-90													TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-277-90	TK3-278-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-277-90	TK3-278-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90
49	2, 4	2, 4		ВЛ-56, ВЛ-57, ВЛ-58	TK3-285-90												140	115	65	65	125	65	55	75	119	65	64	104	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50					TK3-286-90																								TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-277-90	TK3-278-90
51	2, 4	6	ВЛ-59	TK3-285-90	75	120	65	125	65	45	42	42	94	50	64	104	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
52				TK3-286-90													TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-277-90	TK3-278-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-277-90	TK3-278-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90
53	2, 4	2, 4		ВЛ-63-ВЛ69	TK3-285-90												60	95	45	60	120	60	45	70	100	-	74	114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
54					TK3-286-90																								TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-277-90	TK3-278-90
55	2, 4	6	РЭУ11	TK3-285-90	95	120	60	120	60	60	45	42	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
56				TK3-286-90													TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-277-90	TK3-278-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-277-90	TK3-278-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90
57	2, 4	1		ЕЛ-11, ЕЛ-12, ЕЛ-13	TK3-285-90												45	95	60	120	60	60	45	70	60	-	74	114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
61					TK3-286-90																								TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-277-90	TK3-278-90
62	2, 4	6	ЕЛ-11, ЕЛ-12, ЕЛ-13	TK3-285-90	45	120	60	120	60	60	45	70	100	-	74	114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
63				TK3-286-90													TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-277-90	TK3-278-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-277-90	TK3-278-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90
64	2, 4	1	ЕЛ-11, ЕЛ-12, ЕЛ-13	TK3-285-90	45	95	60	120	60	60	45	70	100	-	74	114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
65				TK3-286-90													TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-277-90	TK3-278-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-277-90	TK3-278-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90
66	2, 4	6	ЕЛ-11, ЕЛ-12, ЕЛ-13	TK3-285-90	45	120	60	120	60	60	45	70	100	-	74	114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
67				TK3-286-90													TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-277-90	TK3-278-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-277-90	TK3-278-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90
68	2, 4	6	ЕЛ-11, ЕЛ-12, ЕЛ-13	TK3-285-90	45	95	60	120	60	60	45	70	100	-	74	114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
68				TK3-286-90													TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-277-90	TK3-278-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-277-90	TK3-278-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90	TK3-285-90	TK3-286-90

Продолжение таблицы П.5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26																													
69			РНТ-565, РНТ-566, РНТ-567, переднее присоединение проводов	TK3-285-90	155	190	135	195	135	200	222	190	211	225	265	-	-	-	-	-	-	1	2	1	2	2																												
70				TK3-286-90																							-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
141	1		РПУ-3М-67	TK3-285-90	150	184	70	70	80	97	112	184	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	4	3	4	4																												
142				TK3-286-90																							-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
143				TK3-285-90																							-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
144				TK3-286-90																							-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
145	2, 4		РП-321, РП-322, РП-342, переднее присоединение проводов;	TK3-125-90	165	151	95	155	95	116	157	151	141	155	195	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-																										
146				TK3-128-90																									-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
147	3		РП-321, РП-141, заднее присоеди- нение проводов	TK3-125-90	170	250	110	290	95	98	147	151	141	195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-																										
148				TK3-128-90																									-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
149						250		290																																														
192	6		РП-21 с розеткой типа 3	TK3-277-90	50	75	60	50	70	37	-	73	-	67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																											
193				TK3-278-90																								-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
194				TK3-285-90																								-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
195				TK3-286-90																								-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
208			РПЛ с контакт- ной приставкой	TK3-285-90	80	104	50	110	50	44	67	107	50	64	94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																									
209				TK3-286-90																										-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
210	2, 4		Модуль сиг- нально- блокиро- вочный искробе- зопасный	TK3-285-90	60	140	70	130	70	40	70	111	62,1	76	116	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																									
211				TK3-286-90																										-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			
221	2, 4	Пуска- тель	ПМЕ-01М, ПМЕ-04М, ПМЕ-07М	TK3-285-90	85	140	65	115	65	75	65	75	122	65	79	119	-	-	-	-	5	7	5	7	5	7		
222				TK3-286-90																							TK3-285-90	TK3-286-90
223			ПМЕ-012М, ПМЕ-042М, ПМЕ-012М	TK3-285-90	110	140	90	85	145	85	95	72	87	154	100	64	104	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
224				TK3-286-90																								
225			ПМЕ-073М	TK3-285-90	170	140	85	155	85	95	137	155	87	110	100	114	154	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
226				TK3-286-90																								
227			ПМЕ-074М	TK3-285-90	175	140	95	125	85	95	154	155	87	110	100	114	154	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
228				TK3-286-90																								
229			ПМЕ-111	TK3-285-90	110	101	65	125	105	105	72	154	97	86	58	72	112	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-
230				TK3-286-90																								
231			ПМЕ-112	TK3-285-90	125	108	105	165	105	105	180	102	97	93	58	178	102	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
232				TK3-286-90																								
233			ПМЕ-113	TK3-285-90	120	125	115	205	145	205	232	102	97	108	164	178	218	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
234				TK3-286-90																								
235			ПМЕ-114	TK3-285-90	-	-	145	130	145	130	232	102	97	-	158	172	212	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
236				TK3-286-90																								
253			ПМЛ-1100, ПМЛ-1101	TK3-285-90	65	74	70	130	70	130	67	44	56	74	50	64	104	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-
254				TK3-286-90																								
255			ПМЛ-2100, ПМЛ-2101	TK3-285-90	80	90	70	130	75	130	77	56	75	89	50	64	154	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-
256				TK3-286-90																								
257			ПМЛ-3100, ПМЛ-4100	TK3-285-90	90	110	95	155	95	155	126	75	103	107	100	114	154	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-
258				TK3-286-90																								
259			ПЛМ-1501	TK3-285-90	125	104	70	130	70	130	73	103	75	104	50	64	104	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-
260				TK3-286-90																								
261	ПЛМ-2501	TK3-285-90	155	115	80	140	80	140	88	128,5	75	115	115	64	104	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-		
262		TK3-286-90																									TK3-285-90	TK3-286-90

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26															
263		Пускатель	ПЛИМ-3500, ПЛИМ-4500	TK3-285-90	190	137	95	155	95	165	126	137	100	114	154	-	-	-	-	-	2	3	2	3																
264				TK3-286-90	110	118	75	135								88	102	170	92	118	75	89	129	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11						
265			ПЛИМ-3102	TK3-285-90	110	115	75	135	88	102	170	92	118	75	89	129	-	-	-	-	-	4	5	4	5															
266				TK3-286-90	110	115											130	92	118	75	89	129	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
267				ПЛИМ-32020	TK3-285-90	110	115	130	92	118	75	102	170	92	118	75	89	129	-	-	-	-	-	4	5	4	5													
268					TK3-286-90	110	115												130	92	118	75	102	170	92	118	75	89	129	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
269	2, 4	Выключатель автоматический	AK-63 однополюсный	TK3-285-90	55	119	100	160	100	35	143,5	119	110	121	164	161	-	-	-	-	-	7	11	7	11															
270				TK3-286-90	70												70	100	63	107	107	121	161	161	161	161	161	161	161	4	7	9	12	16	7	11	7	11		
271			AK-63 двухполюсный	TK3-285-90	70	95	-	-	-	-	-	88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	9	6	9													
272				TK3-286-90	95														95	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	3	6	7	10	13	4	6	4	6
273			AK-63 трехполюсный	TK3-285-90	95	18	-	75	65	65	65	17,5	74,4	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	6	4	6													
274				TK3-286-90	18														18	17,5	74,4	75	75	75	75	75	75	75	75	75	2	4	5	7	9	24	4	6	4	6
275			6	BA14-26	TK3-277-90	18	75	65	65	65	65	17,5	74,4	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	6	4	6													
276					TK3-278-90	18													18	17,5	74,4	75	75	75	75	75	75	75	75	75	14	25	30	40	52	24	35	24	35	35
277			2, 4	Выключатель автоматический	BA16	TK3-277-90	18	75	65	65	65	125	90	75	-	82	95	136	-	-	-	-	-	4	6	4	6													
278						TK3-278-90	18												18	125	90	75	75	75	75	75	75	75	75	75	14	25	30	40	52	24	35	24	35	
279						TK3-285-90	18												18	125	90	75	65	65	65	125	90	75	75	75	75	14	25	30	40	52	24	35	24	35
280						TK3-295-90	18												18	125	90	75	65	65	65	125	90	75	75	75	75	14	25	30	40	52	24	35	24	35
281	2, 4	BA51-31-1	TK3-285-90	25	92,5	80	140	80	80	25	186	92,5	117	171	171	-	-	-	-	-	4	6	4	6																
282			TK3-286-90	25												25	80	25	186	92,5	117	171	171	171	171	171	171	9	17	20	28	36	25	17	25	17	25			

Таблица П.5.4

## Монтажные зоны блоков зажимов

Условное наименование	Рисунок П.5.2	Поз. 1 (зажим, блок зажимов)	Поз. 2		Поз. 3	Минимальное количество зажимов, блоков в горизонтальном (вертикальном) ряду														
			Крышка топева	Перегородка для зажима	Скоба прижимная	ИЦШМ				ИЦШ, ИЦПК, С, СП										
						Боковая стенка		Задняя стенка		Передняя стенка, стационарная рама				Боковая стенка						
			Количество			Установка														
			1	1	2	верти- кальная			горизонтальная								верти- кальная			
			Условное наименование			L	B	H	600	1000	500	400	600	600	800	1000	600	800	1800	2200
1	a	Зажимы наборные ЗН23-4П25-Д/Д У3, ЗН23-4П25-Д/Д Т3 (исполнение 1, ТУ16-526.492-81)	-	ПА9У, ПА9Т	ПУ, ПТ	6,8	36	32,5	35	104	50	35	68	74	104	134	62	90	169	208
2		Зажимы наборные ЗН24-4П16-В/В У3, ЗН24-4П16-В/В Т3 (тип 1, ТУ16-526.462-79)	КТ4У, КТ4Т	-	СП1У, СП1Т	10,5	34	24	22	65	32	22	42	48	66	86	40	60	108	134
3	б	Блоки зажимов Б324-4П16-В/В У3-10, Б324-4П16-В/В Т3-10 (тип 1, ТУ16-526.462-79)	КТ5У, КТ5Т	-	-	118	34	33	2	5	2	2	4	4	6	8	3	5	10	12

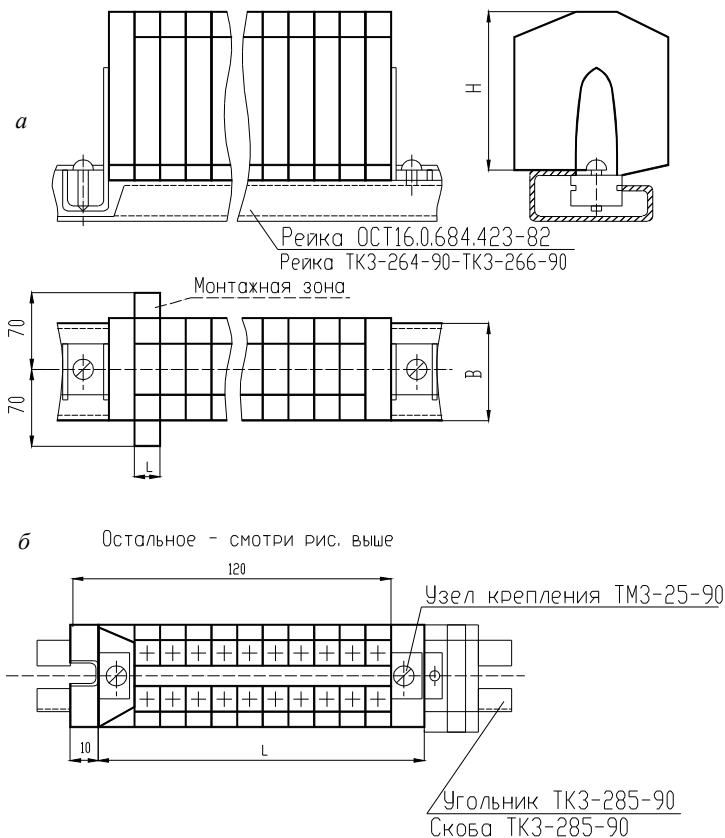


Рис. П.5.2. Варианты установки блоков зажимов:  
*a* – на рейку; *б* – на угольник

Таблица П.5.5

Монтажная зона контроллеров типа *a*  
 в соответствии с инструкцией по эксплуатации

Тип	Размеры контроллера (длина×высота×ширина), мм	Размеры монтажной зоны (длина×высота×ширина), мм	Примечание
AL-6, A1-10	71,2×90×55	80×200×70	Первое поколение
AL-20	124,6×90×55	150×200×70	
AL2-14, AL2-24	124,6×90×52	150×200×70	Второе поколение



## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

### Исходные данные для компоновки аппаратуры в НКУ

В табл. П.6.1 даются расстояния между аппаратами, устанавливаемыми на двери ящиков и шкафов НКУ. В табл. П.6.2 даются размеры зон аппаратов, устанавливаемых в НКУ на рейках.

Возможны три способа (варианта) крепления аппарата на реечной панели (рис. П.6.1):

- а) на одной рейке – вариант 1;
- б) на двух рейках непосредственно – вариант 2;
- в) на двух рейках посредством переходной пластины – вариант 3.

По варианту 1 крепятся аппараты, имеющие два установочных отверстия, расположенных по горизонтальной оси. Например, тепловое реле РТТ при горизонтальном расположении, предохранители ПРС и ППШ при расположении их по диагонали.

По варианту 2 крепятся аппараты, у которых установочный размер по вертикали кратен перфорации стоек панелей. Как правило, это новые аппараты (ПМЛ, ПМА и т. д.).

По варианту 3 крепятся аппараты, у которых установочный размер по вертикали не кратен перфорации стоек панелей, поэтому используется переходная пластина.

Предпочтительными являются варианты 1 и 2.

Для наиболее часто применяемых аппаратов предусмотрено два размера зон по высоте. Следует выбирать меньший, но если в одном ряду устанавливаются аппараты с разной высотой зоны, то можно выбирать любой ее размер, обеспечивая оптимальный вариант для конкретного ряда и панели в целом.

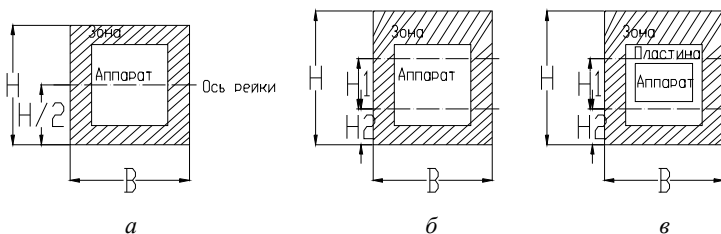


Рис. П.6.1. Способы крепления аппаратов на реечной панели:

а – вариант 1; б – вариант 2; в – вариант 3

Таблица П.6.1

Минимальные расстояния между аппаратами и приборами на крышках пультов и дверях ящиков и шкафов

Тип аппарата	Кнопки и выключатели						Светотехника				Приборы			Реле РЭУ-11	Табличка 16×74
	КЕ 011, ПЕ 011	УП 5300, ПКУЗ-12	ПВХ-16	ПМО	ПТ26-1	ПТ26-2	АС12011, АСЛ2015	Табло ТСМ	Табло ТСБ	Табло ТСКЛ	МЗ81 3355	М 42100	М 42101		
КЕ 011, ПЕ 011	80 80–80 60	110 100–100 55	60 90–90 75	80 90–90 80	50 80–80 50	70 80–80 70	60 80–80 60	65 80–80 65	65 95–95 65	60 80–80 60	105 100–100 105	65 80–80 65	75 80–80 75	80 80–80 80	30 – –
УП 5300, ПКУЗ-12	95 100–100 110	130 130–130 130	110 120–120 125	100 120–120 100	85 105–105 85	105 85–85 105	90 90–90 90	100 95–95 100	100 125–125 100	95 100–100 95	140 130–130 155	130 110–110 135	110 100–100 125	115 105–105 125	55 – –
ПВХ-16	75 90–90 80	125 120–120 110	90 110–110 100	100 110–110 100	85 95–95 85	85 80–80 85	70 80–80 70	80 85–85 80	80 115–115 90	75 90–90 75	120 120–120 120	100 100–100 100	80 90–90 85	95 95–95 95	70 – –
ПМО	85 95–95 85	120 120–120 120	100 110–110 100	110 110–110 110	75 95–95 75	95 80–80 95	95 80–80 95	90 95–95 90	90 115–115 90	85 90–90 85	130 125–125 130	110 100–100 110	100 95–95 100	105 95–95 95	55 – –
ПТ26-1	60 80–80 70	100 100–100 85	65 90–90 65	75 95–95 75	40 80–80 40	–	45 80–80 45	55 80–80 55	55 95–95 55	50 80–80 50	95 100–100 95	75 80–80 75	65 80–80 85	70 80–80 70	20 – –
ПТ26-2	70 80–80 70	115 85–85 100	80 80–80 80	85 80–80 95	–	70 80–80 70	60 80–80 90	70 80–80 70	70 80–80 90	70 80–80 70	110 85–85 110	80 80–80 80	80 80–80 80	80 80–80 80	35 – –
АС12011, АСЛ2015	80 80–80 80	130 80–90 80	100 80–80 70	95 80–80 95	50 80–80 60	80 80–80 80	80 80–80 80	80 80–80 80	90 85–85 90	70 60–60 70	130 100–100 100	100 80–80 80	70 80–80 70	70 80–80 90	25 – –
Табло ТСМ	65 80–80 65	115 95–95 100	80 85–85 80	90 90–90 90	55 80–80 55	75 80–80 75	60 80–80 90	70 80–80 70	70 90–90 70	65 80–80 65	110 95–95 110	90 80–80 90	80 80–80 80	85 80–80 85	35 – –

Тип аппарата	Кнопки и выключатели						Светотехника				Приборы			Реле РЭУ-11	Табличка 16×74
	КЕ 011, ПЕ 011	УП 5300, ПКУЗ-12	ПВХ-16	ПМО	ПТ26-1	ПТ26-2	АС12011, АС12015	Табло ТСМ	Табло ТСБ	Табло ТСКЛ	М381 3355	М 42100	М 42101		
Табло ТСБ	65 85-85 65	115 125-125 120	80 115-115 80	90 115-115 90	55 100-100 55	75 80-80 75	60 85-85 90	70 80-80 70	70 120-120 70	65 95-95 65	110 125-125 110	80 105-105 80	90 95-95 80	85 100-100 85	35 - -
Табло ТСКЛ	60 80-80 80	95 100-100 95	75 80-80 75	85 90-90 85	50 80-80 50	70 80-80 70	70 80-80 70	65 80-80 65	65 95-95 60	60 80-80 105	105 105-105 105	85 80-80 85	75 80-80 75	80 85-85 80	25 - -
М381 3355	105 100-100 105	155 130-130 140	120 120-120 120	130 125-125 130	95 110-110 95	115 90-90 115	100 100-100 130	110 85-85 110	105 105-105 105	150 140-140 150	120 120-120 120	120 120-120 120	120 110-110 120	120 110-110 125	75 - -
М 42100	85 80-80 85	135 110-110 120	100 100-100 100	110 100-100 110	75 85-85 85	95 80-80 95	80 80-80 100	90 80-80 80	90 105-105 90	85 80-80 85	130 120-120 130	110 80-80 110	100 80-80 100	80 80-80 80	55 - -
М 42101	75 80-80 75	125 100-100 125	90 90-90 90	100 95-95 100	65 80-80 65	85 80-80 85	70 80-80 70	80 80-80 80	80 85-85 80	75 80-80 75	130 110-110 130	100 80-80 100	90 80-80 90	95 80-80 95	45 - -
РЭУ 11	80 80-80 80	115 105-105 115	95 95-95 95	105 95-95 105	70 80-80 70	90 80-80 90	70 80-80 70	85 80-80 85	85 100-100 85	80 80-80 80	125 110-110 125	105 85-85 105	85 80-80 85	100 80-80 100	25 - -
Табличка 16×74	80 - -	80 - -	40 - -	35 - -	20 - -	35 - -	25 - -	35 - -	35 - -	25 - -	75 - -	55 - -	45 - -	25 - -	- - -

## Зоны аппаратов в НКУ на рейках

Тип аппарата	Размеры зоны, мм				Вариант	
	<i>H</i>	<i>H1</i>	<i>H2</i>	<i>B</i>		
<i>1</i>	2	3	4	5	6	
<b>Контакты</b>						
МК1, МК2, МК3	250	150	50	200	2	
МК4, МК5-01	250	150	50	250	2	
МК5-10	350	150	100	150	3	
МК6	600	150	150	150	3	
КМТ-13: количество в 1-й зоне	} 1 4 8 16	100	50	25	50	3
		100	50	25	200	3
		100	50	25	400	3
		200	150	25	400	3
КМТ-17, КМТ-17Д	1	150	–	75	120	1
ПМЛ1000, ПМЛ110Х	150	50	50	80	2	
ПМЛ110Х+ПКЛ:	1 шт.	200	150	25	75	3
	2 шт.	250	150	50	100	3
ПМЛ110Х+РТЛ	150	175	50	75	2	
	150	250	150	50	3	
ПМЛ110Х+РТЛ+ОПН	200	175	50	75	2	
	250	150	50	75	3	
ПМЛ150Х	150	50	50	110	2	
ПМЛ150Х+ПКЛ	200	50	50	110	3	
ПМЛ150Х+ОПН	150	50	50	150	2	
ПМЛ150Х+ПКЛ+ОПН	200	150	25	150	3	
ПМЛ150Х+РТЛ	175	50	75	110	2	
	250	150	50	110	3	
ПМЛ150Х+РТЛ+ОПК	175	50	75	150	2	
	250	150	50	150	3	
ПМЛ2000, ПМЛ210Х	150	50	50	60	2	
ПМЛ210Х+ПКЛ	200	150	25	80	3	
ПМЛ210Х+ОПН	150	50	50	80	2	
ПМЛ210Х+ПКЛ+ОПН	200	150	25	80	3	
ПМЛ210Х+РТЛ	175	50	75	60	2	
	250	150	50	80	3	

Продолжение таблицы П.6.2

1	2	3	4	5	6
ПМЛ210X+РТЛ+ОПН	175	50	75	80	2
	250	150	50	80	3
ПМЛ250X	150	50	50	130	2
ПМЛ250X+ПКЛ	200	150	25	130	3
ПМЛ250X+ОПН	150	50	50	170	2
ПМЛ250X+ПКЛ+ОПН	200	150	25	170	3
ПМЛ250X+РТЛ	200	50	100	130	2
	250	150	50	130	3
ПМЛ250X+РТЛ+ОПН	200	50	100	170	2
	250	150	50	170	3
ОМЛ110X+ОПН	150	50	50	75	2
ОМЛ110X+ПКЛ+ОПН	200	150	25	75	3
ПМА3000, ПМА3102	250	150	50	100	3
	250	150	50	140	3
ПМА3102+ОПН	250	150	50	140	3
ПМА3202П	300	150	100	100	3
ПМА3202П+ОПН	300	150	100	140	3
ПМА3502	200	100	50	210	2
ПМА3502+ОПН	200	100	50	210	2
ПМА3602П	300	100	150	210	2
ПМА3602П+ОПН	300	100	150	210	2
ПМА4000, ПМА4102	250	100	75	120	2
	250	150	50	165	3
ПМА4102+ОПН	250	100	75	165	2
	250	150	50	165	3
ПМА4202П	300	100	125	120	2
	300	150	100	165	3
ПМА4202П+ОПН	300	100	125	165	2
	300	150	100	165	3
ПМА4502	250	100	75	290	2
	250	150	50	325	3
ПМА4502+ОПН	250	100	75	300	2
	250	150	50	325	3
ПМА4602П	300	100	125	280	2
	300	150	100	325	3
ПМА4602П+ОПН	300	100	125	300	2
	300	150	100	325	3

Продолжение таблицы П.6.2

1	2	3	4	5	6
ПМА5000, ПМА5102	300	100	100	130	2
	300	150	75	160	3
ПМА5102+ОПН	300	100	100	170	2
	300	150	75	170	3
ПМА5202П	350	100	150	160	2
	350	150	100	160	3
ПМА5202П+ОПН	350	100	150	170	2
	350	150	100	170	3
ПМА5502	300	100	100	280	2
	300	150	75	320	3
ПМА5502+ОПН	300	100	100	300	2
	300	150	75	320	3
ПМА5602П	350	100	150	280	2
	350	150	100	320	3
ПМА5602П+ОПН	350	100	150	300	2
	350	150	100	320	3
ПМА6000, ПМА6102	400	100	150	150	2
	400	150	125	180	3
ПМА6102+ОПН	400	100	150	185	2
	400	150	125	185	3
ПМА6202П	500	100	250	150	2
	500	150	200	180	3
ПМА6202П+ОПН	500	100	250	185	2
	500	150	200	185	3
ПМА6302	400	100	150	350	2
	400	150	125	385	3
ПМА6302+ОПН	400	100	150	360	2
	400	150	125	385	3
ПМА6502П	500	100	250	350	2
	500	150	200	385	3
ПМА6502П+ОПН	500	100	250	360	2
	500	150	200	385	3
Выключатели автоматические					
ВА1625: 1 шт.	250	150	50	30	3
	250	150	50	75	3
ВА51-25, ВА51Г-25	200	150	25	60	3
ВА51-31, ВА51Г-31	250	150	50	80	3

Продолжение таблицы П.6.2

1	2	3	4	5	6
BA51-33, BA51Г-33	300	200	50	120	3
BA51-35	350	200	75	120	3
BA52-35	450	300	100	120	3
BA51-37, BA52-37	400	200	100	160	3
BA53-17, BA55-37, BA58-37	450	250	100	160	3
BA51-39, BA52-39	450	300	75	230	3
BA56-39, BA55-39, BA58-39	500	250	125	230	2
AE2020	200	180	25	75	3
AE2040M	250	150	50	80	3
AE2050M	300	200	50	80	2
AE2050	350	200	75	120	2
АП50Б: 3-пол. $I_{нр} \leq 25$ А	200	150	25	105/140	3
$I_{нр} \geq 25$ А	250	150	50	105/140	3
2-пол. $I_{нр} \leq 25$ А	200	150	25	85/140	3
$I_{нр} > 25$ А	250	150	50	85/140	3
AK63: 3-пол. $I_{нр} \leq 25$ А	200	150	25	90	3
$I_{нр} > 25$ А	250	150	50	90	3
2-пол. $I_{нр} \leq 25$ А	200	150	25	65	3
$I_{нр} > 25$ А	250	150	50	65	3
A3700, A3710: 160 А	450	350	25	120	3
A3720: 250 А	500	400	50	160	3
A3790: 250, 400 А	600	500	50	240	3
(верт. уст.) 630 А	700	500	100	240	3
A3790: 250, 400 А	250	150	50	550	3
(гориз. уст.) 630 А	250	150	50	700	3
<b>Реле промежуточные</b>					
РПЛ, РПЛ+ПКЛ: 1 шт.	150	50	50	60	2
	200	150	25	75	3
2 шт.	250	150	50	100	3
РПУ2-М9 (гориз. уст.)	150	–	75	90	1
(верт. уст.)	200	100	50	110	3
	200	150	25	110	3

Продолжение таблицы П.6.2

1	2	3	4	5	6
ПЭ-37 (гориз. уст.) (верт. уст.)	100	–	50	100	1
	175	100	50	110	3
	200	150	25	110	3
РП21-003 (с розеткой типа 3)	150	50	50	65	1
	200	150	25	75	3
РП20М-217	200	–	100	60	1
	250	150	50	75	3
РПУ-3М	250	150	50	160	3
РПУ-4	250	150	50	75	3
<b>Реле времени</b>					
ВЛ-55, ВЛ-59	150	50	50	60	2
	200	150	25	75	3
ВЛ-56, ВЛ-58	200	150	25	125	3
	150	50	50	60	2
ВЛ-63, ВЛ-69	200	150	25	75	3
	200	150	25	75	3
ВС-33-1	200	150	25	75	3
	200	150	25	100	3
<b>Реле тепловые</b>					
РТЛ 1000	100	50	25	45	2
	200	150	25	70	3
РТТ-11	125	–	100	70	1
РТТ-21	125	–	100	100	1
РТТ-31: 63, 80 А 600, 185, 160 А	125	–	100	150	1
	200	–	150	150	1
<b>Реле сигнальные</b>					
РЗУ-11: 1 шт. 2 шт.	125	–	100	90	1
	200	150	25	45	3
РТД-11, РТД-12	200	150	25	115	3
	250	150	50	120	3
<b>Предохранители</b>					
ПП 24-25: 1 шт.	100	–	50	70	1
	200	150	25	75	3
2 шт.	200	150	25	98	3
ППТ-10	100	–	50	25	1
ПРС-6-П: 1 шт.	100	–	50	90	1
	200	150	25	75	3
2 шт.	200	150	25	110	3



Продолжение таблицы П.6.2

1	2	3	4	5	6
ПРС-25-П: 1 шт.	100	–	50	150	1
	200	150	25	75	3
2 шт.	200	150	25	140	3
	ПРС-63-П: 1 шт.	200	150	25	80
2 шт.	200	150	25	180	3
ПРС-100-П	150	100	25	230	3
	250	150	50	100	3
Выключатели и переключатели					
ПКУЗ-12, ПКУЗ-16 (флажковая рукоятка)	150	–	75	100	1
	200	150	25	120	3
ПКУЗ-12, ПКУЗ-16 (револьверная рукоятка)	200	–	100	140	1
	200	150	25	160	3
УП 5300	200	150	25	160	3
Кнопки					
КЕ: 1 шт.	125	–	100	60	1
	200	150	25	100	1
Приборы					
Амперметр 80×80	150	–	125	95	1
Вольтметр 120×120	200	–	175	160	1
Рубильники					
ВР 32-31 А 11×20	250	50	100	170	2
	250	150	50	170	3
	250	50	100	210	2
	250	190	50	210	3
	250	50	100	240	2
	250	150	50	240	3
ВР 32-35 А 11×20	300	50	125	200	2
	300	150	75	200	3
	300	50	125	240	2
	300	150	75	240	3
	300	50	125	280	2
	300	150	75	280	3
ВР 37 А 11×20	350	50	150	220	2
	350	150	100	220	3
	350	50	150	270	2
	350	150	100	270	3
	350	50	150	320	2
	350	150	100	320	3

Окончание таблицы П.6.2

1	2	3	4	5	6	
<b>Рубильники</b>						
ВР 32-39 А	11×20	400	100	150	220	2
	51×20	400	150	125	220	3
	21×20	400	100	150	280	2
	61×20	400	150	125	280	3
	31×20	400	100	150	350	2
	71×20	400	150	125	350	3
Р 24		400	150	125	240	Плита изоля- цион- ная
Р 34		400	150	125	300	
Р 26		400	150	150	240	
Р 36		400	150	150	300	
<b>Трансформаторы</b>						
ОСМ 1-0,063, ОСМ 1-0,1		200	150	25	120	3
ОСМ 1-0,16, ОСМ 1-0,25		200	150	25	140	3
ОСМ 1-0,4		200	150	25	170	3
ОСМ 1-0,63, ОСМ 1-1,0		250	150	50	200	3
ТСУ-0,063		200	150	25	170	3
ТСУ-0,1, ТСУ-0,16		200	150	25	180	3
ТСУ-0,25		200	150	25	230	3
ТСУ-0,4		200	150	25	260	3
ТСУ-0,63		200	150	25	290	3
Т-0,66:	200 А	250	150	50	120	3
	300, 400 А	250	150	50	120	3
	600 А	300	150	75	120	3

Таблица П.6.3

## Зоны малогабаритной аппаратуры

Тип	Количество	$H$	$H_1$	$H_2$	$B$	Вариант
МЛТ-1	1-10	60	-	20	110	1
МЛТ-2	1-5					
Д814, КД105	1-10	100	-	50	190	1
Д242-Д248	1					
Д815-Д817	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
					365	

Окончание таблицы П.6.3

Тип	Количество	$H$	$H_1$	$H_2$	$B$	Вариант
Д112	1	150	100	25	45	1
		200	150	25	45	
Арматура АМ	1	100	–	75	60	1

Таблица П.6.4

Максимальное количество блоков зажимов Б324 в ящиках

Тип ящика	Габариты, мм		Количество зажимов в одном ряду	Количество блоков зажимов в одном горизонтальном ряду	
	$A$	$B$		на 10 зажимов	на 5 зажимов
ЯУЭ-043Х	400	300	15	1	1
ЯУЭ-0643	600	400	25	1	1
ЯУЭ-0863	800	600	40	4	–
ЯУЭ-1063	1000	600	40	4	–
ЯУЭ-126Х	1200	600	40	4	–

Таблица П.6.5

Технические данные зажимов

Тип зажима	Количество зажимов	$I_n, A$	Сечение провода, мм <sup>2</sup>	
			min	max
Б324-4П16-В-ВУ3-5	5	16	0,35 (медь)	4,0
Б324-4П16-В-ВУ3-10	10	16	2,5 (алюминий)	4,0
Б324-4П25-В-ВУ3-5	5	25	0,35 (медь)	4,0
Б324-4П25-В-ВУ3-10	10	25	2,5 (алюм.)	4,0
ЗНШ-16П63-В-ВУ3	–	63	2,5	16
БЗК-19	–	200	2,5	16

Таблица П.6.6

Полезная площадь ящиков

Тип ЯУЭ	$H$	$L$	$B$	$H1$	$L1$	$H2$
0431	400	300	180	340	240	–
0432	400	300	150	340	240	–
0543	600	400	350	540	340	–
0553	800	600	350	740	540	178
1063	1000	600	350	940	540	235
1263	1200	600	350	1140	540	235
1265	1200	600	500	1140	540	235

Таблица П.6.7

Максимальное количество блоков зажимов БЗ24 в одном вертикальном ряду

Конструктив		Блок	Количество зажимов	При количестве горизонтальных рядов			
Вид	Высота, мм			одного		двух	
				Блок	Количество зажимов	Блок	Количество зажимов
<b>При нижнем вводе</b>							
1) щит открытый;	2200	X1–X13	130	X1–X13	130	X1–X13	125
		X21–X33		X21–X33			
2) шкаф, щит защищенный	2200	X1–X13	130	X1–X13	130	X1–X13	125
		X21–X33		X21–X33			
	2000	X3–X13	110	X3–X13	110	X3–X13	105
		X23–X33		X23–X33			
1800	X5–X13	90	X5–X13	90	X5–X13	85	
	X25–X33		X25–X33				
<b>При верхнем вводе</b>							
1) щит открытый;	2200	X1–X13	130	X1–X13	120	X1–X13	110
		X21–X33		X21–X33			
2) шкаф, щит защищенный	2200	X1–X13	130	X1–X13	120	X1–X13	110
		X21–X33		X21–X33			
	2000	X3–X13	110	X3–X13	110	X3–X13	90
		X23–X33		X23–X33			
1800	X5–X13	90	X5–X13	90	X6–X13	80	
	X25–X33		X25–X33				

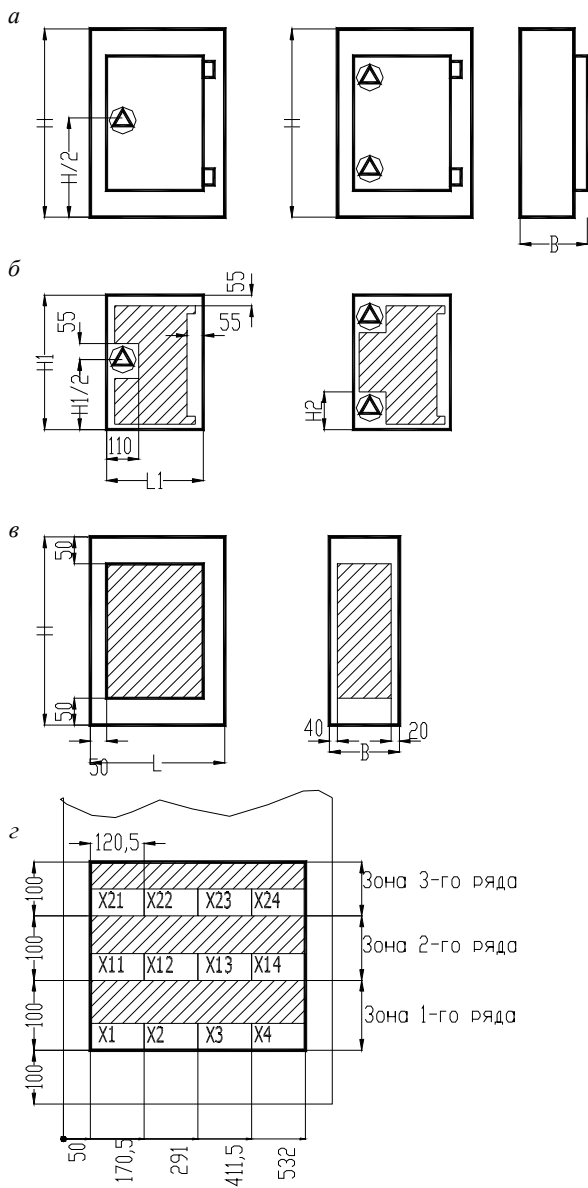


Рис. П.6.2. Конструкция (а), полезная площадь (б, в) ящика и расположение наборов зажимов (z)

## Размеры шкафов НКУ

Габариты шкафа			Полезная площадь двери		Ширина встраиваемой панели
<i>H</i>	<i>L</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>L1</i>	
1800 (2000)	600	400	1600 (1800)	435	500
	700			535	600
	800			635	700
	1000			435	900, 400+500
	1200			635	1100, 400+700, 500+600
	1400			635	600+700, 500+800
	600	600	435	500	
	700		535	600	
	800		635	700	
	1000		435	900, 400+500	
	1200		635	1100, 400+700, 500+600	
	1400		635	600+700, 500+800	
	600	800	435	500	
	700		535	600	
	800		635	700	
	1000		435	900, 400+500	
	1200		635	1100, 400+700, 500+600	
	1400		635	600+700, 500+800	
2200	600	400	2000	435	500
	700			535	600
	800			635	700
	1000			435	900, 400+500
	1200			635	1100, 400+700, 500+600
	1400			635	600+700, 500+800
	600	600	435	500	
	700		535	600	
	800		635	700	
	1000		435	900, 400+500	
	1200		635	1100, 400+700, 500+600	
	1400		635	600+700, 500+800	

Габариты шкафа			Полезная площадь двери		Ширина встраиваемой панели
<i>H</i>	<i>L</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>L1</i>	
	600	800		435	500
	700			535	600
	800			635	700
	1000			435	900, 400+500
	1200			635	1100, 400+700, 500+600
	1400			635	600+700, 500+800

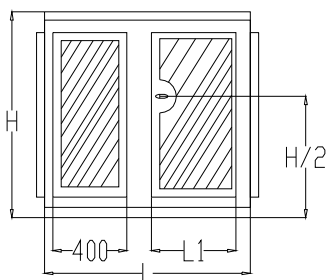


Рис. П.6.3. Схема монтажной зоны НКУ

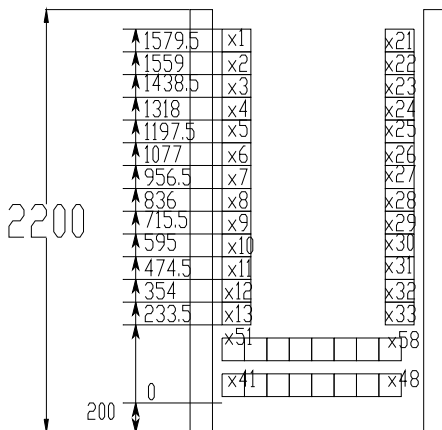


Рис. П.6.4. Схема размещения рядов зажимов на панели

Учебное издание

**Якубовская** Елена Степановна

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА.  
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск *Н. М. Матвейчук*

Редактор *Д. А. Значёнок*

Корректор *Д. А. Значёнок*

Компьютерная верстка *Д. А. Значёнок*

Дизайн обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 17.12.2021. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 9,76. Уч.-изд. л. 7,64. Тираж 99 экз. Заказ 393.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования

«Белорусский государственный аграрный технический университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий

№ 1/359 от 09.06.2014.

№ 2/151 от 11.06.2014.

Пр-т Независимости, 99–2, 220023, Минск.