

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра автоматизированных систем  
управления производством

**Е. С. ЯКУБОВСКАЯ**

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И САПР СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением высших  
учебных заведений Республики Беларусь по образованию  
в области сельского хозяйства в качестве  
учебно-методического комплекса для студентов  
высших учебных заведений, обучающихся по специальности  
1-53 01 01-09 Автоматизация технологических процессов  
и производств (сельское хозяйство)*

**В двух частях**

**Часть 1**

Минск  
БГАТУ  
2010

УДК 658.512(07)  
ББК 32.965я7  
Я49

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации  
производственных процессов и электротехники БГАТУ *О. Г. Барашко*;  
главный специалист УП «Институт БЕЛГИПРОАГРОПИЩЕПРОМ» *С. С. Войтович*

**Якубовская, Е. С.**

Я49 Проектирование и САПР систем автоматизации : учебно-методи-  
ческий комплекс. В 2 ч. Ч. 1 / Е. С. Якубовская. – Минск : БГАТУ,  
2010. – 232 с.  
ISBN 978-985-519-338-9.

Учебно-методический комплекс освещает вопросы методики и технологии проектиро-  
вания систем автоматизации. Приведенные задания и примеры позволяют в полной мере  
освоить технологию инженерного проектирования систем автоматизации технологических  
процессов на практических занятиях, в том числе на базе современных пакетов САПР.  
УМК структурно разделен на две части в соответствии с материалом, изучаемым по семе-  
страм.

Издание предназначено для студентов, магистрантов, аспирантов вузов и специалистов  
в области электрификации и автоматизации сельского хозяйства.

УДК 658.512(07)  
ББК 32.965я7

ISBN 978-985-519-337-7 (ч. 1)  
ISBN 978-985-519-338-9

© БГАТУ, 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

МОДУЛЬ 0. ВВЕДЕНИЕ.....	4
МОДУЛЬ 1. ТЕОРИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	12
МОДУЛЬ 2. ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ В САПР.....	66
МОДУЛЬ 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	174
ЛИТЕРАТУРА.....	197
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	199

## МОДУЛЬ 0 ВВЕДЕНИЕ

В результате изучения модуля студент должен *знать*:

- цели, задачи, структуру дисциплины;
- место дисциплины «Проектирование и САПР систем автоматизации» в системе научных знаний;
- требования к организации учебного процесса;
- требования к результатам обучения.

Учебно-информационная модель изучения дисциплины

№ и наименование модуля	Общее количество аудиторных часов на модуль	В том числе, часов			
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия (семинарские)	УСРС
<i>Семестр 8</i>					
М-0. Введение	2	2			
М-1. Теория инженерного проектирования	18	6	2	4	6
М-2. Принципы автоматизации проектирования и разработки проектной документации систем автоматизации в САПР	34	8	16	4	6
М-3. Проектирование структурных схем систем автоматизации	14	2	6	4	2
Всего	68	18	24	12	14
<i>Семестр 9</i>					
М-4. Проектирование устройств питания систем автоматики	14	2	6	4	2
М-5. Проектирование принципиальных электрических схем управления, регулирования и контроля	30	8	10	6	6
М-6. Проектирование электрических проводок	18	6	8	-	4
М-7. Проектирование конструктивных устройств	24	6	10	2	6
М-8. Техничко-экономические расчеты в проекте автоматизации	16	8		4	4
Всего	102	30	34	16	22
Итого	170	48	58	28	36

## НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ

### Словарь основных понятий

**Автоматизация** – область науки и техники, связанная с применением технических средств, математических методов, систем контроля и управления, освобождающих человека частично или полностью от непосредственного участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов, продуктов или информации.

**Инженер по автоматизации** – специалист, обладающий компетентностью в области проектирования и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств.

**Проект автоматизации технологического процесса** – совокупность технической документации, необходимой и достаточной для реализации оптимального варианта автоматизации технологического процесса.

**Система автоматизированного проектирования (САПР)** – человеко-машинная система управления процессом проектирования, представляющая собой автоматизированную систему управления технологическим процессом создания технической документации, необходимой для изготовления проектируемого объекта.

### ОСНОВНОЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Задачи, которые решаются при автоматизации процессов современного сельскохозяйственного производства, требуют от специалистов как знаний принципов построения и функционирования приборов автоматизации, методов построения систем автоматического управления, так и овладения общим техническим языком, посредством которого можно четко и однозначно обмениваться разработками в области автоматизации технологических процессов. Речь идет о том, что логически и технически продуманная система автоматики 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, которая называется *проектом автоматизации технологического процесса*. Поэтому независимо от места работы инженер по автоматизации технологических процессов должен свободно читать проекты и уметь их разрабатывать и осуществлять.

Рассматривая понятие «проектирование», можно видеть, как постепенно исторически меняется представление о нем как о процессе планирования и информационной подготовки образа объекта проектирования до «предопределения изменения реальной действительности» [1, с. 132]. По своей сути, инженерное проектирование предваряет и обосновывает внедрение в производство новационной технической системы, установки, процесса, оптимальных с точки зрения системы определенных критериев. Проектирование – это выражение идей технического творчества на техническом языке. Как показывают современные методологии, цель проектирования заключается в предопределении изменения реальной действительности. Эта цель достигается через «разработку комплексной технической документации (проекта), содержащей технико-экономические обоснования, расчеты, чертежи, макеты, сметы, пояснительные записки и др. материалы, необходимые для строительства населенных пунктов, предприятий, сооружений, производства оборудования, изделий и т. д.» [2, с. 419]. Это, в свою очередь, предполагает детальную разработку сущности изменения реальности или объекта проектирования.

Так как объекта проектирования фактически не существует (он знаковый, виртуальный, идеальный), то нет возможности описать его сразу без последующих исправлений и уточнений. То есть при проектировании идет процесс принятия решений укрупненно, а затем все с большей степенью конкретизации, обращением на каждом этапе к целям, в сравнении и с доработкой в соответствии с этим деталей проекта и решения в целом. За счет использования каких инструментов достигается это приближение раскрывает определение, данное в ГОСТ 22487-77: «Это процесс составления описания, необходимого для создания еще не существующего объекта (алгоритма его функционирования или алгоритма процесса), путем преобразования первичного описания, оптимизации заданных характеристик объекта (или алгоритма его функционирования), устранения некорректности первичного описания и последовательного представления (при необходимости) описаний на различных языках». И дополняет это определение еще одно: «Это моделирование того, что мы хотим выполнить, осуществляемое (до момента самого выполнения) неоднократно до тех пор, пока мы не убедимся в положительности конечного результата» (П. Букер). Таким образом, проектирование выступает как процесс принятия решений, все более детальных на каждом этапе и все более приближающих описание объекта, изложенного в техническом задании, к реальному с помощью преобразования, оптимизации, моделирования.

Поэтому проектирование – это постоянный процесс выбора и обоснования альтернативного решения. Еще одну черту инженерного проектирования раскрывает следующее определение: «Инженерное проектирование – это использование научных основ, технической информации и воображения для синтеза механической структуры, машины или системы, которая с минимальными затратами и максимальной эффективностью выполняла бы предписанные ей функции» (Д. Фельден). Научное обоснование проекта обязательно должно предполагать рассмотрение вопросов безопасного для окружающей среды внедрения объекта, что налагает огромную ответственность на разработчика: «Это принятие решений в условиях неуверенности и высокой ответственности за ошибку» (М. Азимов).

Таким образом, определение проектирования можно конкретизировать следующим образом: *инженерное проектирование* – это процесс научной разработки необходимого для создания еще не существующего предмета проектирования описания на определенном знаковом языке (техническом) прообраза объекта, отвечающего функциональным, техническим, экологическим, экономическим, эргономическим и другим требованиям. Проектирование осуществляется путем преобразования первичного описания предмета, тщательного и всестороннего исследования, выработки концептуального решения на основе и анализе технической информации, неоднократного моделирования, оптимизации заданных характеристик объекта (или алгоритма его функционирования), неоднократного сравнения с целями проектирования, устранения некорректности первичного описания и приведения к детальному решению в условиях высокой ответственности, нередко ограниченности во времени, который характеризуется минимальными затратами (со стороны производителя и потребителя) и максимальной эффективностью выполнения предписанных функций в конкретных условиях включенности в окружающую среду.

Инженерное проектирование, являясь сложным процессом, постоянно развивается в соответствии с необходимостью решения все усложняющихся современных задач. Обладая характеристиками возрастающей информационной насыщенности, многовариативностью принятых решений, использованных методов и критериев оценки результата, инженерное проектирование сегодня обеспечивается сложной технологией, основу которой составляют отдельные этапы, операции и методы. Так, в процессе проектирования систем автоматизации обязательными этапами являются предпроектные изыскания, составление технического задания с одновременным определением комплекса требований к про-

ектируемой системе, анализ вариантов технического решения проектной задачи и выбор наиболее рационального, детальная проработка технического решения, оформление решения в проектной документации, технико-экономическое обоснование принятого решения.

Инженерное проектирование подразделяется по области приложения на архитектурно-строительное, машиностроительное, дорожное, технологическое, сельскохозяйственное и т. д.; по типу изображения: чертежное и объемное; по включению в производство: типовое и индивидуальное, несложное и сложное; по характеру объекта: проектирование единичного простого изделия, проектирование системы и проектирование системы, встроенной в систему. В соответствии с данной классификацией разделяют системы нормативов по проектированию: единая система конструкторской документации (ЕСКД) – машиностроительное проектирование; система проектирования в строительстве (СПДС) – архитектурно-строительное проектирование; система разработки и постановки продукции на производство (СППП) – технологическое проектирование; комплекс стандартов на электроустановки зданий и т. д.

ЕСКД – комплекс стандартов, устанавливающих взаимосвязанные нормы и правила по разработке, оформлению и обращению конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой на всех стадиях жизненного цикла изделия (при проектировании, изготовлении, эксплуатации, ремонте и др.) [3].

СПДС – комплекс нормативных организационно-методических документов, устанавливающих общетехнические требования, необходимые для разработки, учета, хранения и применения проектной документации для строительства объектов различного назначения [4].

СППП – комплекс взаимосвязанных основополагающих организационно-методических и общетехнических государственных стандартов, устанавливающих основные положения, правила и требования, обеспечивающие техническое и организационное единство выполняемых работ на стадиях жизненного цикла продукции, включающих исследование и обоснование разработки, разработку, производство, эксплуатацию (применение, хранение) продукции и ремонт (для ремонтируемой продукции), а также взаимодействие заинтересованных сторон [5].

Комплекс стандартов на электроустановки зданий содержит требования по проектированию, монтажу, наладке и испытанию электроустановок, а также к выбору электрооборудования, обеспечивающие их безопасность и удовлетворительную работу при условии использования по назначению.

Проектирование систем автоматизации основывается на системе стандартов СПДС. Однако при необходимости используются ссылки на другие системы стандартов (в основном ЕСКД).

Особенности проектирования систем автоматизации определяются потребностями сельскохозяйственного производства. Технологические процессы сельскохозяйственного производства тесно связаны с биологическими процессами, остановить которые даже временно нельзя. Это приводит к необходимости системного многоаспектного анализа исходных данных, учета требований, связанных с разными сторонами сельскохозяйственной технологии и, как следствие, тесного общения и взаимодействия с другими специалистами АПК. В данных условиях успешность проектирования зависит от умения находить варианты оригинального технического решения, применять нестандартные эвристические подходы при поиске решения, неоднократно оценивать результат, выявляя последствия от реализации принятого решения. Все это обуславливает необходимость постоянного соотнесения технического решения с системой взаимосвязанных требований, всесторонней оценки, корректировки решения и рефлексии.

Задача проектирования является одной из важных и наиболее трудоемких. Сократить временные затраты и несколько облегчить труд проектировщика позволяет применение современных методов разработки проекта с помощью систем автоматизированного проектирования (САПР – человек-машинная система управления процессом проектирования, представляющая собой автоматизированную систему управления технологическим процессом создания технической документации, необходимой для изготовления проектируемого объекта). САПР включает коллектив проектировщиков, умеющий работать с новыми методами проектирования с помощью ЭВМ; технические средства; новую организационную структуру, приспособленную эффективно эксплуатировать технические средства и программное обеспечение САПР; машинно-ориентированные методики, инструкции и нормативные материалы, развитое программное обеспечение и специальное математическое обеспечение, а также специальные проблемно-ориентированные языки. Поэтому САПР можно определить как систему технических и программных средств с методическим сопровождением, автоматизирующую проектирование объектов (процессов) некоторого класса.

Современные САПР обеспечивают высокое качество проекта, минимальные затраты на выпуск проекта, соответствие документов проекта нормативным требованиям.

Поэтому инженер по автоматизации технологических процессов и производств должен освоить технологию разработки проекта автоматизации, в том числе в среде современных САПР. Уровень овладения технологией инженерного проектирования определяет успешность становления инженера как специалиста, способного воспринимать технические новшества, разрабатывать и внедрять инновации, поскольку проектирование предваряет и обосновывает внедрение в производство технической системы, установки, процесса, оптимальных с точки зрения системы определенных критериев.

«Проектирование и САПР систем автоматизации» является специальной дисциплиной. В соответствии со своим местом в учебном процессе дисциплина формирует базу знаний и умений, обеспечивающих решение задач по проектированию систем автоматического управления технологическими процессами.

С учетом вышеизложенного, **целью учебной дисциплины «Проектирование и САПР систем автоматизации» является** формирование профессиональных знаний, умений и практических навыков проектирования систем автоматизации технологических процессов с помощью компьютера.

#### **Задачи дисциплины:**

- ознакомление с основными нормативными документами, нормами, методами проектирования систем автоматизации;
- изучение нормативных требований, методик расчета, анализа, моделирования, сравнения, оценки при разработке проекта систем автоматизации;
- закрепление современных методов поиска, обработки и использования информации;
- освоение технологии инженерного проектирования систем автоматизации сельскохозяйственного производства, принципов разработки проектной документации систем автоматизации в среде пакетов САПР;
- формирование умений и навыков применения современной технологии проектирования при решении основного класса задач проектирования систем автоматизации;
- формирование умения работать в команде и способности к межличностным коммуникациям.

В результате изучения дисциплины студент должен:

- **знать** положения ГОСТов, ОСТов, руководящих технических материалов и других нормативных документов по проектированию

систем автоматизации; технические, экономические, экологические и социальные требования к проектируемым объектам, критерии оценки качества проекта автоматизации; теоретические основы и технологию проектирования систем автоматизации; принципы работы в современных пакетах электротехнических САПР, а также методы их адаптации; принципы и особенности разработки документации проекта автоматизации в среде пакетов современных САПР;

- *уметь* пользоваться проектной документацией, технической и нормативно-справочной литературой по автоматизации сельскохозяйственного производства; собирать, изучать и анализировать исходные данные для разработки проекта автоматизации; реализовывать технологию инженерного проектирования, используя современные методы и последние научно-технические достижения; решать инженерные задачи проектирования систем автоматизации, пользуясь пакетом САПР, формировать проектную документацию с помощью пакета САПР; определять надежность и применять средства повышения надежности системы; обосновывать основные решения технико-экономическими расчетами и делать обоснованные выводы;

- *иметь представление* о стадиях проектирования, содержании проекта автоматизации технологических процессов, об основных нормативных требованиях к разрабатываемой проектной документации, о системах автоматизированного проектирования, технологии проектирования с помощью компьютера.

#### Вопросы для самоконтроля:

1. Что понимают под проектом автоматизации технологических процессов?
2. Приведите характеристики современного инженерного проектирования.
3. Как классифицируют системы нормативов по проектированию?
4. Что понимают под САПР?
5. Какие задачи должен решать инженер по автоматизации в профессиональной деятельности, и какие знания и умения ему для этого необходимы?

## МОДУЛЬ 1 ТЕОРИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

### Вводный комментарий к модулю

Студент должен *знать*:

- цели и задачи проектирования систем автоматизации;
- содержание этапов проектирования систем автоматизации;
- стадии проектирования;
- состав проекта автоматизации;
- общие требования к документам проекта;

*уметь*:

- анализировать исходные данные для проектирования систем автоматизации;
- формулировать требования к системам автоматизации;
- разрабатывать техническое задание на проектирование системы управления;
- работать в команде.

Успешность становления агроинженера как специалиста, способного воспринимать технические новшества, разрабатывать и внедрять инновации, определяется уровнем овладения технологией инженерного проектирования. По своей сути инженерное проектирование предваряет и обосновывает внедрение в производство новационной технической системы, установки, процесса, оптимальных (с точки зрения системы) определенных критериев. Поэтому для успешного проектирования систем автоматизации требуется знание содержания этапов проектирования, методов, применяемых на каждом этапе, эффективных средств разработки, что в целом составляет технологию проектирования.

#### Учебно-информационная модель изучения модуля 1

№, тема занятия	Тип занятия	Вид занятия	Кол-во часов на 1 занятие
<i>Занятие 1</i> Сущность и этапы проектирования систем автоматизации	Ознакомление с новым материалом	Лекция	2

Окончание

№, тема занятия	Тип занятия	Вид занятия	Кол-во часов на 1 занятие
<i>Занятие 2</i> Состав проектной документации по автоматизации технологических процессов	Ознакомление с новым материалом	Лекция	2
<i>Занятие 3</i> Содержание общих требований к текстовым документам проекта	Углубление и обобщение знаний	УСРС	2
<i>Занятие 4</i> Технология инженерного проектирования	Ознакомление с новым материалом	Лекция	2
<i>Занятие 5</i> Технология сбора исходных данных к проектированию	Углубление и обобщение знаний	УСРС	2
<i>Занятие 6</i> Техника предпроектных изысканий	Углубление знаний	Практическое	2
<i>Занятие 7</i> Разработка технического задания	Углубление и обобщение знаний	Практическое	2
<i>Занятие 8</i> Технология проектирования систем автоматизации	Углубление и обобщение знаний	Лабораторное	2
<i>Занятие 9</i> Теория инженерного проектирования	Контроль результатов обучения	Письменная работа по индивидуальным заданиям	2
Всего			18

## НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ

### Словарь основных понятий

**Задача** – сложный вопрос, проблема, требующие исследования и разрешения.

**Инженерное проектирование** – это процесс научной разработки необходимого для создания еще не существующего предмета проектирования описания на определенном знаковом языке (техническом) образа объекта, отвечающего функциональным, техническим, экологическим, экономическим, эргономическим и другим требованиям путем преобразования первичного описания, тщательного и всестороннего исследования, выработки концептуального решения на основе и анализе технической информации, неоднократного моделирования, оптимизации заданных характеристик объекта, неоднократного сравнения с целями проектирования, устранения некорректности первичного описания и приведения к детальному решению в условиях высокой ответственности, нередко ограниченности во времени; процесс, который характеризуется минимальными затратами и максимальной эффективностью выполнения предписанных функций.

**Метод** – способ достижения какой-либо цели, решения конкретной задачи.

**Методы проектирования** – способы выработки проектного решения, например, анализ, моделирование, оптимизация и т. д.

**Стадии проектирования** – этапы разработки проекта.

**Система автоматического регулирования** – совокупность регулятора и объекта управления.

**Система автоматизированного управления** – комплекс устройств, обеспечивающих изменение ряда координат объекта управления с целью установления желаемого режима работы объекта.

**Техническое задание** – исходный для проектирования документ, содержащий информацию о разработчике, цель проектирования, описание предмета проектирования, основные требования, описание предполагаемого результата и т. д.

**Технология инженерного проектирования** – это научно обоснованная совокупность методов, действий и операций, применяемых на определенном этапе разработки проекта, гарантирующая достижение значимого результата.

**Типовой проект** – это проект действующего предприятия, имеющий опытную проверку эффективности решения.

**Цель** – предмет стремления, то, что надо (или желательно) осуществить.

## ОСНОВНОЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

### Лекция 1.

#### Сущность и этапы проектирования систем автоматизации

План:

1. Цели и задачи проектирования систем автоматизации.
2. Сущность проектирования систем автоматизации.
3. Последовательность проектирования систем автоматизации.
4. Содержание этапов проектирования систем автоматизации.

*1. Цели и задачи проектирования систем автоматизации.* В условиях необходимости повышения производительности сельскохозяйственного производства, снижения его энергоемкости, повышения конкурентоспособности продукции значимая роль отводится автоматизации технологических процессов. Внедрение надежных систем автоматизации, высвобождающих человека от малопривлекательных операций, обеспечивающих оптимальные режимы содержания животных, птицы, растений, сокращающих расходы корма, удобрений и т. д., возможно при условии качественного проектирования системы автоматизации. Таким образом, целью проектирования систем автоматизации является всестороннее обоснование оптимального варианта автоматического управления и представление на языке технической документации однозначно понимаемого обоснованного описания экономически эффективного варианта будущей системы автоматизации.

Достичь данной цели можно, решая следующие задачи:

- 1) исследовать объект автоматизации на предмет целесообразности автоматизации технологического процесса или отдельных операций или установок;
- 2) определить оптимальный объем технических средств автоматизации для объекта;
- 3) разработать наиболее экономически целесообразный вариант управления с учетом новейших разработок в области технических средств автоматики и устройств управления;
- 4) реализовать этот вариант управления в схеме;
- 5) выполнить технико-экономическое обоснование принятых решений.

*2. Сущность проектирования систем автоматизации.* Инженерное проектирование – это процесс научной разработки необходимого для создания еще не существующего предмета проектиро-

вания описания на определенном знаковом языке прообраза объекта, отвечающего совокупности требований путем прохождения множества этапов проектирования и приведения к детальному решению. При проектировании систем автоматизации предметом проектирования выступает САУ – система автоматического управления установкой или процессом в целом, которая представляет собой совокупность объекта управления (биологических объектов или технических устройств, либо их совокупности) и технического устройства, обеспечивающего приемлемый алгоритм функционирования объекта автоматизации. Система, реализующая оптимальный вариант автоматического управления, должна обладать свойством функциональности, то есть в целом обеспечивать оптимальное протекание процесса или действие установки в автоматическом режиме, экономической целесообразности, значит, обеспечивать увеличение производства продукции или улучшение ее качества, снижение трудовых затрат и потерь продукции, а также в целом повысить эффективность производства, надежности. Так как САУ в общем случае в сельскохозяйственном производстве имеет дело с живыми объектами, она должна отвечать условиям окружающей среды (защита от воздействия неблагоприятных для техники условий), быть простой и безопасной в эксплуатации, долговечной и дешевой, не представлять собой опасности с экологической точки зрения. Таким образом, проектирование систем автоматизации представляет собой процесс научной разработки описания, представленного в проектной документации, системы автоматического управления, отвечающей требованиям функциональности, экономической целесообразности, надежности, безопасности и пр., всесторонне обоснованной совокупностью технико-экономических показателей.

*3. Последовательность проектирования систем автоматизации.* Как следует из определения инженерного проектирования, проектирование технически сложных процессов отвечает последовательности прохождения определенных этапов. В целом для проектирования технических объектов она представлена схемой на рис. 1.1 (этапы перечислены слева).

На первом этапе – *постановочном* – выявляется определенная техническая проблема, задающая цель проектирования. В частном случае проектирования систем автоматизации (содержание этапа, также как предполагаемый результат и методы приведены на схеме справа) целью данного этапа является выявление потребности в автоматизации. Целью

второго этапа – *аналитического* – является сбор и анализ исходных данных для проектирования. На основании поставленной цели и собранных исходных данных намечаются возможные варианты решения технической задачи, и проводится их сравнительный анализ с целью выбора наиболее целесообразных – этап *предпроектирования*. Далее детально прорабатывается выбранный вариант технического решения – этап *собственно проектирования* и описывается в проектной документации – этап *оформления* проекта.



Рис. 1.1. Обобщенная схема проектирования систем автоматизации

Оценка технических показателей предмета проектирования и разработка документации для реализации проекта выполняется на этапе *технико-экономического обоснования проекта*. Далее проект проходит проверку в целом, в результате прохождения нормокон-

троля, и запускается на реализацию – этап *выпуска и размножения проекта*. В результате реализации проекта могут быть выявлены некоторые некорректности в решении, что требует согласования в их разрешении с проектной организацией, которая ведет авторский надзор за реализацией проекта – этап *реализации и авторского надзора*.

4. *Содержание этапов проектирования систем автоматизации*. Качество проекта автоматизации во многом определяется системностью реализации технологии инженерного проектирования, под которой понимают научно обоснованную совокупность методов, действий и операций, применяемых на определенном этапе разработки проекта, гарантирующую достижение значимого результата. В теории инженерного проектирования выделяют семь этапов проектирования, рассмотренных выше. (Содержание каждого из этапов применительно к теории проектирования технических систем можно рекомендовать изучить самостоятельно по [7] и [8].) Остановимся более подробно на содержании каждого из этапов в случае проектирования систем автоматизации.

На этапе постановки задачи проектирования выявляют потребность в автоматизации. Основанием для этого может являться заказ предприятия, хозяйства или реальная производственная проблема. В случае внедрения новой технологии также возникает потребность в эффективной системе автоматизации технологического процесса. Результатом данного этапа является определение целей и задач системы автоматизации.

На этапе анализа исходных данных требуется досконально исследовать объект автоматизации. При этом после внимательного рассмотрения технологического процесса решаются следующие задачи:

- выявление технологических, зоотехнических и других требований к осуществлению процесса;
- определение режимов работы объекта автоматизации и количества технологически допустимых переходов между ними;
- установление технологических параметров, подлежащих автоматическому регулированию и контролю, уточнение пределов их изменений и выбор методов измерения этих параметров с целью выбора технических средств;
- определение математического описания взаимодействия управляющих и возмущающих сигналов, характеризующих тот или иной режим работы системы;
- определение оптимального объема автоматизации (получение информации о технологическом процессе, воздействие на технологиче-

ский процесс для управления им, стабилизация технологических параметров), контроль и регистрация технологических параметров и состояния технологического оборудования);

- определение, каким образом должно происходить управление технологическим оборудованием: автоматически или дистанционно;

- выбор технических средств автоматизации, наиболее полно отвечающих предъявленным требованиям и условиям работы;

- решение вопросов размещения приборов и аппаратов: на щитах, непосредственно агрегатах и т. д.

После решения данных вопросов совместно с технологами, зоотехниками, механизаторами и другими специалистами дается словесное описание алгоритма функционирования технологической линии или вариантов алгоритма с учетом существующего опыта разработки подобных объектов и научно-технических достижений в данной области и формулируется техническое задание на проектирование.

Для выполнения проектов систем автоматизации должны представляться следующие исходные данные и материалы:

- технологические схемы с характеристиками оборудования, с трубопроводными коммуникациями и их характеристиками;

- перечни контролируемых и регулируемых параметров с необходимыми требованиями и характеристиками;

- чертежи помещений с расположением технологического оборудования и трубопроводных коммуникаций, с указанием рекомендуемых мест расположения щитов и пультов;

- чертежи технологического оборудования;

- схемы электроснабжения, водоснабжения, управления электроприводами, типы пусковой аппаратуры и станций управления;

- данные, необходимые для расчета регулирующих органов;

- требования к надежности систем автоматизации;

- результаты НИР и ОКР (математическое описание динамических свойств объектов и др.);

- техническая документация по типовым проектам и проектным решениям.

Содержание этапа предпроектных изысканий включает:

- анализ объекта автоматизации;

- уточнение целей и задач автоматизации;

- определение вида автоматического устройства управления;

- анализ возможных применимых типовых решений;

- проектное предложение;

- формулирование требований к автоматическому устройству управления.

В результате на данном этапе уточняют задание на проектирование, где определяют последовательность работы исполнительных органов технологической линии, обеспечивающих эффективность функций управления, основными из которых являются безопасность работы объекта и правильное выполнение технологического процесса. Здесь же определяются качественные показатели работы оборудования технологической линии, которые корректируются на последующих этапах.

После выбора наиболее эффективного варианта управления для заданных условий приступают к подробной проработке технического решения – этап собственно проектирования. Содержание деятельности на данном этапе проектирования системы автоматизации задает тип автоматического устройства управления (рис. 1.2).

Если автоматическое устройство управления представляет собой систему автоматического управления, то для этого случая должен быть разработан алгоритм в виде символической записи или математической модели (моделями). Реализовать определенный алгоритм можно набором определенной аппаратуры. Поэтому на этапе разработки алгоритма проводят предварительный выбор технических средств автоматизации и уточняют алгоритм. Далее разрабатывают структуру управления и реализуют ее на базе современных технических средств автоматики (ТСА). В случае неудовлетворения всем требованиям существующими ТСА, их модифицируют либо составляют техническое задание на разработку новых, или возвращаются к пересмотру алгоритма. Структуру управления переводят в полную принципиальную электрическую схему, выбрав устройство управления, дополняя цепями ручного управления, сигнализации, контроля и защиты. Подробная методика для этого случая изложена в [9].

Если автоматическое устройство управления представляет собой систему автоматического регулирования, то для этого случая должно быть получено математическое описание объекта управления (как исходные данные) или включено в техническое задание (как идентификация объекта), что служит основанием для обоснования принципа и выбора закона управления. После подбора технических средств автоматизации, реализующих закон регулирования, может быть разработана структурная схема регулирования, проведено моделирование поведения системы в целом и получены показатели качества регулирования. Подробная методика для этого случая изложена в [10].

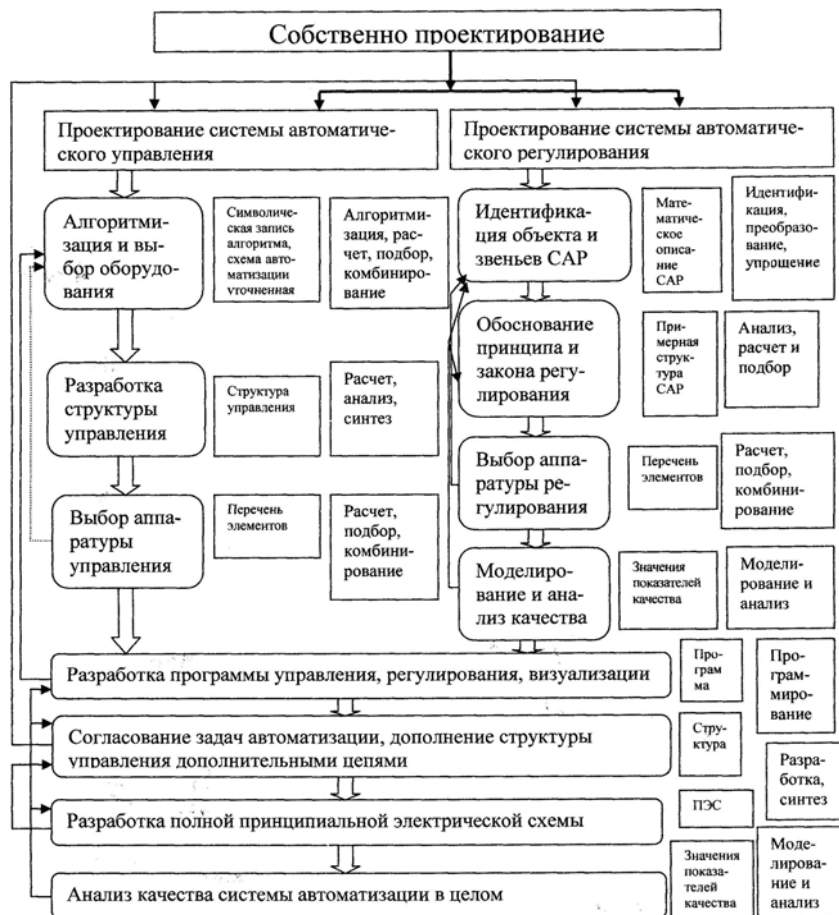


Рис. 1.2. Содержание основного этапа проектирования систем автоматизации

При наличии в проектируемой системе двух видов автоматического устройства управления на этом же этапе проводится согласование управления в целом, которое выражается в полной принципиальной схеме автоматического управления, регулирования, контроля и сигнализации и предусматривает единое программное обеспечение. При этом определяют показатели качества автоматического управления в целом для системы.

На этапе оформления проекта разрабатывают монтажные документы, нетиповые технические средства автоматизации, к которым

могут быть отнесены нетиповые конструкции щитов автоматики, и оформляют в проектно-конструкторской документации.

На этапе технико-экономического обоснования решают вопросы обеспечения надежности работы системы автоматизации, ее безопасного монтажа и эксплуатации, а также проводят расчет экономической эффективности автоматизации.

### Вопросы и задания для самоподготовки:

1. Что понимают под инженерным проектированием?
2. Назовите цели и задачи проектирования систем автоматизации.
3. Перечислите критерии эффективности проектируемой системы автоматизированного управления.
4. В чем состоит сущность проектирования систем автоматизации?
5. Перечислите основные этапы проектирования. Раскройте сущность действий на каждом из этапов процесса проектирования.
6. Сравните схемы алгоритмов проектирования [7, с. 59] и [8, с. 91]. Какая схема отражает более детальный план действий? Занесите в конспект основные этапы схемы [7, с. 59] и цель каждого этапа.
7. Раскройте содержание этапов проектирования в частном случае проектирования систем автоматизации.
8. Перечислите вопросы, решаемые на этапе анализа исходных данных к проектированию систем автоматизации.
9. Раскройте состав исходных данных и материалов для проектирования систем автоматизации.
10. Приведите алгоритм проектирования системы автоматического управления.
11. Приведите алгоритм проектирования системы автоматического регулирования.
12. Проанализируйте схему (рис. 1.2). В чем состоят различия и то общего в технологии проектирования САУ и САР?

### Лекция 2.

#### Состав проектной документации по автоматизации технологических процессов

План:

1. Основные нормативные документы по проектированию систем автоматики.
2. Виды и типы схем.

3. Порядок разработки проектной документации.
4. Стадии проектирования.
5. Состав проекта автоматизации.
6. Общие требования к документам проекта.

1. *Основные нормативные документы по проектированию систем автоматизации.* При разработке проектной документации объектов промышленного строительства (в которую в качестве раздела проекта входит проект автоматизации) руководствуются ГОСТами, ОСТами, санитарными нормами (СН), СНиПами, СНБ и СТБ. При проектировании промышленных объектов используют также типовые проекты, монтажные чертежи, ПУЭ, документацию на типовые и закладные конструкции, руководящие материалы, которые разъясняют нормативные документы. Нормативные документы обеспечивают общность разработки (изделий, проектов), упрощают поиск информации.

Вопросы проектирования систем автоматизации регламентируются в основном требованиями ГОСТ 21.408-93 «СПДС. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов», в котором имеются ссылки на взаимосвязанные стандарты системы проектной документации для строительства (СПДС) и единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Основные ГОСТы, используемые при проектировании систем автоматизации, перечислены в литературе.

2. *Виды и типы схем.* При разработке проекта автоматизации в основном приходится иметь дело с электрическими схемами. Согласно ГОСТ 2.701-84 схемы в зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия, подразделяются на следующие виды: электрические (Э); гидравлические (Г); пневматические (П); газовые (Х); кинематические (К); вакуумные (В); оптические (Л); энергетические (Р); деления (Е); комбинированные (С). В скобках приведено их обозначение в шифре документа.

По типу схемы проекта автоматизации представлены широко и соответствуют всем тем, которые определены ГОСТ 2.701-84. Схемы, в зависимости от основного назначения, подразделяются на следующие типы: структурные (1); функциональные (2); принципиальные (3); соединений (4); подключения (5); общие (6); расположения (7); объединенные (0).

Структурная схема – это схема, определяющая основные функциональные части изделия, их назначения и взаимосвязи (для общего ознакомления с изделием).

Функциональная схема – это схема, разъясняющая определенные процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия или изделия в целом.

Принципиальная схема – это схема, определяющая полный состав элементов и связей между ними, и, как правило, дающая детальное представление о принципах работы изделия (служит основанием для разработки других схем).

Схема соединений – это схема, показывающая соединения составных частей изделия и определяющая провода и другие изделия, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода.

Схема подключения – это схема, показывающая внешние подключения.

Общие схемы – это схемы, определяющие составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации.

Схема расположения – это схема, определяющая относительное расположение составных частей изделия.

Схема объединенная – это схема, когда на одном конструкторском документе выполняют схемы двух или нескольких типов.

3. *Порядок разработки проектной документации.* Разработка проектной документации на строительство объектов должна выполняться разработчиками, получившими в установленном порядке лицензию на право проектирования данного вида объектов в соответствии с законодательством.

БЕЛГИПРОАГРОПИЩЕПРОМ и БЕЛСЕЛЬХОЗТЕХПРОЕКТ – главные предприятия-проектировщики объектов сельскохозяйственного производства в Беларуси.

В структуру проектного предприятия (на примере БЕЛГИПРОАГРОПИЩЕПРОМ) входят проектные отделы, отдел генплана и транспорта, технологический, отдел специальных работ (проектирование котельных), счетно-экономический отдел, отдел инженерных изысканий, сектор комплектации оборудования, сектор технического обслуживания, информационно-технический сектор, отдел размножения и выпуска проектов, планово-производственный отдел, бюро главных инженеров проекта.

Порядок разработки проектной документации в рамках структуры предприятия примерно следующий. Заказчик посылает запрос в планово-производственный отдел. По запросу этот отдел совместно со специалистом проектных работ подготавливают объем работ. На этом этапе должен быть составлен договор, который явля-

ется основанием для проектирования. На этом же этапе главный инженер проекта и главный специалист проектного отдела разрабатывают задание на проектирование и осуществляют контроль входных данных. Далее задание поступает в проектный отдел, где разрабатывают разделы проекта секторы: строителей и архитекторов, технологов, отопления и вентиляции, водопровода и канализации, электриков и КИП. Главный специалист осуществляет нормоконтроль проектных работ по каждому разделу проекта. После этого проект поступает в счетно-экономический отдел и утверждается в целом главным инженером проекта. Далее проект поступает в отдел размножения документации.

4. *Стадии проектирования.* Основным документом, определяющим общие требования к проектам, является СНБ 1.03.02-96 «Состав, порядок разработки и согласования проектной документации в строительстве». Согласно этому документу объекты обычно проектируют в две стадии: *архитектурный проект* и *строительный проект*. Стадийность проектирования зависит от сложности проектируемого объекта. Для технически несложных объектов или при использовании типовых решений проектирование может включать одну стадию – строительный проект.

Архитектурный проект – проектная документация, обеспечивающая представление о материальном образе объекта, среде обитания, его размерах, физических параметрах и художественно-эстетических качествах. Все основные технические и экономические вопросы на этой стадии решаются без особой детализации, с общими принципиальными выводами о возможности и целесообразности реализации проекта. В состав проектных материалов этой стадии входят: пояснительная записка, структурные схемы управления и контроля, схемы автоматизации, ведомости приборов и средств автоматизации и электроаппаратуры, сметы на приобретение и монтаж технических средств автоматизации, планы расположения щитов и пультов.

На основании утвержденного архитектурного проекта разрабатывают строительный проект. На этом этапе разрабатывают проектную документацию, обеспечивающую непосредственную реализацию инвестиций в строительство объектов. На стадии строительного проекта, разрабатываемого для несложных объектов, проектные материалы объединяют цели и задачи, ставящиеся на стадиях архитектурного и строительного проектов.

Строительный проект – проектная документация, обеспечивающая непосредственную реализацию инвестиций в строительство объектов.

Состав строительного проекта соответствует составу рабочей документации на строительство объекта и уточняется заказчиком и проектировщиком.

5. *Состав проекта автоматизации.* Состав проекта определяется стадийностью проектирования. Состав и содержание разделов архитектурного проекта в соответствии с СНБ 1.03.02-96 следующие.

1. Общая пояснительная записка (основание для разработки проекта; исходные данные для проектирования; данные о проектной мощности, характеристиках продукции; основные проектные решения и показатели; мероприятия по охране труда; техника безопасности; технико-экономические показатели).

2. Генплан и транспорт (планы расположения).

3. Технологические решения, в которых приводятся краткая характеристика и обоснование принятых решений по технологии (схемы технологических процессов).

4. Организация и условия труда, управление производством.

5. Архитектурно-строительные решения.

6. Инженерное оборудование, сети и системы: электрооборудование, освещение, связь, сигнализация, противопожарные устройства и молниезащита и т. д.; структурные схемы управления и контроля, комплекса технических средств и пр.

7. Организация строительства.

8. Охрана окружающей среды.

9. Инженерно-технические мероприятия.

10. Сметная документация.

11. Эффективность инвестиций.

12. Заявочные ведомости на приобретение оборудования.

Состав рабочей документации систем автоматизации устанавливает ГОСТ 21.408–93 (строительный проект):

1) рабочие чертежи, предназначенные для производства работ по монтажу технических средств автоматизации. Комплект рабочих чертежей в общем случае включает:

– общие данные по чертежам (ГОСТ 21.101) и дополнительно к ним таблицу исходных данных и расчетов сужающих устройств, регулирующих органов, перечень закладных конструкций, первичных приборов и технических средств автоматизации;

– схемы автоматизации;

– схемы принципиальные;

– схемы (таблицы) соединений и подключения внешних проводов;

- чертежи расположения оборудования и внешних проводок;
- чертежи установок средств автоматизации;

2) эскизные чертежи общих видов нетиповых средств автоматизации.

3) спецификацию оборудования, изделий и материалов.

6. *Общие требования к документам проекта.* Основные требования к оформлению рабочей документации устанавливаются: ГОСТ 21.101-93 «СПДС. Основные требования к рабочей документации» и ГОСТ 2.105-95 «ЕСКД. Общие требования к текстовым документам». При оформлении учебных проектов необходимо руководствоваться и СТП БГАТУ 01.12-06 «Стандарт предприятия. Общие требования к организации проектирования и правила оформления дипломных и курсовых проектов (работ)», устанавливающим единые требования к учебным проектам, которые выполняют студенты агроэнергетического факультета.

Согласно требованиям ГОСТ 21.101-93 рабочие чертежи, предназначенные для производства строительных и монтажных работ, объединяют в комплекты по маркам. Каждому основному комплекту рабочих чертежей присваивают обозначение, устанавливаемое по действующей в организации системе, и через дефис – марку основного комплекта.

Марка основного комплекта рабочих чертежей по автоматизации состоит из буквы А и марки того основного комплекта чертежей, для которого разрабатывается система автоматизации:

АТХ – системы автоматизации технологических процессов (контроль и регулирование технологических параметров, системы автоматизированного управления технологическим процессом, диспетчеризация технологического процесса, автоматического узла, установки);

АПУ – автоматизация систем пылеудаления;

АОВ – автоматизация систем отопления и вентиляции;

АВК – автоматизация систем водоснабжения и канализации;

АНВ – автоматизация наружных систем водоснабжения (насосные станции, системы оборотного водоснабжения);

АНВК – автоматизация наружных систем водоснабжения и канализации;

АГСВ – автоматизация газораспределительных устройств;

АГСН – автоматизация газораспределительных пунктов;

АТС – автоматизация устройств теплоснабжения (тепловых пунктов);

АТМ – автоматизация тепломеханических решений котельных;

АПТ – автоматизация систем пожаротушения, пылеудаления;

АХС – автоматизация холодильной установки;

АВС – автоматизация компрессорной станции (установки воздухооборудования).

Чертежи выполняют в оптимальных масштабах с учетом их сложности и насыщенности информацией. Масштабы на чертежах не указывают (за исключением чертежей изделий и других случаев, предусмотренных в соответствующих стандартах СПДС).

Каждый лист графического и текстового документа должен иметь основную надпись и дополнительные графы к ней. Расположение основной надписи, дополнительные графы к ней, а также размеры рамок должны соответствовать указанным в приложении Е ГОСТ 21.101 (рис. 1.3).

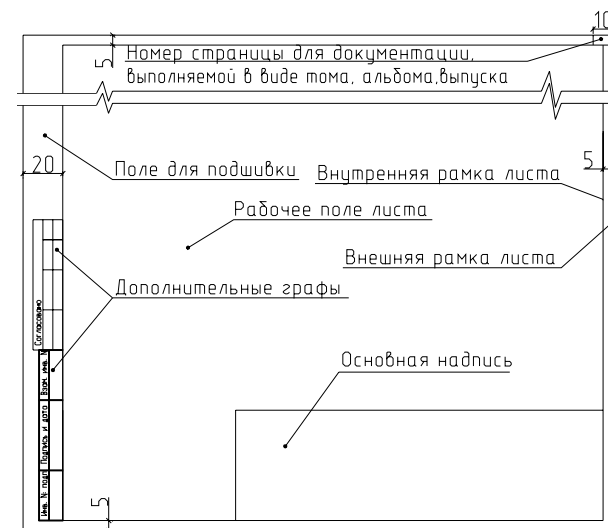


Рис. 1.3. Расположение основной надписи, дополнительных граф к ней и размерных рамок на листах

Основную надпись оформляют:

- на листах основных комплектов рабочих чертежей и основных чертежах проектной документации – по форме 3 ГОСТ 21.101 (рис. 1.4);
- на 1-м листе чертежей – по форме 4 ГОСТ 21.101 (рис. 1.5);
- на первых листах текстовых документов и эскизных чертежах общих видов нетиповых изделий – по форме 5 ГОСТ 21.101 (рис. 1.6);

– на последующих листах чертежей строительных изделий, текстовых документов и эскизных чертежах общих видов – по форме 6 ГОСТ 21.101 (рис. 1.7).

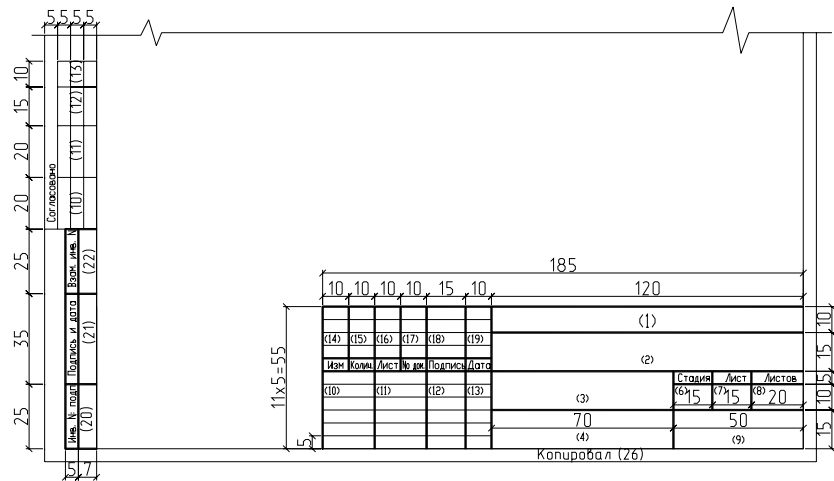


Рис. 1.4. Форма 3 – основные надписи и дополнительные графы к ней для листов: основных комплектов рабочих чертежей; основных чертежей разделов проектной документации; графических документов по инженерным изысканиям

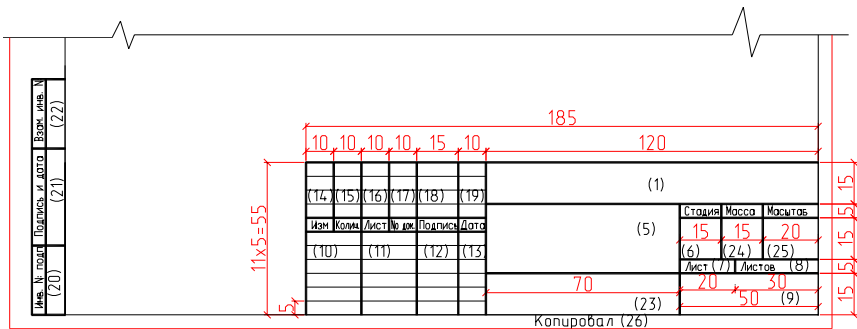


Рис. 1.5. Форма 4 – основные надписи и дополнительные графы к ней для чертежей строительных изделий (первый лист)

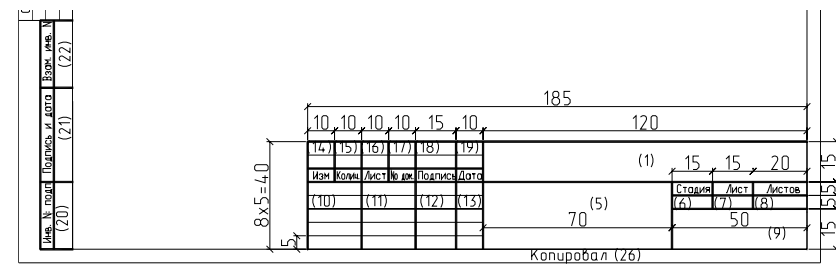


Рис. 1.6. Форма 5 – основные надписи и дополнительные графы к ней для всех видов текстовых документов (первые листы)

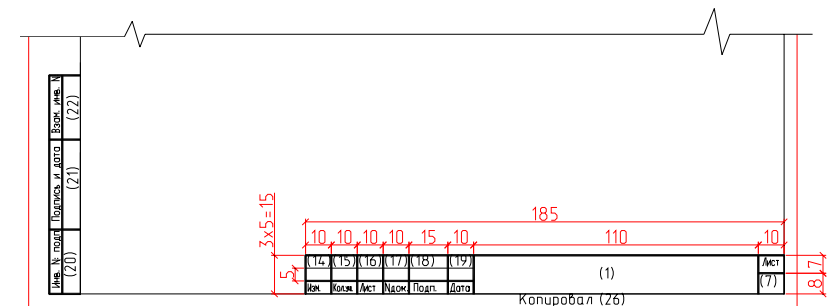


Рис. 1.7. Форма 6 – основные надписи и дополнительные графы к ней для чертежей строительных изделий и всех видов текстовых документов (последующие листы)

В графах основной надписи и дополнительных графах к ней указывают:

- в графе 1 – обозначение документа;
- в графе 2 – наименование предприятия, в состав которого входит здание, или наименование микрорайона (согласно СТП БАТУ «Тема проекта»);
- в графе 3 – наименование здания (сооружения);
- в графе 4 – наименование изображений, помещенных на данном листе;
- в графе 5 – наименование изделия и/или наименование документа;
- в графе 6 – условное обозначение стадии «строительный проект» – «С»;

- в графе 7 – порядковый номер листа. На документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют;
  - в графе 8 – общее число листов документа;
  - в графе 9 – наименование или различительный индекс организации, разработавшей документ;
  - в графе 10 – характер работы (разработал, проверил, нормоконтроль, утвердил); допускается свободные строки заполнять по усмотрению разработчика названиями должностей лиц, ответственных за выпуск документа;
  - в графах 11–13 – фамилии и подписи лиц, указанных в графе 11, и дату подписания;
  - в графах 14–19 – графы таблицы изменений;
  - в графе 20 – инвентарный номер подлинника;
  - в графе 21 – подпись лица, принявшего подлинник на хранение, и дату приемки (число, месяц, год);
  - в графе 22 – инвентарный номер подлинника документа, взамен которого выпущен подлинник;
  - в графе 23 – обозначение материала детали (графу заполняют только на чертежах деталей);
  - в графе 24 – массу изделия, изображенного на чертеже, в килограммах без указания единицы измерения;
  - в графе 25 – масштаб;
  - в графе 26 – подпись лица, копировавшего чертеж.
- Приведем основные формы документов, используемых в проекте автоматизации технологических процессов (рис. 1.8–1.12).

20	110	10		
15	Поз. обозначения	Наименование	Кол.	Примечание
8				

Рис. 1.8. Форма перечня элементов принципиальной электрической схемы

20	50	85	10		
15	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
8					

Рис. 1.9. Форма перечня составных частей щита

15	Подписи на табло и в рамках				10		
15	N надписи	Текст надписи	Кол.	N надписи	Текст надписи	Кол.	
8							

Рис. 1.10. Форма таблицы надписей на табло и в рамках

25	55	55	30		
18	Проводник	Откуда идет	Куда поступает	Данные провода	Примечание
8					

Рис. 1.11. Форма таблицы соединений

25	15	10	15	25						
15	Проводник	Выход	Вид конт.	Выход	Проводник	Проводник	Выход	Вид конт.	Выход	Проводник
8										

Рис. 1.12. Форма таблицы подключений

Требования к текстовым материалам проекта подробно изложены в [12], поэтому данный материал можно изучить в ходе самостоятельной работы.

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

1. Что обеспечивают нормативные документы при разработке проекта?
2. Перечислите основные группы нормативных документов, которыми необходимо руководствоваться при проектировании систем автоматизации.
3. Что является основанием для классификации схем по видам и типам?
4. На какие виды подразделяют схемы?
5. Охарактеризуйте основные типы схем, используемых в проекте автоматизации.
6. Перечислите основные этапы разработки проектной документации на проектном предприятии.
7. Охарактеризуйте стадии проектирования.
8. Раскройте состав проектной документации на стадии архитектурного проекта.
9. Раскройте состав проектной документации на стадии строительного проекта.
10. Какой основной нормативный документ устанавливает общие требования к оформлению графической части проекта автоматизации?
11. Раскройте требования к присвоению обозначения комплекту чертежей.
12. Какой основной нормативный документ устанавливает общие требования к оформлению пояснительной записки к проекту автоматизации?
13. Приведите в конспекте пример заполнения основной надписи, выполняемой на первом листе текстового документа в соответствии с положениями [11].
14. Какие формы основной надписи следует привести для документов, формы которых представлены на рис. 1.8–1.12?

### **Лекция 3.**

#### **Технология инженерного проектирования**

План:

1. Технология формулирования технического задания.
2. Технология предпроектных изысканий.

3. Принципы разработки проекта автоматизации.
4. Методика технико-экономического обоснования проекта автоматизации.
5. Техника защиты проектного решения.

*1. Технология формулирования технического задания.* Качество проекта автоматизации определяется системностью исследования объекта автоматизации, проработкой вариантов решения проектной задачи, всесторонностью обоснования технического решения и, в целом, системностью применения технологии проектирования.

Приступая к проектированию системы автоматизации, необходимо уяснить, насколько актуальна автоматизация процесса или установки. Какие недостатки имеют типовые варианты решений, используемых на подобных объектах? Как их устранить? Какие возможные пути автоматизации? Какие преимущества даст автоматизация процесса или установки? Таким образом, необходимо уяснить цель и задачи автоматизации процесса или установки.

Чтобы определить цели и задачи системы автоматизации, следует охарактеризовать объект автоматизации, проанализировать целесообразность автоматизации отдельных технологических операций и технологического процесса в целом, показать пути автоматизации объекта.

Начинают анализ с подробного изучения технологического процесса и возможных вариантов использования комплектов оборудования. Здесь необходимо иметь подробное описание технологического процесса и каждой технологической операции. При этом следует обратить внимание на те операции, которые могут вызвать частые остановки, выход из строя оборудования, снижение качества продукции, сдерживают увеличение производительности, требуют наибольших затрат труда и энергии. Далее следует определить необходимые характеристики технологического оборудования (производительность, мощность, регулируемые параметры, их диапазон, точность регулирования, способы и средства регулирования).

Завершают анализ технологического процесса определением вида автоматического управляющего устройства (АУУ), которое будет управлять объектом. Если объект управления – технологический процесс, операция, механизм, орудие, и если цель управления – поддержание или изменение по определенному закону управляемой величины или нескольких управляемых величин, то в качестве АУУ используют регулятор.

Если объект управления – сложный процесс, машина, поточная линия, состоящие из отдельных операций и механизмов, если цель управления – связать эти элементы, обеспечить определенную последовательность работы, переход с режима на режим при определенных условиях, то в качестве АУУ используют автоматы.

Если объектом управления является животноводческий комплекс, птицефабрика, тепличный комбинат, цех или подсобное предприятие, то в качестве управляющего устройства применяют управляющие машины (на базе SCADA-систем).

Если проектирование автоматизации ведут одновременно с технологическим проектированием, правомерно, прежде всего, сформулировать требования к самому объекту автоматизации. Для этого необходимо выявить его статические, динамические и энергетические характеристики, а также оценить управляемость объекта, оценить, что можно сделать, чтобы улучшить его характеристики.

Рассмотрим методику выявления путей автоматизации и требований к АУУ на примере разработки регулятора.

Чтобы найти пути улучшения качества функционирования выбранного технологического процесса, необходимо выявить управляемые величины, а также управляющие и возмущающие воздействия. Для этого рекомендуется объект управления представить в виде «черного ящика» (рис. 1.13). Рассмотрим, как это выглядит, на примере управления микроклиматом животноводческого помещения.

Начнем с управляемых величин, то есть с тех параметров, совокупность которых определяет понятие «микроклимат»: температура  $Y_1$ , влажность  $Y_2$  и скорость воздушного потока в зоне обитания животных  $Y_3$ , а также концентрация углекислого газа  $Y_4$ , аммиака  $Y_5$ , сероводорода  $Y_6$  и отрицательных ионов воздуха  $Y_7$  [9]. Для других объектов управляемые величины будут другие. Для относительно простых объектов достаточно одной управляемой величины, для сложных, каким является выбранный объект, – управляемых величин будет несколько.

После того как выбраны управляемые величины, необходимо определить управляющие воздействия. Как правило, этот вопрос решают технологи и энергетики.

Чтобы обеспечить заданную температуру, необходим обогрев помещения в зимнее время или охлаждение в летний период. Ограничимся рассмотрением зимнего периода. В этом случае в зависимости от проектного решения возможен обогрев горячей водой или электрической энергией.

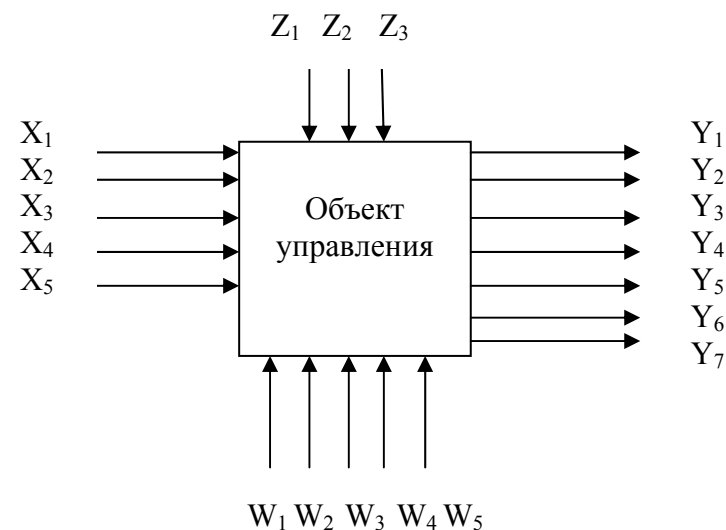


Рис. 1.13. Модель объекта управления (технологического процесса)

В первом случае в качестве управляющего воздействия может служить температура или (и) расход горячей воды; во втором – мощность электрокалорифера или электрообогреваемой панели. Обозначим это воздействие  $X_1$ . Для обеспечения заданной влажности необходимо либо понижать влажность (при ее избытке), либо увлажнять помещение (при ее недостатке). В первом случае процессом управляют при помощи вентилятора, во втором – при помощи увлажнителей. Для определенности будем иметь в виду первый вариант – управляющее воздействие – расход воздуха  $X_2$ . Другие управляемые величины также могут определяться расходом воздуха. При этом выявляют «диктующую» вредность, то есть ту управляющую величину, которую труднее всего обеспечить, для которой необходим наибольший расход воздуха. Наконец, для управления концентрацией отрицательных ионов в воздухе используют искусственную ионизацию. Управляющим воздействием служит напряжение на коронирующих электродах ионизатора  $X_3$ .

Далее выявляют возмущающие воздействия: контролируемые (которые возможно и целесообразно измерять) и неконтролируемые (которые измерять невозможно и нецелесообразно). На температуру в помещении влияют контролируемые факторы (наружная температура  $Z_1$ , скорость

ветра Z2,) и неконтролируемые (открытие дверей и ворот W1, изменение тепловыделений животных W2). На влажность воздуха внутри помещения влияют влажность наружного воздуха Z3 и влаговыделения животных W3, на концентрацию ионов в помещении – радиация стен W4 и газовыделения животных W5.

Изображение объекта в виде «черного ящика» облегчает формулирование требований к автоматизации, суть которых сводится к следующим положениям.

1. Формулирование алгоритма и цели функционирования.

2. На основе алгоритма функционирования объекта – формулирование алгоритма управления. Так, если в соответствии с алгоритмом функционирования требуется поддерживать постоянную температуру в пределах  $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ , то система управления должна отключать нагрев при достижении температуры  $21^\circ\text{C}$  и включать его снова при снижении температуры до  $19^\circ\text{C}$ . При более сложном алгоритме функционирования, когда температура в помещении должна зависеть от возмущающих воздействий, необходимо выявить эту зависимость и составить алгоритм управления по возмущению.

3. Определение, какой должна быть система по степени приспособляемости к условиям работы, то есть можно ли рекомендовать применение самонастраивающейся системы, если мы имеем дело с нестационарным объектом, динамические свойства которого изменяются во времени (например, теплица).

4. Выбор системы управления по виду применяемой энергии (электрическая, пневматическая или гидравлическая).

5. Выбор системы по числу управляемых величин.

6. Формулирование требований к качеству переходных процессов: длительности, максимальному динамическому отклонению, колебательности и т. д. Эти требования должны определяться технологией. Если такие требования сформулировать не удастся, то систему в дальнейшем оптимизируют по интегральным показателям качества.

7. Формулирование требований к точности системы. Они также определяются технологией.

Сформулированные требования должны быть включены в техническое задание.

Задание на проектирование оформляется на бланках установленной формы [12], где указывают:

- наименование предприятия и задачу проекта;
- перечень производств, цехов, агрегатов, установок, охватываемых проектом систем автоматизации, с указанием для каждого

особых условий (при их наличии): класс взрыво- и пожароопасности помещений, наличие агрессивной, влажной, сырой, запыленной окружающей среды и т. д.);

- стадийность проектирования;
- требования по вариантной и конкурсной разработке;
- основные технико-экономические показатели;
- сроки строительства и очередности ввода в действие производственных подразделений предприятия;
- наименование организаций – участников разработки проекта предприятия и систем автоматизации;
- предложения по централизации управления технологическими процессами и структуре управления объектом, по объему и уровню автоматизации;
- предложения по размещению пунктов управления, щитов и пультов;
- требования к качеству, конкурентоспособности, экологическим параметрам продукции;
- требования по разработке природоохранных мероприятий, техники безопасности, гигиены и пр.;
- особые условия проектирования.

Вместе с заданием заказчик должен выдать исходные документы и материалы для выполнения проектов систем автоматизации:

- технологические схемы с характеристиками оборудования;
- перечень контролируемых и регулируемых параметров;
- чертежи помещений;
- данные для расчета регулирующих органов;
- требования по надежности схем автоматизации;
- результаты НИР (математическое описание динамических свойств объектов, требования к качеству регулирования и др.);
- техническая документация по типовым проектам.

2. *Технология предпроектных изысканий.* Последовательность предпроектных изысканий сводится к следующему:

- сбор исходных материалов для проектирования;
- анализ объекта автоматизации;
- определение целей и задач автоматизации;
- определение вида автоматического устройства управления;
- анализ возможных типовых решений;
- проектное предложение;
- формулирование требований к объекту автоматизации и автоматическому устройству управления.

Технология и содержание первых четырех операций изложены в первом пункте лекции. Следует только добавить, что проектно-конструкторская деятельность невозможна без получения знаний о том, что было сделано раньше, и о новых достижениях в области разрабатываемой техники и технологии. Поэтому на этапе предпроектных изысканий нередко ведется патентный поиск и собирается новейшая научно-техническая информация. (Патентный поиск – это нахождение аналогов в решении новой задачи для того, чтобы не изобретать уже известное, а также с целью правовой защиты своего решения, которое может составить предмет изобретения.)

Современные методы разработки проектного предложения можно условно разделить на две большие группы по признаку доминирования в них интуитивных или логических процедур и соответствующих им правил деятельности.

Первая группа – это так называемые эвристические (интуитивные, или иррациональные) методы, которые опираются на активизацию творческой деятельности человека и развитие его способностей на основе развития интуитивных процедур деятельности, фантазии, аналогии и т. п. В эту группу входят методы: «мозговая атака», синектика, эвристических вопросов, эмпатий (личной аналогии), сравнительных стратегий, ассоциативный.

Вторая группа методов основана на использовании оптимальной логики анализа технического объекта, закономерностей его развития. Здесь предлагают логические правила анализа и синтеза, сравнения, обобщения, классификации, индукции, дедукции и т. д. Это рациональные, или логические, методы. Более подробную информацию по перечисленным группам методов можно найти в [12, с. 51–137].

Метод и термин «мозговая атака» предложены американским ученым А. Ф. Осборном как улучшенный вариант диалога Сократа с широким использованием свободных ассоциаций, одновременным созданием микроклимата в малых группах людей для повышения эффективности решения творческих задач. Существует несколько модификаций метода, например, прямая и обратная «мозговая атака».

Целью «мозговой атаки» является получение максимального количества новых идей за счет взаимного стимулирования членов группы к интенсивному поиску. Преимущество метода – в неограниченности спектра проблем для решения при минимальной предварительной подготовке участников, при условии, что проблема сформулирована просто и ясно. Метод можно использовать как в начале проектирования, когда проблема окончательно не определена, так и позднее, когда выделены

сложные проблемы. План действий при использовании метода заключается в следующем: собрать группу участников; ввести правило, запрещающее критиковать любую идею, какой бы «дикой» она не казалась, довести до участников, что необходимо получить максимум идей и участники должны попытаться комбинировать или усовершенствовать идеи, предложенные другими; зафиксировать выдвинутые идеи и дать им затем оценку. Эффективность «мозговой атаки» можно повысить, заранее сообщив участникам суть обсуждаемой проблемы. Недостатки и ограничения метода заключаются в том, что его применение позволяет выдвинуть идею в самом общем виде.

Метод контрольных эвристических вопросов заключается в поиске решения задачи с помощью подготовленного перечня (списка) наводящих вопросов. Расчет делается на то, что при ответе на поставленные вопросы наступает то «озарение», которое приводит к нужной идее решения задачи. В. И. Андреев составил следующие эвристические вопросы, стимулирующие решение творческих задач [13]:

1. «Нужно ясно понять задачу: что неизвестно? что дано? в чем состоит условие? возможно ли удовлетворить условию? достаточно ли условие для определения неизвестного или противоречиво? Сделайте чертеж; введите подходящее обозначение; разделите условие на части; постарайтесь записать их.

2. На этапе составления плана решения: как найти связь между данными и неизвестными? не известна ли вам какая-нибудь родственная задача? нельзя ли ею воспользоваться? нельзя ли использовать метод ее решения? нельзя ли сформулировать задачу проще, иначе? нельзя ли решить часть задачи, условия? все ли данные и условия вами использованы? приняты ли во внимание все понятия, содержащиеся в задаче?

3. Осуществляя план решения, контролируйте каждый свой шаг: ясно ли вам, что предпринятый вами шаг правилен? сумеете ли доказать, что он правилен?

4. Контроль и самоконтроль полученного решения предполагает поиск ответов на такие вопросы: нельзя ли проверить результат? нельзя ли проверить ход решения? нельзя ли получить тот же результат иначе? нельзя ли решить задачу, обратную этой?».

Достоинства метода эвристических вопросов заключаются в его простоте и эффективности для решения любых задач. Недостатки и ограничения в том, что он не дает оригинальных идей и решений и не гарантирует, как другие эвристические методы, абсолютного успеха.

Синектика, так же как и «мозговая атака», предполагает коллективный поиск новых решений. Однако синектическая группа не является впервые (или случайно) собранной группой людей, а представляет собой тщательно подготовленную группу. Ключевым моментом синектики является подход к процессу решения. В течение всего процесса работы синекторы стараются приблизиться к решению, но не выдвигают законченных идей. Нерациональная информация является причиной проявления в памяти метафор, образов. Постоянное стимулирование подсознания ведет к проявлению интуиции. Синектическая группа должна довести решение до уровня, позволяющего провести практическую реализацию идеи.

Метод морфологического анализа систем является одним из примеров реализации системного подхода. Основной принцип метода состоит в систематизированном анализе всех возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения совершенствуемой системы. В рассматриваемом техническом объекте (технической системе или процессе) выделяют несколько характерных для него структурных или функциональных морфологических признаков. Каждый такой признак может характеризовать какой-то конструктивный режим работы, то есть параметры или характеристики объекта, от которых зависит достижение объектом основной цели, определяемой его назначением. По каждому выделенному морфологическому признаку определяют различные конкретные варианты реализации технического предложения (рис. 1.14). Перебирая возможные сочетания альтернативных вариантов выделенных признаков, можно выявить новые варианты решения задачи, которые при обычном переборе могли бы быть упущены. Алгоритм метода состоит в следующем:

1. Формулировка задачи.
2. Составление списка всех морфологических признаков объекта задачи, то есть всех важных характеристик объекта, его параметров и режимов работы, от которых зависит реализация объектом своей главной цели.
3. Раскрытие возможных вариантов по каждому морфологическому признаку и составление морфологической матрицы (рис. 1.15).
4. Формулировка конкретных решений задачи путем сочетаний вариантов морфологических признаков.

5. Определение практической ценности полученных вариантов решения задачи и выбор наиболее эффективных из них.

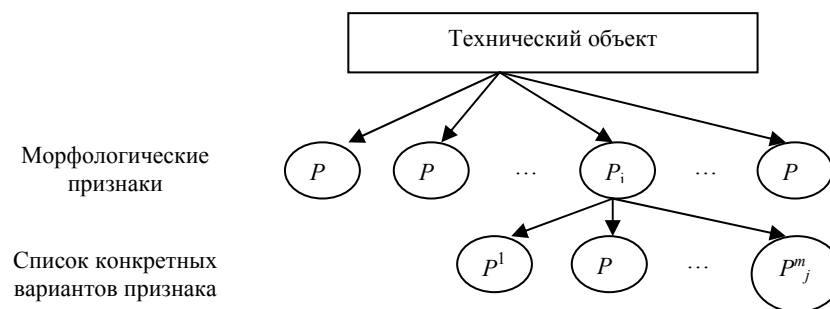


Рис. 1.14. Схема представления объекта совокупностью морфологических признаков

Номер варианта	Морфологические признаки объекта						
	$P_1$	$P_2$	$P_3$	...	$P_j$	...	$P_n$
1	$P^1_1$	$P^1_2$	$P^1_3$	...	$P^1_j$	...	$P^1_n$
2	$P^2_1$	$P^2_2$	$P^2_3$	...	$P^2_j$	...	$P^2_n$
3	$P^3_1$	$P^3_2$	$P^3_3$	...	$P^3_j$	...	$P^3_n$
4	$P^4_1$	$P^4_2$	$P^4_3$	...	$P^4_j$	...	$P^4_n$

Рис. 1.15. Морфологическая матрица

Метод десятичных матриц состоит в поиске технических решений путем анализа результатов применения десяти эвристических приемов Э (неология, адаптация, мультипликация, дифференциация, интеграция, инверсия, импульсация, динамизация, аналогия, идеализация) к каждой из десяти групп показателей  $n$  (геометрические, физико-механические, энергетические, конструктивно-технологические, надежность и долговечность, эксплуатационные, экономические и т. д.) технической системы ТС (рис. 1.16). В результате таких действий строится десятичная матрица поиска,

в ячейки которой записывают идеи решения задачи, то есть каждая ячейка матрицы соответствует определенному изменению какого-либо из основных параметров системы.

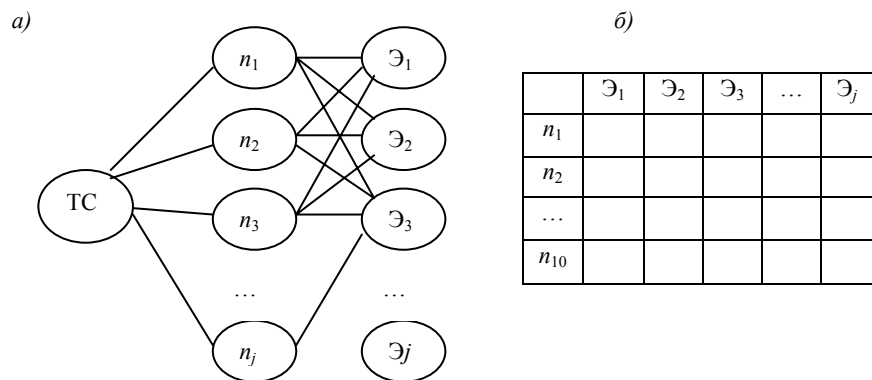


Рис. 1.16. Схема метода десятичных матриц:

а) – техническая эвристическая система; б) – матрица поиска новых технических решений

В результате разработки проектного предложения детально уточняется техническое задание, и окончательно формулируются требования к объекту автоматизации и автоматическому устройству управления.

3. *Принципы разработки проекта автоматизации.* На основном этапе проектирования формулировка задачи проектирования определяется типом технической системы. Различают *Q*-систему (система типа «изделие»), элементами которой являются детали и узлы изделия; *T*-систему (техническую систему), элементами которой являются детали и узлы технического объекта; *P*-систему (систему типа «процесс»), элементами которой являются производственные операции. Для данных систем рассматриваются три характерных типа задач.

*Задача анализа:* задана структура системы, необходимо определить ее функционирование.

*Задача синтеза:* заданы характер функционирования и другие требования к системе, необходимо определить структуру, которая удовлетворяет поставленным требованиям.

*Задача «черного ящика»:* задана система, структура которой неизвестна или известна частично, необходимо определить ее функционирование и, возможно, структуру.

На этапе собственно проектирования системы автоматизации чаще возникает задача синтеза, но часто – и третья задача.

Синтез САУ включает три основных этапа.

На первом этапе разрабатывается математическая модель проектируемой (синтезируемой) системы.

Способы математического описания класса САУ ТП приведены в табл. 1.1. Математическая модель отображает связи между показателями состояния, например, быстродействием и надежностью системы, ее точностью, качеством выпускаемой продукции и т. п., и параметрами управления, с помощью которых осуществляется воздействие на проектируемую систему, в результате чего меняются ее показатели, состояния и параметры управления. Математическая модель определяет область допустимых вариантов проектирования.

Таблица 1.1

*Математические модели процессов*

Класс модели	Характеристика	Способ описания алгоритма	Предпочтительные методы моделирования
Аналоговые (непрерывные системы)	Все входные, выходные величины и параметры состояний являются непрерывными во времени, изменяемыми сигналами	<i>Линейные</i> (векторные) обычные и дифференциальные уравнения в частных производных, дробные рациональные передаточные функции, пространственное изображение состояний. дифференциальные	Преобразование Лапласа, интеграл свертки, аналоговое и цифровое моделирование, фазовая плоскость, аналоговое, цифровое и гибридное моделирование
		<i>Нелинейные</i> (векторные) уравнения, описательная функция, пространственное изображение состояний	

Окончание табл. 1.1

Класс модели	Характеристика	Способ описания алгоритма	Предпочтительные методы моделирования
Системы импульсного регулирования	Входные и выходные величины являются дискретными во времени. Параметры состояний – непрерывными во времени сигналами. Они управляются в дискретные моменты времени входными величинами и наблюдаются с помощью выходных величин	<i>Дифференциальные</i> (векторные) уравнения, трансцендентные передаточные функции	Дискретное преобразование Лапласа, сумма свертки, гибридное и цифровое моделирование
Дискретные (двоичные) системы	Все входные, выходные величины и параметры состояний могут принимать только дискретные значения	Булева алгебра, теория автоматов, дифференциальные (векторные) уравнения, пространственное изображение состояний, Марковские процессы, таблицы автоматов, графы состояний, логические таблицы	Дискретное преобразование Лапласа, сумма свертки, интеграл Лапласа, цифровое моделирование

На втором этапе на основе математической модели составляется целевая функция, или критерий, оптимальности – математически сформулированная цель синтеза САУ.

В целевой функции могут быть одновременно отражены несколько показателей состояния с добавлением экономических показателей (например, прибыли, себестоимости и т. п.).

В некоторых вариантах целевая функция достигает экстремума. Этот экстремум определяет оптимальную область, из которой выбирается один из вариантов, для реализации.

Второй этап часто объединяется с первым.

На третьем этапе разрабатываются способы технической реализации выбранного варианта системы, полученного в виде общих математических зависимостей (рекомендаций), то есть составляются функциональные, структурные, динамические, принципиальные, монтажные и другие схемы.

Подробно технология синтеза САУ рассмотрена в [9]. В данном курсе подробно методы синтеза САУ рассмотрены в модулях 4 и 5.

4. *Методика технико-экономического обоснования проекта автоматизации.* Технико-экономическое обоснование проекта выполняется на стадии разработки архитектурного проекта и затем уточняется на стадии строительного проекта. На первой стадии технико-экономическое обоснование доказывает целесообразность принятого укрупненно технического решения (составляют ведомости). На второй стадии, наряду с уточненными расчетами экономической эффективности, обеспечивается составление спецификации на проектируемое оборудование с целью его приобретения. Последовательность технико-экономического обоснования состоит в следующем:

- исходя из цели проектирования системы автоматизации, определяют составляющие, из которых складывается экономический эффект автоматизации (табл. 1.2);
- оформляют спецификации на проектируемое оборудование, измерительные приборы и технические средства автоматизации;
- составляющие экономической эффективности обуславливают выбор показателей технико-экономической эффективности;
- обеспечивается технико-экономический расчет, выбор методики которого обусловлен выводами в предыдущих шагах [14, с. 164–174; 15].

Таблица 1.2

## Составляющие эффективности автоматизации

Составляющая	Характеристика	Показатели
Трудовой эффект	Обусловлен сокращением прямых затрат живого труда по уходу за скотом или птицей или на вспомогательных процессах на ферме благодаря применению на соответствующих трудовых операциях машин вместо мускульных усилий человека	Трудовые затраты, зарплата, экономия труда, приведенные расчетные затраты, годовой экономический эффект, срок окупаемости

Окончание табл. 1.2

Составляющая	Характеристика	Показатели
Энергетический эффект	Обусловлен сокращением расхода топлива и электроэнергии, улучшением графика работы электрических сетей и энергетического оборудования, сокращением потерь тепла	Затраты на энергоносители, экономия годовых эксплуатационных издержек, приведенные расчетные затраты, годовой экономический эффект, срок окупаемости
Структурный эффект	За счет изменения устройства оборудования достигается сокращение регулирующих и запасных емкостей, металлоемкости и стоимости оборудования, сокращаются потери производственной площади на устройство служебных проходов, увеличивается плотность поголовья скота или птицы в расчете на квадратный метр пола помещения или кубический метр его объема. Увеличивается концентрация размещения построек на территории фермы, сокращаются инженерные коммуникации	Капитальные затраты, приведенные расчетные затраты, годовой экономический эффект
Технологический эффект	Улучшение микроклимата увеличивает продуктивность молочных коров, крупного рогатого скота и свиней на откорме, яичной и мясной птицы, автоматизация раздачи кормов сокращает его потери при потреблении животными и транспортировке, регулируемый световой день повышает продуктивность несушек и улучшает сортность яиц	Прибыль от реализации продукции, годовой экономический эффект, срок окупаемости

5. *Техника защиты проектного решения.* То или иное проектное решение требует защиты, которая заключается во всестороннем обосновании основных выводов и предложений. При защите проектного решения следует четко сформулировать все основные технические решения: обоснование темы проекта, ее актуальность и новизну; раскрытие современного состояния решаемой проблемы и принятых технических решений; обоснование выбора системы

управления, ее технико-экономических показателей; особенности статических и динамических характеристик объекта; выбранный закон регулирования и тип автоматического управляющего устройства; параметры настройки регулятора, результаты определения устойчивости системы и качества переходных процессов. После краткого резюме об основных проектных решениях следует сделать выводы о преимуществах и недостатках разработанной системы, сопоставить ее с базовым вариантом.

Критериями оценки проекта могут быть:

- полнота решения, глубина обоснования и эффективность принятых решений, системность, логическая взаимосвязь всех частей проекта друг с другом и с более общей задачей (проблемой), завершенность проекта, объем выполненных работ;
- практическая ценность проекта;
- реализуемость проекта;
- технический уровень проекта, умение применять новейшие достижения науки и техники;
- оригинальность проекта, уровень культуры его выполнения.

#### Вопросы и задания для самоподготовки:

1. Каковы основные этапы разработки технического задания?
2. Каким образом определяется вид автоматического устройства управления, которое будет управлять объектом?
3. Какова методика формулирования требований к объекту автоматизации?
4. Какова методика формулирования требований к автоматическому устройству управления?
5. Раскройте суть требований к автоматизации какого-либо объекта.
6. Каково содержание задания на проектирование?
7. Какие исходные документы и материалы должен передать заказчик для выполнения проекта системы автоматизации?
8. Какова последовательность предпроектных изысканий?
9. На какие группы подразделяют методы разработки проектного предложения?
10. Какова суть метода «мозговая атака»? Подумайте, в каких случаях его можно применить при разработке проекта автоматизации.
11. Дайте сравнительную характеристику методам: «мозговая атака» и синектика.

12. Охарактеризуйте какой-либо рациональный метод разработки проектного предложения. Подумайте, в каких случаях его можно применить при разработке проекта автоматизации.

13. Какие типы технических систем различают? К какому типу относится система автоматического управления?

14. Какие этапы включает синтез САУ?

15. Раскройте последовательность технико-экономического обоснования проекта.

16. Каким критериям должен отвечать проект автоматизации?

## **МАТЕРИАЛЫ К ПРАКТИЧЕСКИМ И ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ**

При подготовке к практическим и лабораторным занятиям необходимо изучить теоретический материал модуля. Методические указания к практическим занятиям изложены в [17]. В рамках данного модуля предусмотрены два практических занятия по темам «Техника предпроектных изысканий», «Разработка технического задания». В [17, с. 4–14] изложены: задание, контрольные вопросы для самоподготовки, план работы на занятии и контрольные вопросы по теме.

### **Лабораторная работа**

#### **«Технология проектирования систем автоматизации»**

**Задача занятия:** уяснение основных этапов проектирования систем автоматизации; овладение методикой разработки технического задания для формирования проекта в пакете AutomatiCS-ADT.

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

1. Подготовить протокол отчета к лабораторной работе, руководствуясь программой ее выполнения.
2. В соответствии с заданным вариантом (Приложение 1) сформулировать требования к системе автоматического управления.
3. Ответить на вопросы для самоподготовки.

#### **Общие теоретические сведения**

При разработке проекта автоматизации в структуре САУ выявляются блоки, сформировать которые можно только на основе использования эвристических методов, но, вместе с тем, имеются определенные блоки, которые можно назвать типовыми и которые могут быть применены по образцу. Именно на использовании таких «типовых» блоков САУ построены некоторые пакеты САПР. Они имеют ограниченное использование в проектировании, но все же значительно облегчают работу проектировщика. Одним из таких пакетов САПР применительно к области проектирования систем автоматизации является пакет AutomatiCS-ADT (разработчик – Consistent Software) [18].

Укрупненно технология использования системы AutomatiCS -ADT (агрегативно-декомпозиционная технология) изображена на рис. 1.15. Видно, что проектные процедуры и операции отделены от процедур формирования документов.

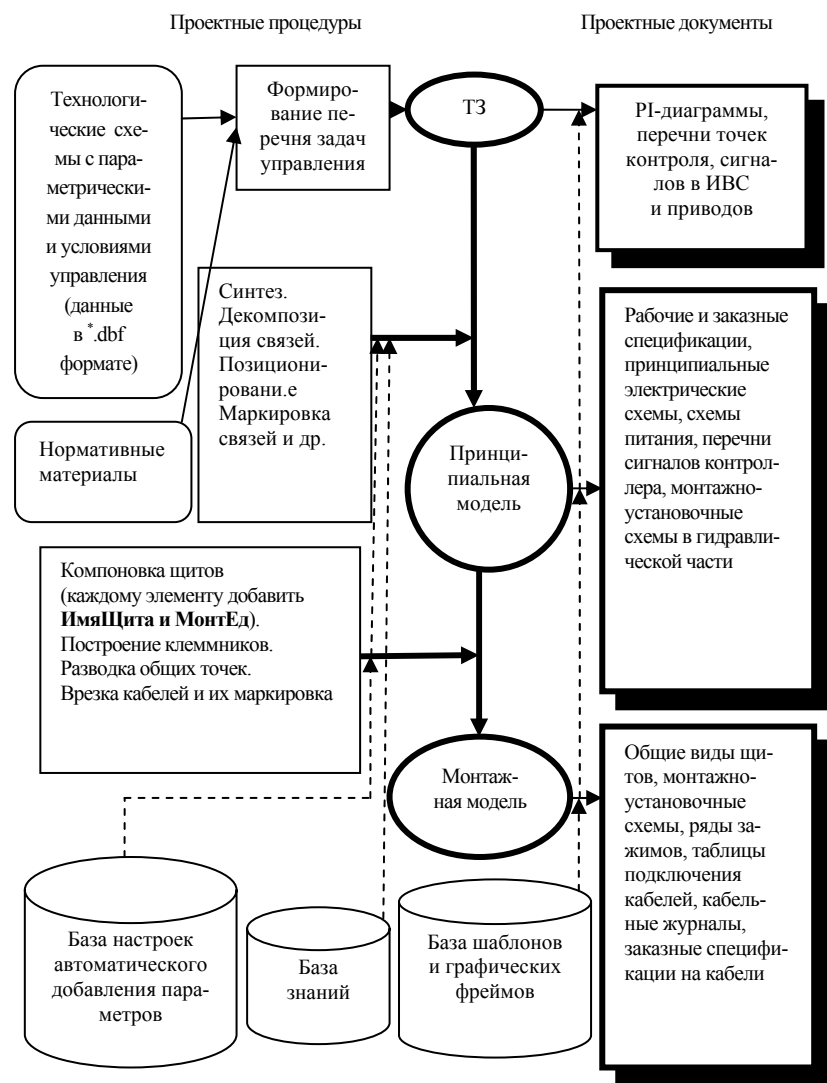


Рис. 1.15. Агрегативно-декомпозиционная технология проектирования

Информация о проекте накапливается в одном месте и затем, в соответствии с требованиями конкретного документа, может быть использована. При этом может быть полностью исключено дублирование вводимой информации. 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. Пунктирной линией отмечены потоки информации от базы знаний к соответствующим проектным процедурам и к процедурам документирования.

В терминах агрегативно-декомпозиционной технологии весь процесс проектирования укрупненно можно разбить на три этапа.

*1 этап. 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 полно 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: вводится поочередно информация о задачах управления;
- с привлечением графической подсистемы для формирования технического задания «от PI-диаграммы»;
- конвертируя информацию о задачах управления, подготовленную в терминах модели проекта в \*.dbf формате.

*2 этап. 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 единую процедуру синтеза структуры системы и выполняются в зависимости от конкретных условий и степени информативности технического задания с различной степенью автоматизации. Синтез основывается в основном на иерархической базе данных и знаний предметной области проектируе-

мых систем. На этом же этапе выполняются различного рода операции, обеспечивающие добавление параметров элементам или связям проекта. Поскольку эти операции уникальны для каждого вида проекта, следовательно, информация о них не может быть занесена в единую базу, значит, эти операции не могут быть выполнены на стадии синтеза, а только после его завершения. Это, например, присвоение функциональных обозначений элементам, проектных позиций в соответствии с теми или иными системами кодирования, присвоение марок электрическим связям и пр. Операции выполняются на основе базы различного вида настроек на автоматическое формирование параметров. На этом этапе возможно формирование различного рода принципиальных схем, перечней сигналов контроллеров, спецификаций и многое другое.

*3 этап. Формирование монтажной модели проекта.* Оно заключается в следующем:

1) внесение в модель результатов предварительной компоновки щитов, то есть 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 и объединение их по каким-либо признакам в соответствующие кабели. Маркировка кабелей.

На этом 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. На пустом месте ничего не возникает. Поэтому логично попытаться передать программной системе знания и опыт проектировщика. Поскольку система не обладает интеллектом, свойственным человеку, знания должны быть определенным образом сформулированы.

Это как раз и является наиболее трудным и творческим этапом работы.

Во-вторых, система AutomatiCS-ADT предполагает автоматизацию проектирования на основе использования Типовых проектных решений. Причем, понятие «типовой» здесь нетрадиционно и применимо для любого устойчивого проектного решения любого состава и сложности.

Эксперт-проектировщик никогда не берется за проектирование всей системы управления сразу. Проектирует по подсистемам, а те, в свою очередь, по частям, а части – по узлам, элементам и т. д. Но, принимая решения по отдельным узлам или элементам, проектировщик представляет целостную картину сначала той подсистемы, в которую входит данный узел, а затем и системы в целом. Чаще всего этот процесс дробления на части (декомпозиции), а затем сборки из готовых частей системы происходит неосознанно, как нечто само собой разумеющееся. Описание объекта проектирования (системы управления) по подсистемам, частям, узлам, элементам и т. д. и есть информационная основа системы AutomatiCS-ADT.

Здесь сразу может возникнуть возражение, что, используя такое описание, можно получить одну единственную систему, именно ту, которая описана. Конечно, описывать конкретные подсистемы, узлы и пр. нет смысла. Но если составные части представлять в виде некоторого «черного ящика», имеющего определенное число поименованных входов и выходов, то обязательно найдется ограниченное множество вариантов его структурной реализации, отличающихся по каким-либо характеристикам, по структуре и составу. Например, понятие «датчик температуры» может иметь один вход (вход технологического параметра) и один выход (информационный сигнал об измеряемой температуре).

Возможны варианты его реализации:

– ртутный термометр (выход в этом случае – это визуализация показаний);

– термомпара (если сигнал ненормированный и температура, например, выше 200 °С);

– термомпара, 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.

Обратите внимание, что понятие «термомпара» опять есть нечто иное, как «черный ящик», и у нее есть тоже множество вариантов реализации.

Как описать вариант структуры или, иными словами, «типовое проектное решение»? Прежде всего, вариант имеет уникальное имя. Далее необходимо описать перечень характеристик, параметров с их значениями, по которым будет осуществляться выбор этого варианта среди остальных. Необходимо описать имена входов и выходов варианта. Да-

лее перечисляются элементы, составляющие структуру варианта. Для каждого из них указываются связи с другими элементами, а также с входами и выходами самого варианта (рис. 1.16).

Следует обратить внимание на следующий факт: количество и имена входов и выходов определены и неизменны для вариантов «черного ящика». Переменна лишь структура. Описание области проектирования, таким образом, есть своеобразный способ обучения системы AutomatiCS-ADT. Не следует полагать, что, не затрачивая определенных усилий на обучение системы, на передачу ей опыта, можно получить какой-либо эффект от автоматизации проектирования. Описание области проектирования для системы AutomatiCS-ADT осуществляется единожды. И хотя в нем используются типовые проектные решения, в результате можно получать уникальные проекты с большим коэффициентом интеллектуальности.

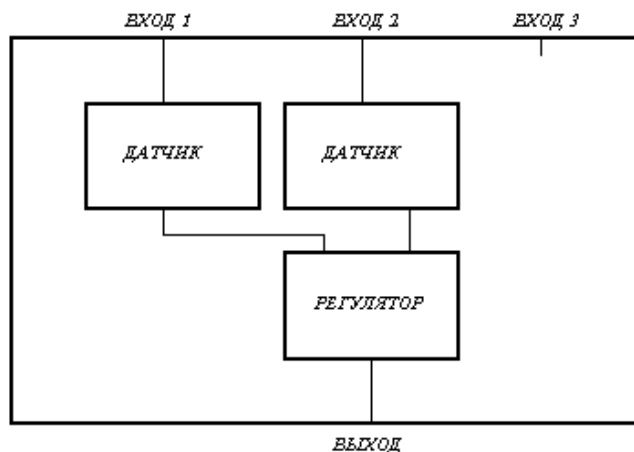


Рис. 1.16. Вариант структуры системы автоматического регулирования

Описание области проектирования осуществляется на специальном языке YRD [18], использующем термины, хорошо известные и понятные проектировщику.

Процесс формирования технического задания находится на начальных стадиях проектирования. Решения, принимаемые на этом этапе, особенно значимы. По-видимому, следует по возможности переносить часть информации из более поздних и крупных проектных процедур и операций в техническом задании. 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, предварительные компоновки щитов, распределение потребителей по источникам питания и пр. гораздо эффективнее использовать в качестве требований, пришедших из технического задания. Поэтому началу процесса формирования должны предшествовать соответствующие эскизные проработки указанных распределений. В противном случае формирование такого рода информации на поздних стадиях, когда процесс проектирования распараллелен по задачам управления, может вызвать необходимость дополнительных потоков информации по согласованию решений между параллельными потоками, что имеет место при традиционной технологии и является дополнительным источником ошибок.

Как же выглядит собственно процесс проектирования? AutomatiCS-ADT предполагает синтез как «движение от корня к множеству всех вершин». Что дает такой способ? Проектировщику предоставляется возможность иметь 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 получать более приемлемый (рациональный) проект.

Возможны различные режимы синтеза:

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

- диалоговый. AutomatiCS-ADT, предоставляя полную информацию обо всех возможных вариантах решений, оставляет за проектировщиком право выбора того из них, который, по его мнению, наиболее приемлем;

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

Для быстрого повторения синтеза структур нескольких задач управления, следующих одна за другой, для которых хорошо известны правила выбора, а также при условии, что наиболее подходящие варианты для каждого уровня этих задач окажутся на первом месте в списках вариантов, можно воспользоваться понятием закладки (Break Point). Закладка устанавливается на задаче, до которой синтез можно с уверенностью проводить в автоматическом режиме. Система до закладки будет самостоятельно принимать решения по выбору структур, а затем перейдет в диалоговый режим.

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

На рис. 1.17 упрощенно показан фрагмент синтеза задачи контроля с выбором в качестве датчика давления «Сапфир-22» и в качестве отображения информации модуля ввода системы «Квинт».

Заключительным этапом является документирование проекта.

#### Контрольные вопросы для самоподготовки:

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

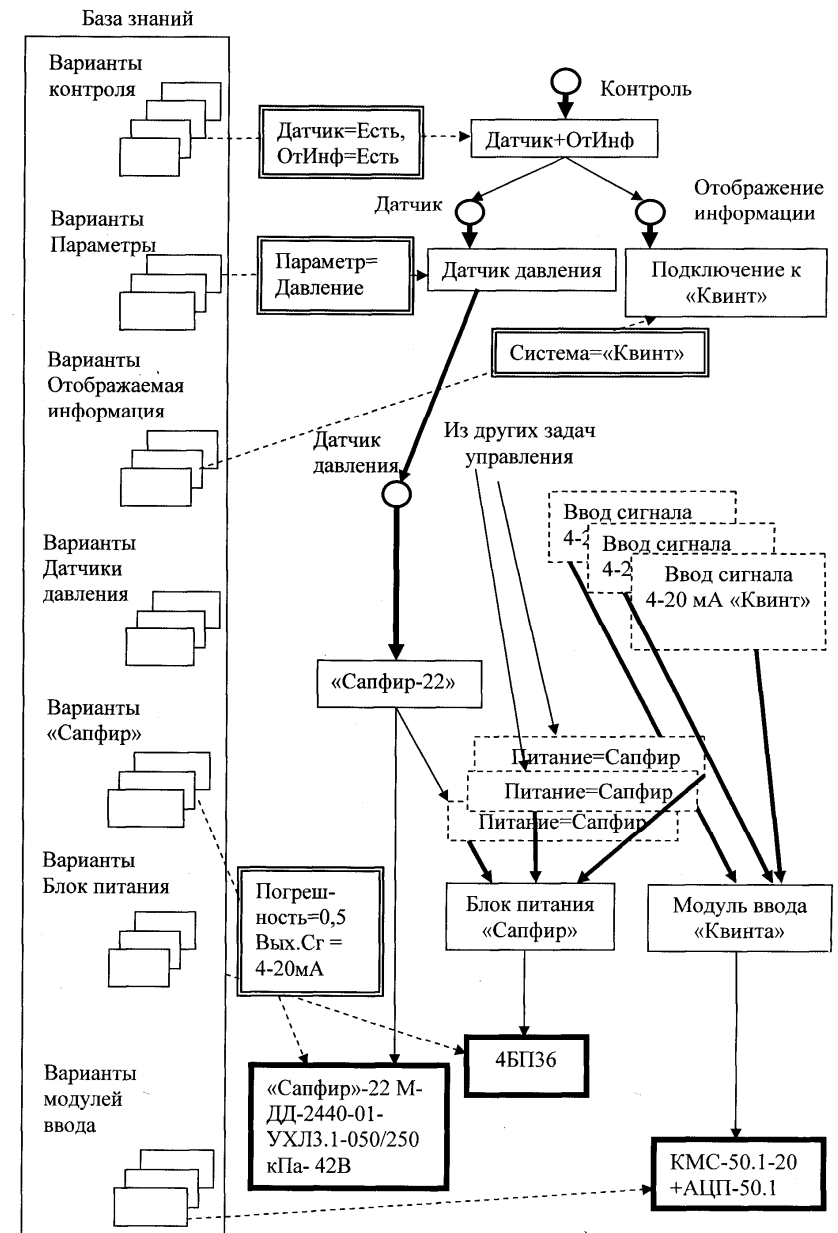


Рис. 1.17. Фрагмент синтеза единой модели проекта

## Задания

### 1-й уровень

1. В соответствии с вариантом (Приложение 1) сформулировать требования к системе автоматизированного управления и заполнить бланк задания на проектирование (Приложение 2).

2. Сформировать техническое задание на проектирование в AutomatiCS-ADT в диалоговом режиме.

### 2-й уровень

1. Выполнить задание первого уровня.

2. Провести агрегативный синтез проекта и получить принципиальную модель по варианту задания в AutomatiCS-ADT.

## Методика выполнения работы

Последовательность формирования технического задания на проектирование в AutomatiCS-ADT заключается в следующем.

1. На основании требований к объекту, а затем – к системе управления следует выявить основные функции САУ, состав контуров регулирования, управления, контроля и сигнализации. При этом требуется заполнить бланк задания на проектирование (приложение).

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

3. Чтобы создать новое ТЗ в AutomatiCS-ADT в диалоговом режиме, необходимо:

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

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

3) после выбора элемента выдается список параметров этого элемента. Выводится диалоговое окно корректировки параметров и требований. Необходимо обозначить те параметры, которые вы считаете необходимыми, и задать требования к ним. Если какие-либо параметры не обозначены, то считается, что требования к ним не предъявляются, и в ходе проектирования они могут принимать любые значения. Существуют, однако, требования, обязательные для обозначения, например, для предметной области систем кон-

троля и управления обязательно надо указывать имя технологического параметра или, точнее, точку измерения (приложения) управляющего воздействия на технологической схеме (например: «ИмяТП=За главной паровой задвижкой»);

4) для ускорения ввода можно использовать ранее введенную информацию в качестве прототипа. Для этого в окне Редактирование параметров следует нажать кнопку Предшествующее, выбрать из предложенного списка наиболее подходящий в качестве прототипа стартовый элемент. Затем остается только откорректировать некоторые параметры, свойственные вводимому элементу;

5) при корректировке параметра в окне корректировки следует пользоваться предлагаемым из базы списком значений, если таковые имеются. Здесь же, если необходимо, следует принимать 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 шитов, координаты и др.);

6) вновь сформированное значение параметра, если предполагается его дальнейшее использование, следует записать в файл описания параметров предметной области, нажав кнопку Записать;

7) выход из цикла формирования перечня элементы ТЗ осуществляется нажатием кнопки Закончить;

8) если на уровне ТЗ есть межэлементные связи (например, если один контур управления использует датчик другого контура), то необходимо эти элементы связать. Для этого необходимо установить окно просмотра класса проекта и селектировать два элемента, между которыми необходимо установить связи и дать команду **Класс/Соединить Элементы**. Затем установить связи между элементами.

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

4. В процессе синтеза технической структуры проекта можно выделить следующие этапы:

– декомпозиция элементов;

– агрегирование элементов;

– врезка клеммников и разводка на них общих точек, если это необходимо;

– построение кабельных связей.

### Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы:

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

## МАТЕРИАЛЫ К УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

### Тема 1. Содержание общих требований к текстовым документам проекта

#### 1-й уровень

1. Изучите требования к оформлению структурных элементов пояснительной записки проекта в соответствии с СТП БАТУ 01.12 -06 [11] и заданным вариантом (табл. 1.3).

Таблица 1.3

#### Варианты заданий

Вариант	Задание	Вопросы для конспектирования и доклада
1	Требования к структурному построению пояснительной записки проекта	1. Какова последовательность построения пояснительной записки? 2. Какие листы записки нумеруют, но нумерацию не проставляют? 3. На каких листах пояснительной записки не должно быть рамки и штампа? 4. На каком листе пояснительной записки оформляют «большую» основную надпись?
2	Требования к размещению и построению текстового материала	1. Каково должно быть расстояние: – между заголовком и текстом, – между строками, – от рамки до границы текста? 2. Каковы требования к оформлению заголовков?
3	Требования к оформлению формул	1. В каком случае формулы не нумеруют? 2. Необходимо ли пропускать строки между текстом и формулой, если та размещается на отдельной строке? 3. Как оформляют нумерацию формул? 4. Как оформляют пояснения к формуле?
4	Требования к построению таблиц	1. Какие требования к оформлению названия таблицы? 2. Какие требования к заполнению таблицы?
5	Требования к оформлению иллюстраций	1. Какие требования к оформлению названия иллюстрации? 2. Какие требования к выполнению иллюстрации?
6	Требования к оформлению ссылок и самой литературы	1. Как выполняют в тексте ссылки на литературу? 2. Какова последовательность занесения источников в список литературы? 3. Какова форма записи источника в списке литературы?

2. Занесите в конспект ответы на представленные по варианту основные вопросы и подготовьте краткое сообщение по данным вопросам.

### **2-й уровень**

Выполните задания 1-го уровня. По предложенным вариантам (Приложение 3) найдите ошибки в оформленном фрагменте записки. Подготовьте сообщение о содержании ошибок во фрагментах, приведите ссылки на источник требований к структурному элементу и правильный вариант его выполнения.

### **3-й уровень**

Выполните задание 2-го уровня. Предложите свои вопросы или задания, которые помогут усвоить требования по оформлению текстовых материалов проекта.

## **Тема 2. Технология сбора исходных данных к проектированию**

### **1-й уровень**

1. Заполнить карточки подготовки к практическим занятиям по темам: «Техника предпроектных изысканий» и «Разработка технического задания» [17, с. 4, с. 11].

2. В соответствии с должностными обязанностями работников проектных организации (Приложение 4) зафиксируйте в конспекте по пять наиболее значимых обязанностей для каждого должностного лица.

### **2-й уровень**

1. Выполнить задание 1 (1-й уровень).

2. В соответствии с этапами проектирования систем автоматизации и должностными обязанностями лиц проектной организации (приложение 4) определите (в конспекте) долю участия каждого должностного лица на всех этапах проектирования.

### **3-й уровень**

1. Выполните задание 2-го уровня.

2. В соответствии с содержанием действий по сбору исходных данных и должностными обязанностями лиц проектной организации (приложение 4) раскройте содержание действий каждого должностного лица на этом этапе проектирования.

3. Предложите пять критериев оценки правильности действий на этапе сбора и анализа исходных данных к проектированию и зафиксируйте их в конспекте. Сравните предложенные критерии с картой оценки действий, приведенной в приложении 5. Насколько они близки?

## *Образец контрольных заданий по модулю 1*

Вопрос	Кол-во баллов
<i>1-й уровень</i>	
1. Что обеспечивает нормативная документация?	0,5
2. Дайте определение стадиям проектирования	0,5
3. На какие группы подразделяют методы разработки проектного предложения?	0,5
4. Что понимают под проектом автоматизации технологических процессов?	0,5
5. Какие этапы включает синтез САУ?	0,5
6. Перечислите основные группы нормативных документов, которыми необходимо руководствоваться при проектировании систем автоматизации	0,5
7. Какой основной нормативный документ устанавливает общие требования к оформлению графической части проекта автоматизации?	0,5
8. Перечислите виды автоматических устройств управления, используемых на объектах автоматизации	0,5
9. Раскройте состав проектной документации на стадии строительного проекта	1
10. Раскройте задачи проектирования систем автоматизации	1
11. Перечислите вопросы, решаемые на этапе анализа исходных данных к проектированию систем автоматизации	1
<i>2-й уровень</i>	
12. Раскройте содержание действий инженера-проектировщика на третьем этапе процесса проектирования (предпроектирования). Каковы цель и задачи, решаемые на данном этапе?	2
13. Какова методика выявления путей автоматизации объекта и требований к автоматическому устройству управления?	2

## МОДУЛЬ 2 ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ В САПР

### Вводный комментарий к модулю

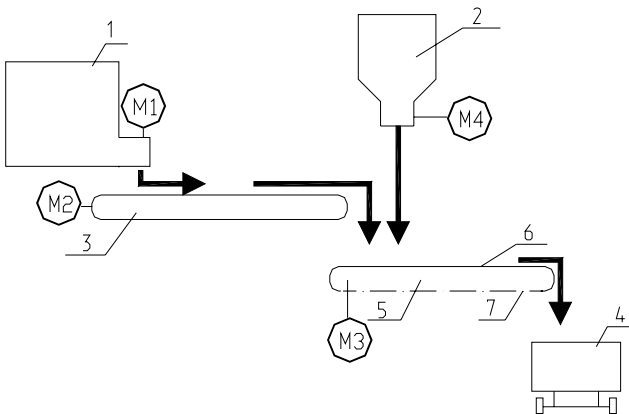
Студент должен *знать*:

- классификацию и возможности наиболее распространенных пакетов электротехнических САПР;
- принципы, порядок и особенности автоматизированного проектирования систем автоматизации;
- правила создания документации в среде графического редактора САПР;
- свойства элементов базы данных пакета САПР;
- средства адаптации пакета САПР;

*уметь*:

- разрабатывать несложные чертежи в среде графического редактора САПР;
- пополнять графическое меню-библиотеку, базу данных в САПР;
- использовать средства адаптации пакета САПР при настройке его на решение пользовательских проектных задач;
- работать аккуратно и ответственно.

Наиболее эффективным средством оформления документации проекта, а также поддержки принятия технического решения являются системы автоматизированного проектирования (САПР). Они обеспечивают высокое качество проекта, минимальные затраты на выпуск проекта и соответствие документации проекта нормативным требованиям. Однако все эти преимущества могут быть реализованы только при условии обладания проектировщиком знаниями о возможностях пакетов САПР, при наличии умения их использовать для решения ряда практических задач, выбирать средства, наилучшим образом реализующие проектную задачу, и способности адаптировать пакет к области проектирования. Поэтому важно освоить принципы и особенности автоматизированного проектирования систем автоматизации, приобрести умения разработки документации в пакетах САПР, а также умения сопровождения пакетов САПР.

Вопрос	Кол-во баллов
<i>3-й уровень</i>	
<p>14. Сформулируйте технические требования к системе автоматического управления линией раздачи кормов в коровнике. Технологическая линия обеспечивает раздачу двух компонентов рациона при послойной их загрузке на ленту 6 кормораздатчика 5.</p>  <p style="text-align: center;">Поясняющая технологическая схема: 1 – питатель грубых кормов; 2 – питатель комбикорма; 3 – транспортер; 4 – тележка для кормовых отходов; 5 – цепочно-ленточный кормораздатчик; 6 – лента; 7 – цепь; 8 – переходной мостик</p>	3

Современные графические пакеты имеют многообразные средства, позволяющие адаптировать их под пользовательские требования, сделать работу с ними более удобной. Кроме того, средства адаптации позволяют любому пользователю автоматизировать ряд операций, выполняемых вручную. Поэтому необходимо иметь представление о возможностях средств адаптации графического пакета и уметь их использовать для настройки пакета под конкретную задачу.

#### Учебно-информационная модель изучения модуля 2

№, тема занятия	Тип занятия	Вид занятия	Кол-во часов на 1 занятие
<i>Занятие 1</i> Характеристика пакетов САПР, используемых при разработке проектной документации систем автоматизации	Ознакомление с новым материалом	Лекция	2
<i>Занятие 2</i> Сравнительная характеристика электротехнических САПР	Обобщение и систематизация знаний	УСРС	2
<i>Занятие 3</i> Работа в режиме «электронного кульмана» в базовом пакете САПР	Ознакомление с новым материалом	Лекция	2
<i>Занятие 4</i> Особенности команд рисования и редактирования	Углубление и систематизация знаний	УСРС	2
<i>Занятие 5</i> Изучение возможностей графического редактора САПР	Углубление и обобщение знаний, умений, навыков	Лабораторное	6

Окончание

№, тема занятия	Тип занятия	Вид занятия	Кол-во часов на 1 занятие
<i>Занятие 6</i> Работа с базой элементов: особенности создания и применения	Ознакомление с новым материалом	Лекция	2
<i>Занятие 7</i> Принципы пополнения графического меню-библиотеки в САПР	Углубление и обобщение знаний, умений, навыков	Лабораторное	4
<i>Занятие 8</i> Цели, способы и средства адаптации пакета САПР к области разработки документации систем автоматизации	Ознакомление с новым материалом	Лекция	2
<i>Занятие 9</i> Принципы адаптации пакета САПР	Углубление и систематизация знаний	Практическое	4
<i>Занятие 10</i> Принципы использования программирования для адаптации пакета САПР к области разработки документации систем автоматики	Углубление и обобщение знаний, умений, навыков	Лабораторное	6
<i>Занятие 11</i> Принципы автоматизации проектирования и разработки проектной документации систем автоматизации в САПР	Контроль результатов обучения	Комплексное индивидуальное задание	2
Всего часов			34

## НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ

### Словарь основных понятий

**AutoLISP** – встроенный язык программирования графического редактора Autocad, который позволяет оперировать переменными различных типов и передавать их значения командам редактора при вводе данных.

**Адаптация** – процесс изменения свойств системы, позволяющий ей достигнуть определенного, часто оптимального или, по крайней мере, удовлетворительного функционирования при начальной неопределенности и изменяющихся внешних условиях.

**Алгоритм** – это предписание, которое определяет содержание и последовательность операций, переводящих исходные данные в искомый результат.

**Атрибут** – текстовая переменная – «ячейка», в которую при вставке блока можно записать некоторую строку.

**База данных** – большой информационный массив.

**База данных аппаратов ImBase** – модуль САПР, который позволяет назначать типы аппаратам проекта и поэтому связывает все четыре модуля системы, содержит более 5000 записей электроаппаратуры и материалов, внесенных из промышленного каталога «Информэлектро» и каталогов иностранных фирм, может служить в качестве справочника и пополняться пользователем.

**Блок** – составной поименованный примитив графического редактора, представляющий собой элемент графической базы данных и сохраненный в формате dwg на диске в определенной (в системе) папке.

**Вес линии** – это ширина, с которой линия будет выводиться на внешнее устройство.

**Графическая зона** – часть воображаемой экранной плоскости чертежа, предназначенная для выполнения построений.

**Графический редактор** – это программа, отображающая на экране графическую информацию и исполняющая команды создания, изменения, просмотра чертежа и вывода его на плоттер или на принтер.

**Интерфейс** – это средства взаимодействия пользователя с пакетом.

**Командная строка** – элемент интерфейса графического редактора, расположенный над строкой состояния, обеспечивающий диалог пользователя с редактором с помощью команд посредством выдачи запросов и сообщений.

**Курсорное меню** – это меню, содержащее наиболее употребляемые пользователем команды, которое вызывается щелчком правой кнопки мыши по элементу рабочего стола графического редактора.

**Ключевое слово** – это параметр команды, который изменяет способ ее действия.

**Лимиты** – это границы чертежа, внутри которых производятся все построения.

**Орто** – это режим рисования, позволяющий производить построение либо перенос, копирование и т. д. примитивов параллельно осям координат.

**Параметр** – величина, выражающая свойство или системы, или ее части, или влияющей на систему среды.

**Панель инструментов** – элемент интерфейса графического редактора, содержащий инструменты (кнопки), обеспечивающие вызов команд редактора на исполнение.

**Принцип** – основное исходное положение теории.

**Пустой ввод** – это нажатие ввода без набора запрашиваемого в командной строке значения параметра.

**Рамка** – режим выбора примитивов в графическом редакторе, состоящий в указании левой нижней и затем правой верхней точек рамки выбора, при котором в режим выбора попадают объекты, полностью охваченные рамкой выбора.

**Редактор принципиальных схем CADElectro** – приложение, которое позволяет создавать модель принципиальной электрической схемы, передавать данные в другие проектные задачи, а в последней версии позволяет автоматически получать монтажные документы в графической форме после их формирования в табличном виде в редакторе таблиц соединений.

**Редактор сборочных чертежей CADMech** – позволяет формировать общие виды щитов управления и автоматики, сборочные чертежи и планы расположения, позволяет передавать данные в AVS для формирования таблицы данных аппаратов, перечня элементов щита и т. д.

**Редактор таблиц соединений PTC** – позволяет редактировать монтажные документы, сформированные автоматически по данным модели принципиальной электрической схемы и передавать данные в AVS и CADElectro для формирования монтажных документов в графической форме.

**Редактор текстовых документов AVS** – приложение, предназначенное для получения в автоматическом режиме или вручную

перечней элементов, спецификаций, таблиц данных аппаратов, таблиц соединений и подключений, ведомостей и подобных документов и передачи их на печать или в чертеж.

**Режимы рисования** – установки графического редактора, обеспечивающие наиболее удобную работу с ним.

**Секрамка** – режим выбора примитивов в графическом редакторе, состоящий в указании правой верхней и затем левой нижней точек рамки выбора, при котором в режим выбора попадают объекты, которые хотя бы пересеклись рамкой выбора.

**Сетка** – это режим рисования, отображающий в зоне лимитов сетку из точек с настраиваемым шагом.

**Слайд** – мгновенная фотография экрана графического редактора Autocad.

**Слой** – подобен прозрачным калькам, из которых может состоять чертеж.

**Строка падающих меню** – верхняя строка графического редактора, содержащая меню с вложенными строками, вызывающими команды на исполнение.

**Строка состояния** – строка, расположенная под командной строкой (самая нижняя) и содержащая координаты курсора и кнопки включения/выключения режимов черчения. В строке состояния также выводятся сообщения.

**СУБД** – система управления информационными массивами.

**Тип линии** – шаблон (последовательность чередующихся линейных сегментов, пробелов, точек), по которому отрисовываются линии графического редактора.

**Файлы меню** – обычные текстовые файлы, содержащие командные строки и макроопределения, описывающие интерфейс графического редактора.

**Шаблон** – это прототип рисунка, содержащий начальные построения и установки режимов рисования, обеспечивающие быстрый старт в формировании определенного чертежа.

**Шаг** – это режим привязки к точкам сетки с определенным настраиваемым шагом или угловой привязкой.

**Dialog Control Language (DCL)** – специальный язык для создания диалоговых окон графического редактора Autocad.

## ОСНОВНОЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

### Лекция 1.

#### Характеристика пакетов САПР, используемых при разработке проектной документации систем автоматизации

План:

1. Классификация электротехнических САПР.
2. Характеристика электротехнических САПР: выпускаемая документация, уровень автоматизации, состав пакетов.
3. Принцип сквозного проектирования в САПР.
4. Возможности использования электротехнических САПР при разработке проекта автоматизации.
5. Порядок и особенности автоматизированного проектирования систем автоматизации.

*1. Классификация электротехнических САПР.* В настоящее время имеется достаточно много пакетов САПР, обладающих разными характеристиками. Поэтому классификацию САПР принято осуществлять по ряду признаков. Приведем некоторые из них.

По характеру базовой подсистемы САПР разделяют следующим образом:

- на базе подсистемы машинной графики и геометрического моделирования, когда основной процедурой является конструирование, то есть определение пространственных форм и взаимного расположения объектов;
- на базе систем управления базами данных, которые характерны для организации технико-экономических приложений, приложений, разрабатывающих щиты управления, и т. д.;
- на базе конкретного прикладного пакета;
- комплексные (интегрированные), состоящие из совокупности подсистем предыдущих видов.

По уровню автоматизации САПР разделяют на низко- (до 25 %), средне- (25–50 %) и высокоавтоматизированные системы.

По приложениям выделяют САПР:

- общего машиностроения – Mechanical CAD;
- архитектуры и строительства – ArchiCAD;
- технологических процессов – ProEngineer;
- электрооборудования и т. д.

САПР электрооборудования можно разделить по характеру и числу выпускаемых проектных документов:

1) обеспечивающие выпуск определенной части документации. Например, расчет и выпуск принципиальных электрических схем силового оборудования и питания. К таким относятся ELSO (операционная среда DOS), WinELSO (операционная среда Windows), разработанные системным центром Infars ([www.infars.ru](http://www.infars.ru)). Данные пакеты обеспечивают разработку принципиальных электрических схем электроснабжения объектов на напряжение 0,4 кВ, позволяют производить электротехнические расчеты в любом узле схемы, автоматизировать подбор кабелей, проводов и аппаратов защиты из соответствующих баз данных под расчетные параметры работы схемы. К подобным системам можно отнести и САПР-Альфа (совместная разработка ФРГ и РФ – компания «КАД ХАУЗ Байс», [www.cadhouse.webzone.ru](http://www.cadhouse.webzone.ru)), которая дополнительно позволяет выпустить в полуавтоматическом режиме планы расположения силового оборудования и освещения. Правда, данная система специализирована для нефтегазовой промышленности;

2) обеспечивающие сквозной цикл разработки документации на системы управления электрооборудованием. К таким системам относятся зарубежные разработки:

– CADdy (Германия ZIEGLER, [www.caddy.ru](http://www.caddy.ru));

– WS-CAD (Германия TE-KON);

– PC Schematic (Дания, Dps CAD-Center Aps, [www.pcschematic.com](http://www.pcschematic.com)).

Все эти системы обеспечивают минимальные затраты на оформление документации благодаря собственному графическому редактору, однако ориентированы на систему зарубежных стандартов.

В России к таким системам относится разработка ООО «Лир» – Electric ( [www.ler.ru](http://www.ler.ru) ). Но более проста в освоении система CADElectro, разработанная совместно фирмами «Техникон» и «Интермех» (Республика Беларусь, [www.technicon.by](http://www.technicon.by) ), которая, кроме того, использует промышленные системы управления базами данных.

2. *Характеристика электротехнических САПР: выпускаемая документация, уровень автоматизации, состав пакетов.* Электротехнические САПР, которые возможно применить в разработке проекта автоматизации технологических процессов, условно можно разделить на два класса пакетов:

1) использующие собственный графический редактор;

2) использующие общепринятый графический редактор.

Пакеты первого класса несколько экономят память, работают более надежно и быстро, однако не обладают возможностями адап-

тации под конкретные пользовательские проектные задачи. Поэтому в данном курсе упор сделан на вторую группу пакетов.

Примерами пакетов первого класса являются ELSO, EPLAN и т. п.; второй группы – САПР-Альфа, Electric, CADElectro и пр. Краткая сравнительная характеристика данных пакетов приведена в табл. 2.1. Более подробную информацию по пакетам САПР можно найти на указанных сайтах, в [21, 22 (приложение 1), 23], в журнале «САПР и графика».

Таблица 2.1

*Сравнительная характеристика электротехнических САПР*

Наименование (разработчик)	Состав пакета	Уровень автоматизации	Выпускаемая документация	Примечание
ELSO (Системный центр Infars, <a href="http://www.infars.ru">www.infars.ru</a> )	Подсистема формирования схем электрооборудования; подсистема электротехнических расчетов; подсистема светотехнических расчетов; подсистема автоматизированной разработки документации	Автоматизация разработки узкого пакета электротехнической документации	Справочные таблицы результатов расчетов по нагреву, потере напряжения; таблицы нагрузок; кабельный журнал и ведомость потребностей кабелей и проводов; схемы электрические принципиальные распределительной и питающей сети	Собственный графический редактор
EPLAN (Германия, EPLAN Software & Service GmbH & Co, <a href="http://www.eplan.de">www.eplan.de</a> )	Браузер, откуда осуществляется выход в окно создания проекта или графический редактор	Высокая степень автоматизации с настройкой на систему зарубежных стандартов	Принципиальные схемы, схемы подключений, перечень элементов, таблицы соединений, конструкция щита	Собственный графический редактор

Продолжение табл. 2.1

Наименование (разработчик)	Состав пакета	Уровень автоматизации	Выпускаемая документация	Примечание
САПР-Альфа (Компания КАД ХА-УЗ Байс (РФ), <a href="http://www.cadhouse.webzone.ru">www.cadhouse.webzone.ru</a> )	Содержит 15 модулей по количеству выпускаемой документации	Высокая степень автоматизации с настройкой на нефтегазовую промышленность	Справочные таблицы результатов расчетов по нагреву, потере напряжения; таблицы нагрузок; кабельный журнал и ведомость потребностей кабелей и проводов; схемы электрические принципиальные распределительной и питающей сети; планы расположения силового оборудования и освещения и т. д.	Графический редактор AutoCAD
Electrics (фирма «Лир» (РФ)) <a href="http://www.lir.ru">www.lir.ru</a>	Включает основные модули: модуль управления проектами; редактор принципиальных схем и схемы подключений Electrics v.4, (на базе Autocad); база данных аппаратов, проводов и библиотека УГО; редактор табличного представления схемы;	Достаточно высокая автоматизация разработки документации электрического проекта	Принципиальные схемы, схемы подключений, перечень элементов и таблицы соединений. Поддерживается только система ЕСКД	Графический редактор AutoCAD

Окончание табл. 2.1

Наименование (разработчик)	Состав пакета	Уровень автоматизации	Выпускаемая документация	Примечание
	генератор отчетов; MechaniCS – модуль предназначенный для оформления чертежей в соответствии с ЕСКД			
CADElectro (фирмы «Техникон» и «Интермех» (Республика Беларусь), <a href="http://www.technicon.by">www.technicon.by</a> )	Основу пакета составляют редактор принципиальных схем (на базе AutoCAD); редактор текстовых документов; редактор таблиц соединений; редактор сборочных чертежей; база данных аппаратов; система ведения архива	Высокая степень автоматизации за счет автоматической передачи данных между модулями	Схемы электрические принципиальные; таблицы соединений внутреннего монтажа; таблицы соединений внешнего монтажа; таблицы наборов зажимов; схемы соединений и подключений; комплект документации для создания конструктивного устройства; сборочные чертежи; схемы расположения; спецификации и ведомости	Графический редактор AutoCAD

3. Принцип сквозного проектирования в САПР. Общие принципы проектирования в САПР рассмотрим на примере интегрированной САПР CADElectro 5.0. Данная система использует в качестве графиче-

ского редактора – AutoCAD 2004–2007, промышленные системы управления базами данных Oracle или Imbase и программные продукты Intermech.

CADElectro – качественный инструмент для создания полного комплекта конструкторской документации на электрооборудование, однако выпустить полный комплект документации проекта автоматизации данный САПР не позволяет. CADElectro является базовым пакетом, который можно использовать для создания большинства документов проекта автоматизации при некоторой адаптации системы.

Система CADElectro позволяет создавать:

- схемы электрические принципиальные (ЭЗ);
- перечни элементов схем электрических принципиальных (ПЭЗ);
- таблицы соединений внутреннего монтажа (ТЭ4);
- таблицы соединений внешнего монтажа (ТЭ6);
- таблицы наборов зажимов;
- схемы соединений и подключений (Э4 и Э5);
- комплект документации для создания конструктивного устройства;
- сборочные чертежи (СБ);
- схемы расположения (Э7);
- спецификации и ведомости (ведомости покупных изделий, ведомость содержания драгметаллов и пр.).

Создание данной документации обеспечивается пятью основными модулями [21]

– редактор принципиальных схем (рис. 2.1) – CADElectro – позволяет создавать модель принципиальной электрической схемы, передавать данные в другие проектные задачи, а в последней версии позволяет автоматически получать монтажные документы в графической форме после их формирования в табличном виде в редакторе таблиц соединений;

– редактор текстовых документов (рис. 2.2)– AVS– предназначен для получения в автоматическом режиме или вручную перечней элементов, спецификаций, таблиц данных аппаратов, таблиц соединений и подключений, ведомостей и подобных документов и передачи их на печать или в чертеж;

– редактор таблиц соединений (рис. 2.3) – PTC – позволяет редактировать монтажные документы, сформированные автоматически по данным модели принципиальной электрической схемы, и передавать данные в AVS и CADElectro для формирования монтажных документов в графической форме;

– редактор сборочных чертежей (рис. 2.4) – CADMech – позволяет формировать общие виды щитов управления и автоматики,

сборочные чертежи и планы расположения, позволяет передавать данные в AVS для формирования таблицы данных аппаратов, перечня элементов щита и т. д.;

– база данных аппаратов (рис. 2.5) – Imbase – позволяет назначать типы аппаратам проекта и поэтому связывает все четыре модуля системы. Она содержит более 5000 записей электроаппаратуры и материалов, внесенных из промышленного каталога «Информэлектро» и каталогов иностранных фирм, может служить в качестве справочника и пополняться пользователем.

Шестой модуль – Serch – предназначен для ведения архива проектной документации и электронного документооборота.

Благодаря своим модулям CADElectro обеспечивает сквозной цикл проектирования согласно представленной на блок-схеме последовательности (рис. 2.6). Это означает, что каждый последующий документ формируется на базе данных предыдущего документа. Тем самым значительно экономится время на ввод данных и в целом – на разработку документации проекта.

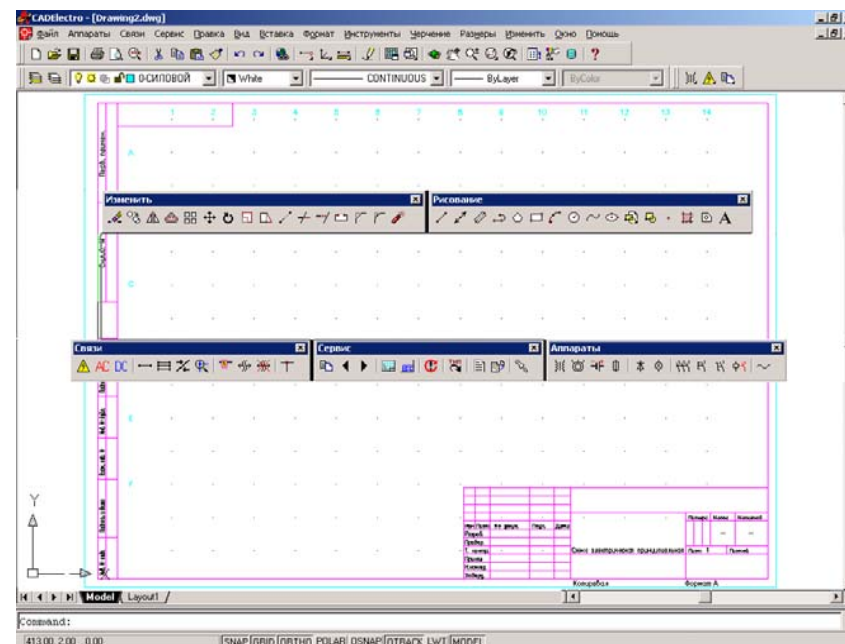


Рис. 2.1. Первый модуль САПР CADElectro – редактор принципиальных схем

AV55.7 - [Панель станции управления - ТЕХ0072.01.01.00.000 [D:\Старые\5555\Пример\Шкаф\Панель\Панель\_СБ\_5P]]

Фирм	Зон	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
	A3		ТЕХ0072.01.01.00.000 СБ	Сборочный чертёж	1	
	A4		ТЕХ0072.01.01.00.000 ТН3	Таблица набора элементов	1	
	A4		ТЕХ0072.01.01.00.000 Т34	Таблица электрических соединений	1	
	A4	1	ТЕХ0072.01.01.00.001	Кронштейн	2	
	A4	2	ТЕХ0072.01.01.00.002	Таблица	1	
				Стандартные изделия		
		3		Вент В М5-6р/14.36 019 ГОСТ 11844-75	44	
		4		Шайба 6 65° 019 ГОСТ 6402-70	44	
		5		Шайба 6 06.016 ГОСТ 11371-78	44	
		6		Роетка штепсельная РА6-214х072, IP24, Илан-6А ГОСТ 7395-0-89	1	
				Панель клеммная		
		7		Выключатель АЕ204МН-204-40РН3, 380В, 50Гц, 63А, 12н ТУ16-522-064-82	3	
		8		Выключатель ЗЛФ-Р-102-1/01, 220/380 В, 50 Гц, 1 А, С, ГОСТ Р50345-92	2	
		9		Выключатель ЗЛФ-Р-102-1/03, 220/380 В, 50 Гц, 3 А, С, ГОСТ Р50345-92	1	
		10		Выключатель ЗЛФ-Р-102-1/06, 220/380 В, 50 Гц, 6 А, С, ГОСТ Р50345-92	1	
		11		Выключатель ЗЛФ-Р-102-3/04, 220/380 В, 50 Гц, 4 А, С, ГОСТ Р50345-92	1	
		12		Выключатель-разделитель ВР-32-31631220, Илан-100 А ГОСТ 121212-97	2	
		13		Выключатель-разделитель ВР-32-36671250, Илан-250 А, переключатель ГОСТ 121212-97	1	
		14		Дроссель сетевой ДС-075/3, Илан-75А, L=0.18мГн, S=30-37 кВт	1	
		15		Источник стабилизированного питания ИМ118-220АС-24, 24VDC-0.7А, 17 Вт ТМ РЕ 14054417.002-00	1	
		16		Клемма EK2.5 РА, желто-зеленый Germany, Paderborn, Weidmüller GmbH & Co., Complete Catalogue 97/98 Cat. No. 047436	4	
		17		Клемма EK10 РА, желто-зеленый Germany, Paderborn, Weidmüller GmbH & Co., Complete Catalogue 97/98 Cat. No. 025466	4	
		18		Клемма SAK2.5, Кгб Germany, Paderborn, Weidmüller GmbH & Co., Complete Catalogue 97/98 Cat. No. 027962	27	
		19		Клемма SAK16, Кгб Germany, Paderborn, Weidmüller GmbH & Co., Complete Catalogue 97/98 Cat. No. 027102	21	
		20		Клемма SAKR, Кгб, 510 Dn, Germany, Paderborn, Weidmüller GmbH & Co., Complete Catalogue 97/98 Cat. No. 041218	6	
		21		Приставка контактная ПКЛ-400А, ТУ16-522-354-82	5	
		22		Приставка клеммная ПМН-110004А-90Гц, 110В ТУ16-664-001-83	1	

Рис. 2.2. Редактор текстовых документов AVS

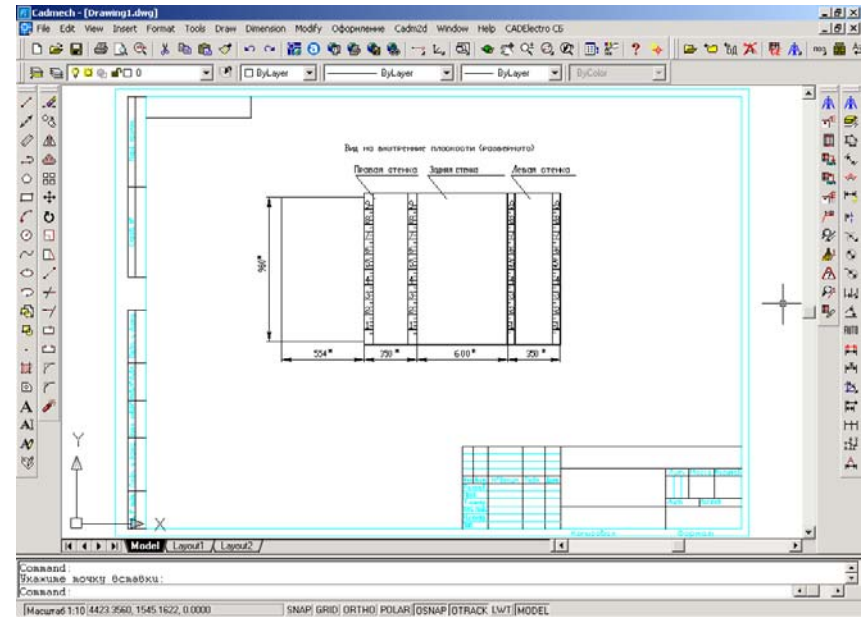


Рис. 2.4. Редактор сборочных чертежей CADMech

PTC - D:\Старые\5555\Пример\ЕЗ\ок\_tab.pjc - [Таблица соединений: Шкаф 1 - Станок (записей: 12)]

Марки...	Откуда	Куда	Тип провода	Длина, м	Род тока	Наконечник
L+	Шкаф 1-GV-5	Станок-ВР-1	ПВ3 0.75 мм2, синий	1	ПОСТОЯННЫЙ	Н 0.75/14, белый
B5	Шкаф 1-КМ1-2.4	Станок-М1-С2	Кабель 1 (ВВГ-1 4х16мм2)	2	СИЛОВОЙ	Н 16/28, зелен...
С5	Шкаф 1-КМ1-2.6	Станок-М1-С3	Кабель 1 (ВВГ-1 4х16мм2)	2	СИЛОВОЙ	Н 16/28, зелен...
A5	Шкаф 1-КМ1-2.2	Станок-М1-С1	Кабель 1 (ВВГ-1 4х16мм2)	2	СИЛОВОЙ	Н 16/28, зелен...
B6	Шкаф 1-КМ2-2.4	Станок-М2-С2	ПВ3 0.75 мм2, черный	2	СИЛОВОЙ	Н 1.5/14, красн...
С6	Шкаф 1-КМ2-2.6	Станок-М2-С3	ПВ3 0.75 мм2, черный	2	СИЛОВОЙ	Н 1.5/14, красн...
A6	Шкаф 1-КМ2-2.2	Станок-М2-С1	ПВ3 0.75 мм2, черный	2	СИЛОВОЙ	Н 1.5/14, красн...
3	Шкаф 1-КМ2-2.63	Станок-SL-?	ПВ3 1 мм2, красный	2	ПЕРЕМЕННЫЙ	Н 1.5/14, красн...
PE	Шкаф 1-ХТ1-39	Станок-ВР-РЕ	ПВ3 1.5 мм2, черный	2.5	СИЛОВОЙ	Н 2.5/14, синий
PE	Шкаф 1-ХТ1-39	Станок-М1-РЕ	ПВ3 1.5 мм2, черный	2.5	СИЛОВОЙ	Н 2.5/14, синий
PE	Шкаф 1-ХТ1-39	Станок-М2-РЕ	ПВ3 1.5 мм2, черный	2.5	СИЛОВОЙ	Н 2.5/14, синий
14	Шкаф 1-ХТ1-40	Станок-SL-?	ПВ3 1 мм2, красный	1	ПЕРЕМЕННЫЙ	Н 1.5/14, красн...

Рис. 2.3. Редактор таблиц соединений PTC

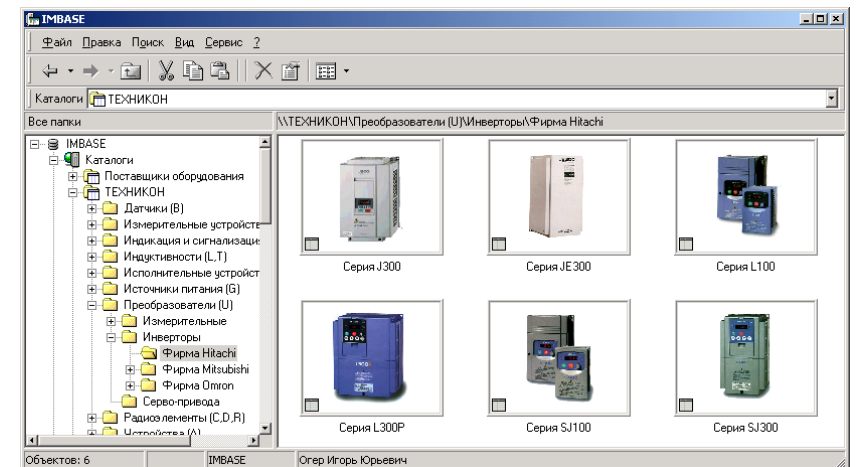


Рис. 2.5. База данных аппаратов Imbase



Рис. 2.6. Последовательность сквозного проектирования, реализуемая САПР CAPElectro

4. *Возможности использования электротехнических САПР при разработке проекта автоматизации.* Наиболее важными документами проекта автоматизации являются схема автоматизации и принципиальная схема.

*Схема автоматизации* – основной технический документ, определяющий функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологическим процессом, оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации (документ, определяющий структуру и функциональные связи между технологическим процессом и средствами автоматизации). Данный документ содержит технологическую схему и раскрывает объем автоматизации технологического процесса или установки. Большое многообразие технологических процессов мешает формализовать разработку подобного документа. А определение объема автоматизации тем более является процессом творческим. Поэтому выпуск данного

документа в САПР характеризуется наименьшей степенью автоматизации. Тем не менее, повторяющиеся элементы схем могут быть собраны в библиотеку графических элементов, что несколько сэкономит время на разработку документа. С этой целью могут успешно применяться как коммерческие пакеты САПР («Компас», фирма «Аскон») с соответствующей базой данных, так и общеприменимый пакет AutoCAD с разработанной пользователем графической библиотекой и настроенным шаблоном.

*Схема принципиальная* – это схема, определяющая полный состав элементов и связей между ними и, как правило, дающая детальное представление о принципах работы изделия. Она служит основанием для разработки монтажных таблиц щитов и пультов, схем внешних соединений и других документов [9]. Процесс разработки данного документа можно в некоторой степени формализовать. Это, в первую очередь, относится к выпуску перечня элементов принципиальной схемы. Многие операции при формировании данного документа также могут быть автоматизированы. Но так как этот документ в проектировании является базовым, придется вводить значительный объем исходной информации для его разработки. САПР может только максимально облегчить эту процедуру. В качестве примеров пакетов САПР, реализующих разработку данной документации, можно отметить как отечественные разработки CAPElectro (ООО «Техникон» и ООО «Интермех»), так и российские Electrics (ООО «Лир»), и зарубежные CADdy (Германия, ZIEGLER, www.caddy.ru), WS-CAD (Германия, TE-KON), PC Schematic (Дания, Dps CAD-Center Aps, www.pcschematic.com). Специализированные САПР максимально сокращают время на оформление принципиальных электрических схем за счет автоматизации всех рутинных операций по отрисовке схемы, автоматического формирования перечня элементов, связи с другими документами проекта.

*Монтажные документы* необходимы для проведения монтажа разработанной системы и базируются на сведениях, имеющихся в принципиальной электрической схеме. Процесс разработки данных документов может быть формализован, и поэтому их разработка подлечит высокой степени автоматизации. Примерами пакетов САПР, реализующих разработку данной документации, могут быть как отечественные разработки CAPElectro (ООО «Техникон» и ООО «Интермех»), так и российские Electrics (ООО «Лир»), и зарубежные CADdy (Германия, ZIEGLER, www.caddy.ru), WS-CAD (Германия, TE-KON), PC Schematic (Дания, Dps CAD-Center Aps, www.pcschematic.com).

В последнее время получила распространение табличная форма монтажных документов. Однако, несмотря на большой формат, на некоторых предприятиях все еще используют и схемы соединений. *Схема соединений* – это схема, показывающая соединение составных частей изделия и определяющая провода и другие изделия, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединения и ввода. *Таблица соединений* – это документ, отражающий соединения между аппаратами, приборами и элементами внутри конструктивного устройства и определяющий провода и другие изделия, которыми осуществляют эти соединения. *Таблица подключений* раскрывает подключения проводников к каждому элементу конструктивного устройства. Разработка монтажных документов, например, в пакете CADElectro, осуществляется с помощью редактора таблиц соединений (PTC) в полуавтоматическом режиме. Построение записей таблицы соединения производится автоматически на основании данных модели принципиальной электрической схемы. После этого пользователь может их откорректировать и перейти, если необходимо, к разработке монтажного документа в форме схемы. В редакторе таблиц соединений (PTC), при обработке данных, используется четкий алгоритм расчета таблиц соединений, который накладывает определенную жесткость на порядок работы, а также определяет некоторые условия для проектных и конструктивных решений.

Средним по степени автоматизации является процесс выпуска *документации на щиты управления*, так как здесь этот процесс подлежит частичной формализации. Поддерживает автоматизированное проектирование щитов автоматики пакет CADElectro, а также может быть использован AutoCAD с разработанными кафедрой АСУП пользовательскими программами, реализующими компоновку в щите автоматики.

Еще одним документом, который не обладает высокой степенью автоматизации разработки, является чертеж расположения оборудования и внешних проводок систем автоматики.

Таким образом, обеспечивая автоматизацию всех рутинных операций при разработке документации проекта автоматизации, САПР оставляет значительное количество операций за пользователем, что обуславливается их творческим характером и сложностью формализации.

5. *Порядок и особенности автоматизированного проектирования систем автоматизации.* При всем многообразии пакетов САПР ни одним из них нельзя обеспечить в целом полный комплект документации проекта автоматизации. Кроме того, специфические особенности документации проекта автоматизации обуславливают необходи-

мость настройки и адаптации промышленных САПР. (Подробнее об адаптации пакетов САПР – в материале лекции 4 данного модуля. А применить знания по методике настройки и адаптации потребуется при выполнении курсового проекта по дисциплине.)

Последовательность автоматизированного проектирования систем автоматизации представлена на рис. 1.1. На первых двух этапах полученный результат зависит от способностей самого проектировщика (табл. 2.2). На этапе предпроектирования можно рекомендовать пакеты для анализа различных вариантов решения: Analiz, MatLAB, MathCAD, во многих случаях не будет лишним и Excel. На этапе собственно проектирования нельзя выделить единственного пакета. Можно рекомендовать пользовательские программы к AutoCAD, пакет AutomatiCS и т. п., которые максимально упрощают основные расчеты и оформление решения. На этапе оформления решения рекомендуется использовать пакеты, автоматизирующие разработку определенного документа. На этапе оценки и технико-экономического обоснования можно использовать пакеты, автоматизирующие расчеты.

Таблица 2.2

*Рекомендации по использованию программ на различных этапах проектирования систем автоматизации*

Этап	Рекомендуемые группы методов	Рекомендуемые пакеты САПР
Постановка задачи	Целеполагание, проблематизация	Только «человеческий» фактор
Сбор и анализ исходных данных	Анализ	Excel и др. пакеты, которые помогают в анализе
Предпроектирование	Эвристические, логические, анализ	Analiz, MatLAB, MathCAD
Собственно проектирование	Синтез, расчет, моделирование, анализ, комбинирование и др.	Пользовательские программы, позволяющие максимально упростить основные расчеты и оформление решения, AutomatiCS и т. п.
Оформление проекта	Конструирование, разработка	AutoCAD, CADElectro и др.
Оценка и технико-экономическое обоснование	Расчет, оценка, корректировка	Excel
Выпуск и размножение проекта		Драйвера плоттеров

Таким образом, инженеру по автоматизации сегодня приходится ориентироваться во множестве методов проектирования и владеть достаточно большим количеством современных программных продуктов.

### Вопросы и задания для самоподготовки:

1. Для чего нужна классификация пакетов САПР?
2. Перечислите признаки классификации пакетов САПР.
3. Перечислите признаки классификации электротехнических САПР.
4. Раскройте классификацию электротехнических САПР.
5. Перечислите наиболее применимые пакеты электротехнических САПР.
6. Перечислите основания сравнения электротехнических САПР.
7. Какой основной принцип проектирования реализуют комплексные САПР? Раскройте его смысл.
8. Поясните назначение каждого модуля интегрированной САПР CADElectro.
9. Раскройте последовательность проектирования в САПР CADElectro.
10. Какие пакеты САПР можно применять в разработке:
  - схем автоматизации;
  - принципиальных электрических схем контроля, регулирования и управления;
  - монтажных документов;
  - щитов автоматики;
  - чертежей расположения оборудования и внешних проводок систем автоматизации?
11. Автоматизация разработки какого документа проекта автоматизации наибольшая, наименьшая? Почему?
12. Какие пакеты САПР можно использовать на каждом из этапов проектирования систем автоматизации?

### Лекция 2.

#### Работа в режиме «электронного кульмана» в базовом пакете САПР

План:

1. Интерфейс графического редактора.
2. Способы ввода команд.
3. Настройка режимов рисования.
4. Управление просмотром рисунка.

5. Особенности команд редактирования и рисования.

6. Работа с примитивами: использование слоев, цветов, типов линий и других свойств.

7. Порядок и особенности получения «твердой» копии документа.

*Интерфейс графического редактора.* Какой бы высокой не была степень автоматизации труда в САПР при выпуске «электронного» документа, некоторое количество операций приходится делать вручную. В большей степени данное утверждение относится к условиям создания документа в графическом редакторе. И именно в освоении графического редактора возникают наибольшие трудности у начинающих пользователей САПР. Рассмотрим некоторые особенности графического редактора AutoCAD, используемого в САПР CADElectro, – основном пакете, в котором придется работать проектировщику систем автоматизации. Для комфортной работы в нем необходимо усвоить:

- способы взаимодействия с редактором;
- способы вывода пространства листа документа на видовой экран;
- скорые приемы настройки режимов рисования;
- свойства примитивов;
- наиболее приемлемые, с точки зрения вывода на печать, приемы создания примитивов и управления их свойствами, а также наиболее быстрые приемы их редактирования;
- способы настройки интерфейса редактора.

Овладение первым компонентом из приведенного списка требует умения использования средств интерфейса графического редактора. К ним относятся:

- строка падающих меню (обычно верхняя), содержащая сгруппированные по меню команды;
- панели инструментов (фиксированные и плавающие);
- командная строка (куда выводятся запросы, которые пользователь обязательно должен отслеживать);
- строка состояния (где отображаются координаты курсора или подсказка при наведении на инструмент или строку меню по команде, а также содержатся кнопки переключения режимов рисования);
- собственно графическое поле построений.

Строка падающих меню может быть изменена путем включения или выключения тех или иных пунктов с помощью закладки Menu (Меню) области Customize окна диалога Customize User Interface (Адаптация интерфейса). Диалог вызывается из падающего меню

Tools (Инструменты), пункт Customize и далее Interface. Меню можно также загрузить с помощью команды **Menu (Меню)**.

Панели инструментов в редакторе оформлены так же, как и панели Microsoft Office. Поэтому, если вы подведете указатель мыши к пиктограмме одного из элементов любой панели, то через несколько мгновений под указателем появится подсказка с наименованием команды или функции редактора, выполняемой с помощью этой кнопки. Кнопка инструмента может иметь в правом нижнем



углу небольшой треугольник. Если нажать левую кнопку мыши при указании такого инструмента и не отпускать некоторое время, то появится панель инструментов, содержащая различные варианты исполнения данной команды.

Панели инструментов могут быть как плавающими, так и закрепленными, с фиксированным местоположением. Плавающие панели могут перемещаться по графическому полю и менять размер. Плавающую панель можно сделать фиксированной, если перетащить ее за пределы графического поля, а закрепленная панель превращается в плавающую, как только попадает в область графического поля путем перетаскивания. Вывести требуемые панели инструментов можно через контекстное меню, вызываемое щелчком правой кнопкой мыши (обычно) по какой-либо панели инструментов, присутствующей на экране. А изменить наполнение панели инструментов можно через диалог Customize User Interface (Адаптация интерфейса), вызываемого с помощью пункта Toolbars (Панели) меню View (Вид).

Строка состояния содержит координаты курсора и кнопки включения/выключения режимов черчения. В строке состояния также выводятся сообщения и подсказки по элементу интерфейса.

Окно командных строк обычно расположено перед строкой состояния и служит для ввода команд и ведения диалога с редактором. Однако, начиная с версии AutoCAD 2006, при работе в графическом редакторе можно обойтись без окна командных строк, так как имеется возможность включить динамический режим, при котором команды можно вводить в окно, привязанное к курсору.

Графическое поле – основная рабочая зона, в которой находится видимая часть рисунка.

Для выбора в меню (и на панели инструментов) часто используется устройство указания типа «мышь». При работе с мышью обычно левая кнопка (ЛК) применяется для выбора и указания точки на экране,

а правая кнопка (ПК) – для выполнения действия типа «Ввод». Если, удерживая клавишу Shift, выполнить щелчок правой кнопкой мыши, то выпадет курсорное меню. В некоторых случаях правая клавиша имеет специальное назначение. Указатель мыши меняется в зависимости от места указания. Он имеет вид перекрестия на графическом поле, вид стрелки при выборе из меню и I-образный вид в командной строке или текстовом окне. Курсорное меню по умолчанию содержит список объектных привязок и переключатель режима отслеживания.

2. *Способы ввода команд.* Весь диалог с графическим редактором идет на языке команд. Команды можно вводить различными способами: набрать на клавиатуре (отображается в командной строке или в появляющемся возле курсора окне в графическом редакторе при включении режима DYN), выбрать из меню или щелкнуть на соответствующей пиктограмме на панели инструментов. Команда может быть введена только в тот момент, когда в окне командных строк высвечивается подсказка «Команда:» (Command:).

Для ввода команды с клавиатуры нужно напечатать имя команды и нажать Ввод или Пробел. Некоторые команды могут быть использованы в прозрачном режиме путем ввода их с предшествующим апострофом ('Zoom ('Покажи) во время выполнения другой команды. Когда выполнение прозрачной команды завершится, основная команда станет активной. К прозрачным командам относятся обычно команды изменения параметров черчения или таких режимов рисования, как SNAP (Шаг), GRID (Сетка) или Zoom (Покажи). Для подавления вызова диалогового окна при выполнении команды нужно ввести знак минус перед ее именем, например, –Attedit.

После ввода команды редактор выдает запросы, в ответ на которые необходимо ввести дополнительную информацию: численное значение, ключевое слово или точку.

*Ключевое слово* – переключает способ выполнения команды – стоит в скобках [ ] – для набора слова достаточно ввести буквы, выделенные заглавными. А в скобках < > обычно стоит значение по умолчанию, подразумевающее пустой ввод.

Самый простой способ ввода точки – *визуальный*, когда щелчком ЛК мыши указывается на экране положение точки. Другой способ ввода координат – *с клавиатуры* – подразделяется на ввод абсолютных или относительных декартовых, или полярных, координат. Например, 92, –81.04 означает набор способом ввода абсолютных декартовых координат. В данном случае указана точка с коор-

динатами:  $X = 92$  мм,  $Y = -81.04$  мм. При вводе координат с клавиатуры запятая является разделителем между абсциссой и ординатой, а точка используется как разделитель между целой и дробной частями числа. Пример *абсолютных полярных* координат:  $115<45$ , где символ  $<$  интерпретируется как знак угла. В данном примере новая точка отстоит от начала координат в плоскости на 115 мм, а вектор, проходящий из точки (0,0) в новую точку, образует угол 45 градусов с положительным направлением оси абсцисс. Относительные координаты вводятся относительно предыдущей указанной точки и задаются символом @. Например, @15, -32 – это *относительные декартовы* координаты; @182.6<145 – это *относительные полярные* координаты.

Поясним это на примере. Воспользуемся командой **Pline (Плиния)** для отрисовки линии заданной толщины. Команду вызовем, допустим, через пункт Polyline (Плиния) падающего меню Draw (Черчение). При этом в командной строке появится следующая запись:

*\_pline*

*To есть «Плиния»*

*From point:*

*To есть «От точки.»*. В ответ на этот запрос следует указать координаты точки любым доступным способом: щелчком ЛК мыши на экране либо вводом с клавиатуры.

*Current line-width is 0.20*

*To есть «Текущая ширина линии 0.2»*

*Specify next point or [Arc/Halfwidth/Length/Undo/Width]: W*

*To есть «Укажите следующую точку или [Дуга / Замкни / Полиширины / Длина / Отменить / Ширина]:»*. В ответ на данный запрос можно либо указать следующую точку для прорисовки полилинии текущей толщины либо ввести ключевое слово из перечисленных в скобках [ ]. В данном случае пользователь ввел ключевое слово (*width – ширина*), используя букву, выделенную в строке заглавной.

*Starting width <0.20>: 1*

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

*Ending width <1.00>:*

*To есть «Конечная ширина <1.00>:»*. В ответ на данный запрос пользователь ввел «пустой» ввод, используя значение по умолчанию, то есть ввел значение конечной ширины, стоящее в скобках  $<>$ . Таким образом, произведено переключение на новое значение ширины полили-

*нии. После этого можно отрисовать линию новой заданной толщины. Для выхода из команды набран «пустой» ввод.*

Таким образом, работа с любой командой графического редактора требует отслеживания запросов, которые являются достаточно объемными для команд редактирования и требуют предварительной проработки.

**3. Настройка режимов рисования.** Чтобы сформированный чертеж был выполнен с соблюдением всех требований нормативов, необходимо рационально использовать режимы рисования и их настройку. К режимам рисования относят: ШАГ, СЕТКА, ОРТО, полярную привязку, объектную привязку, ВЕС и некоторые другие. Управлять данными режимами можно с помощью кнопок, находящихся в строке состояния. Режим считается включенным, если включена соответствующая ему кнопка. Включение и выключение кнопки режима осуществляется щелчком левой кнопкой мыши. Если подвести указатель мыши к кнопке режима, то над ней через мгновение появится подсказка.

Кнопка SNAP (ШАГ) позволяет включать или выключать режим привязки к точкам сетки с определенным настраиваемым шагом или угловой привязкой. Перемещения тогда осуществляются по прямоугольным сегментам с заданным шагом. Роль кнопки SNAP (ШАГ) выполняет также функциональная клавиша F9. Следует помнить, что для высокого качества выполнения чертежа шаг обязательно должен быть включен. А вот параметры шага лучше менять для удобства выполнения построений.

Кнопка GRID (СЕТКА) позволяет включать/выключать отображаемую в зоне лимитов сетку из точек с настраиваемым шагом. Эта сетка может отличаться от сетки, используемой в режиме Шаг Аналог кнопки – клавиша F7.

Кнопка ORTHO (ОРТО) включает или выключает режим ортогональности. Если этот режим включен, то редактор начинает исправлять вновь строящиеся прямолинейные сегменты отрезков и полилиний до вертикальности или горизонтальности. При включенном режиме невозможно провести линию или перенести примитив под определенным углом. Аналог – клавиша F8.

Кнопка POLAR (ОТС-ПОЛЯР) является расширением режима ORTHO(ОРТО) на углы с некоторым настраиваемым шагом. Аналог – клавиша F10.

При включении с помощью кнопки OTRACK (ОТС-ПРИВ) режима отслеживания объектной привязки редактор показывает, какая функция

объектной привязки могла бы быть использована вблизи показываемого примитива. Аналог – клавиша F11.

Кнопка DYN (ДИН) позволяет включить режим динамического ввода. При этом режиме сообщения команд их параметры, данные, вводимые пользователем, отображаются в небольших окнах около курсора. Аналог – клавиша F11.

Кнопка LWT (ВЕС) включает или выключает режим отображения весов элементов чертежа. *Вес линии* – это ширина, с которой линия будет выводиться на внешнее устройство.

Настройка режимов может быть выполнена с помощью диалогового окна Drafting Settings (Режимы рисования), которое вызывается либо с помощью пункта Drafting Settings (Режимы рисования) подающего меню Tools (Сервис), либо с помощью пункта Settings (Настройка) курсорного меню, вызываемого с помощью щелчка правой кнопкой мыши, если вы ставите ее указатель на одну из кнопок режимов (кроме кнопок ORTHO (ОПТО), LWT (ВЕС), MODEL (МОДЕЛЬ)). Также можно набрать с клавиатуры команду вызова диалогового окна DDRModes (ДиалогСред).

4. *Управление просмотром рисунка.* В рабочем пространстве графического редактора графические объекты могут иметь координаты любой величины. Для обеспечения удобства работы AutoCAD имеет специфические команды, управляющие отображением на экране нужной части рисунка.

Перемещения по листу чертежа очень легко осуществляется с помощью многокнопочной мыши. Функция скроллинга мыши позволяет очень быстро попасть в требуемую зону чертежа, так как настроена на использование команд зуммирования и панорамирования. Если покрутить скроллинг на себя, то изображение на экране будет уменьшаться, от себя – увеличиваться, что соответствует выполнению команды зуммирования. Если, нажав на скроллинг, перемещать мышь, то соответственно будет перемещаться лист чертежа в видовом экране, что соответствует выполнению команды панорамирования. Если осуществить двойной щелчок скроллингом, то рисунок будет отцентрирован на экране.

Сложнее приходится, когда используется обычная мышь. Чтобы обеспечить комфортные условия отображения окна зрения (область рисунка, выводимая на экран), приходится хорошо изучить команды управления видовым экраном редактора. Для изменения размера и места расположения видимой на экране части чертежа используется команда **Zoom (Покажи)**. Вызвать различные варианты выполнения команды можно из экранного меню View (Вид), вторич-

ного меню Zoom (Покажи) падающего меню View (Вид), стандартной панели инструментов и панели инструментов Zoom (Покажи). Также может быть вызвана команда **Pan (Пан)** с различными опциями. Заслуживает внимания и команда **DSViewer**, вызывающая окно общего вида, в котором отображается весь рисунок и которое позволяет быстро переместиться в любую часть рисунка с любым масштабом отображения (вызов по пути меню View (Вид), далее – Aerial View (Общий вид)). Можно рекомендовать подробно изучить все опции перечисленных команд управления окном зрения и обязательно попробовать действие команд с различными опциями, используя [24, с. 179–188 или 25, с. 16–18].

5. *Особенности команд редактирования и рисования.* Некоторое количество примитивов или графических объектов, несмотря на высокую степень автоматизации, приходится формировать вручную. Недостаточно представлять назначение команды рисования. Наибольшую трудность вызывает именно отслеживание запросов и ввод необходимых ключей и параметров команд. Поэтому при изучении возможностей команды рисования следует соблюдать следующую последовательность:

- а) уяснить имя команды, ее функциональное назначение, способ вызова (путь вызова в меню);
- б) выявить основные параметры команды, уяснить их назначение;
- в) проверить параметры команды в действии, фиксируя последовательность ввода ответов на запросы команды, понять, в каких случаях и для каких примеров их лучше использовать.

Одной из основных команд, которыми приходится пользоваться при работе с любым документом проекта, являются команды отрисовки текста. К ним относятся:

**Dtext (Дтекст)** – позволяет отрисовать текст «одиночной линией» в динамическом режиме отображения в графической зоне редактора;

**Mtext (Мтекст)** – позволяет отрисовать многострочный текст.

Наиболее приемлемой для использования в ряде случаев является команда **Dtext**. Вызвать команду можно несколькими способами: набрать в командной строке **Dtext** и нажать Ввод, или воспользоваться меню Draw (Черчение), далее – Text (Текст) и далее – Single Line Text (Текст одиночной линией). Потом следует отвечать на достаточное количество запросов, примеры которых приведены в табл. 2.3.

При формировании чертежа практически не обойтись без команд редактирования. Команды редактирования требуют набора примитивов для дальнейших действий, то есть выбора подмножества объектов рисунка.

Таблица 2.3

## Протокол запросов и ответов команды Dtext

Запрос–ответ	Комментарий
_dtext Current text style: "Standard" Text height: 3.00 Specify start point of text or [Justify/Style]: J (дтекст Текущий текстовый стиль: «Стандарт» Высота текста: 3.00 Укажите начальную точку текста или [Выравнивание / Стиль]: В)	В ответ на первый запрос опций команды, введена опция выравнивания. Если нажать пустой «Ввод», то команда перейдет в режим ввода текста – начальная точка
Enter an option [Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: M (Введите опцию [Выровненный/Вписанный/Центр/Середин а/Правый/ВЛ/ВС/ВП/СЛ/СС/СП/НЛ/НС/НП]: С)	Далее требуется ввести ключ выравнивания, в ответ на который введен ключ М – горизонтальное и вертикальное центрирование строки текста. Другие ключи: А – текст, вписанный между двумя точками с автоматически определенной высотой; F – строка текста заданной высоты выравнивается между двумя точками и др. [13, с. 32]
Specify middle point of text: (указываем точку центра текста ЛК мыши в рабочей зоне)	Запрашивается точка выравнивания текста
Specify height <3.00>: 5	Запрашивается высота текста и в скобках указывается значение по умолчанию
Specify rotation angle of text <0>:	Запрашивается угол поворота текста и в скобках указывается значение по умолчанию
Text: Рисунок 1	Ввод текста
Text:	Если необходимо еще писать текст, то на дальнейший запрос достаточно щелкнуть ЛК мыши в требуемой точке отрисовки нового текста и продолжить набор текста
Выход из команды обеспечивает пустой «Ввод».	
При повторе команды нажатием клавиши пробела или «Ввод» новый текст помещается под старым с той же высотой, наклоном и типом выравнивания	

Если пометить объекты в ответ на запрос Команда: (Command:), то на самом деле это будет означать выполнение команды **Select (Выбрать)**, формирующей набор объектов, с которыми будут выполнены какие-то действия, определенные в процессе выполнения команды. Сама команда может быть введена также с помощью клавиатуры и будет выдавать повторяющийся запрос (запрос повторяется в цикле, пока не нажать клавишу «Ввод»).

Команда выбора по умолчанию действует в режиме *Авто*.

В ответ на запрос необходимо указать точку с помощью мыши или ввести одну из опций выбора. Если при указании точки с помощью мыши квадратная мишень попадает на линию какого-то объекта, то он выбирается и подсвечивается. Если внутри мишени не оказывается линий объектов, то тогда указанная точка становится первой точкой рамки выбора. Вторая точка, указываемая в этот момент времени, становится вторым углом рамки, причем рамка является обычной (то есть «выбирает» только объекты, попавшие внутрь рамки), если вторая точка рамки была указана правее первой; и секущей рамкой (то есть «выбирает» и объекты, попавшие внутрь рамки, и объекты, пересеченные рамкой), если вторая точка указана левее правой.

Возможности основных команд редактирования рекомендуется усвоить в ходе УСРС, используя [24, с. 605–647 или 25, с. 36–40] в соответствии с планом, представленным в начале подраздела.

*б. Работа с примитивами: использование слоев, цветов, типов линий и других свойств.* Графические примитивы, помимо геометрических данных, имеют следующие свойства: цвет, тип линии, принадлежность слою, уровень и высота. Использование свойств примитивов в САПР позволяет передавать наиболее полную информацию о том или ином элементе чертежа из модуля в модуль. Например, использование различных слоев для формирования линий связи (силовых, переменного тока и постоянного тока) при разработке модели принципиальной электрической схемы позволяет программно назначать по умолчанию типы проводок при формировании монтажных документов.

Свойства примитивов можно изменить с помощью соответствующих инструментов на панели инструментов свойств объектов, которая обычно расположена под стандартной панелью (рис. 2.7). На панели находятся четыре раскрывающихся списка – Color Control (Цвет), Linetype Control (Вес линии) и Plot Style Control (Стили печати). Работа со слоями ведется через отдельную панель Layers (Слой) (рис. 2.8). Значения, установленные в списках данных пане-

лей, определяют текущие установки основных свойств. Пункты Layer (Слой), Color (Цвет), Linetype (Тип линии) и Plot Style (Стили печати) падающего меню Format (Формат) также дают возможность управлять текущими установками этих свойств.

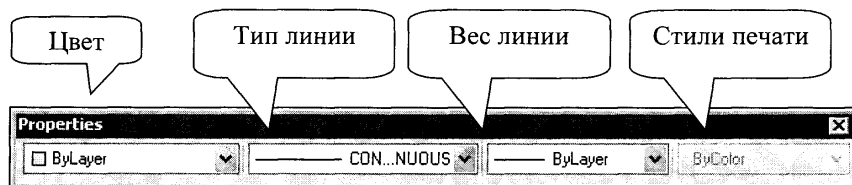


Рис. 2.7. Панель свойств объектов

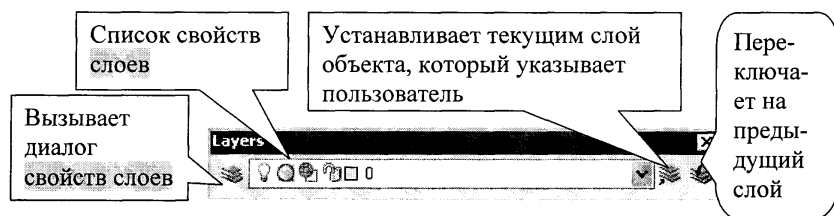


Рис. 2.8. Панель «Слой»

Различают постоянный и переменный цвет и тип линии. Поясним разницу между этими свойствами на примере цвета примитива. *Постоянный цвет* – это код цвета, по которому редактор отображает примитив именно этим цветом независимо от того, на каком слое или в каком блоке он находится. *Переменный цвет* – это цвет ByLayer [По Слою] (примитив принимает цвет, который назначен слою, на котором тот находится; при изменении цвета слоя цвет такого примитива изменяется) и ByBlock [По Блоку] (с каждой вставкой блока в чертеж в этом случае можно связывать свой собственный цвет).

*Тип линии* – это шаблон (последовательность чередующихся линейных сегментов, пробелов, точек), по которому отрисовываются линии в редакторе. Примерами задания типов линии могут служить следующие описания:

- \*DASHDOT, Dash dot
  - A, .5, -.25, 0, -.25
  - \*DASHED, Dashed
  - A, .5, -.25
- Маска шаблона типа линии следующая:  
 \*имя [ , описание]

Выравнивание, штрих1, штрих2, штрих3.

Если число больше нуля, то отрисовывается штрих, длина которого равна заданному числу в условных единицах редактора. Если число меньше нуля, то выполняется пропуск, длина которого равна заданному числу. Если число равно нулю, то отрисовывается точка.

Переключать текущий тип линии можно, используя список типов на панели инструментов свойств объектов. Если в списке нет приемлемого типа, необходимо воспользоваться диалогом свойств типов линий, вызываемым при выборе пункта Other (Другие) (рис. 2.9). Диалоговое окно Linetype Manager (Диспетчер типов Линий) также может быть вызвано через меню Format (Формат)/Linetype (Типы линии) или командой **Linetype (Типлин)**. Окно предназначено для операций с типами линий текущего документа. В центральной части окна в форме списка приводятся имена типов линий, которые уже загружены в рисунок. Для загрузки нового типа линий предназначена кнопка *Load (Загрузить)*, для установки текущим – *Current (Текущий)*.

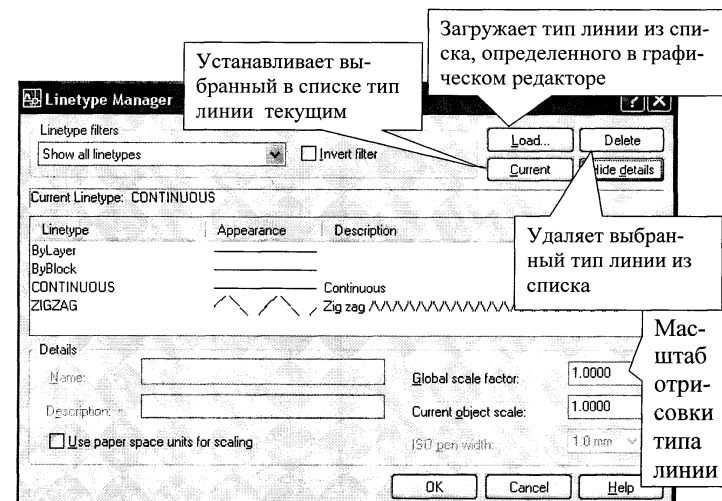


Рис. 2.9. Диалог управления типами линий

Масштаб отрисовки типа линии задается командой **Ltscale (Лмасштаб)**, а также значением в соответствующем поле предыдущего диалога.

Каждый примитив обязательно принадлежит какому-либо слою. Слой можно уподобить прозрачным калькам, из которых может

состоять чертеж. Очевидно, на разных слоях удобно располагать объекты, объединенные по какому-либо признаку. Например, при выполнении чертежа фасада щита удобно промежуточные линии (оси симметрии устанавливаемых приборов, монтажная зона щита и т. п.) выполнять на отдельном слое, который при выводе на плоттер будет отключаться, а остальные построения – на другом. Рекомендуется с определенным слоем связывать свой цвет, когда на этом слое расположены функционально связанные элементы, или свой тип линии.

Каждый слой имеет свои свойства, которые определяются в диалоге управления свойствами слоев (рис. 2.10), вызываемом кнопкой панели Слои. Диспетчер свойств слоев также может быть открыт через меню Format (Формат)/Layer (Слой) или командой **Layer (Слой)**. В левой части окна располагается область структуры, в которой показано «дерево» групп слоев. В правой части окна располагается табличная область, в которой показаны имена и свойства слоев, относящихся к группе, выделенной в данный момент в структуре. Один слой в рисунке является текущим (показан в правом верхнем углу). *Текущий слой* – это слой, на котором по умолчанию создаются новые объекты. Над табличной областью расположены кнопки, позволяющие создать, удалить или установить текущим слой.

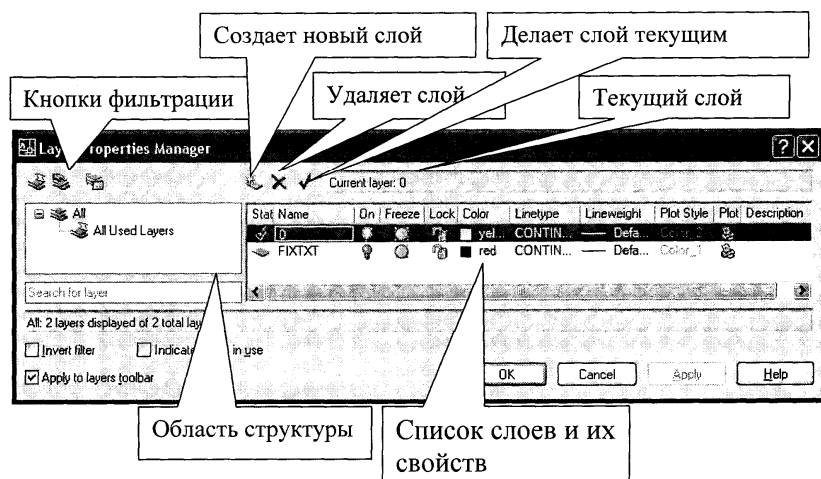


Рис. 2.10. Диалог управления свойствами слоев

Слой может иметь следующие характеристики:  
Name (Имя) – имя слоя;

On (Вкл) – состояние включения слоя (включен или выключен): объекты, расположенные на выключенных слоях, становятся невидимыми;

Freeze in all – состояние замораживания на всех видовых экранах одновременно (объекты, расположенные на замороженном слое, также временно не видимы);

Lock – состояние блокированности (блокировка предназначена для защиты объектов слоя от удаления и редактирования);

Color – текущий цвет для объектов слоя, у которых в качестве цвета задано значение ByLayer;

Linetype – текущий тип линии для объектов слоя, у которых в качестве типа линии задано значение ByLayer;

Lineweight – текущий вес линии для объектов слоя, у которых в качестве веса задано значение ByLayer;

Plot Style – стиль печати, применяемый при выводе к слою;

Plot – состояние объектов слоя относительно вывода на внешнее устройство (выводить или нет).

Таким образом, любой созданный примитив в графическом редакторе принадлежит слою и обладает цветом и типом линии (а также уровнем и высотой, что при 2d-отрисовке не является существенным). Если примитив обладает переменными свойствами, например, по слою, то установки свойств примитива могут быть изменены изменением свойств слоев. Кроме того, изменить свойства примитивов позволяет команда **Properties (ОкноСв)**, открывающая немодальное окно Properties (Свойства). Если в графическом экране отметить объект, то в окне будут показаны свойства примитива, которые можно изменять.

7. *Порядок и особенности получения «твердой» копии документа.* Для получения «твердой» копии «электронного» документа могут использоваться различные устройства: принтеры, плоттеры, графопостроители. Особенности вывода на печать определяются как требованиями к выводимому документу (необходимость соблюдения толщин линии, точности передачи окружностей, требования к цветам), так и используемыми драйверами печатающих устройств.

Для вывода на плоттер используется команда **Plot (Печать)**, пункт Plot (Печать) падающего меню File (Файл). При этом вызывается диалоговое окно печати Plot, приведенное на рис. 2.11.

Диалоговое окно печати предназначено для полного определения вывода: конфигурации плоттера, листа бумаги и части рисунка, которую нужно вывести.

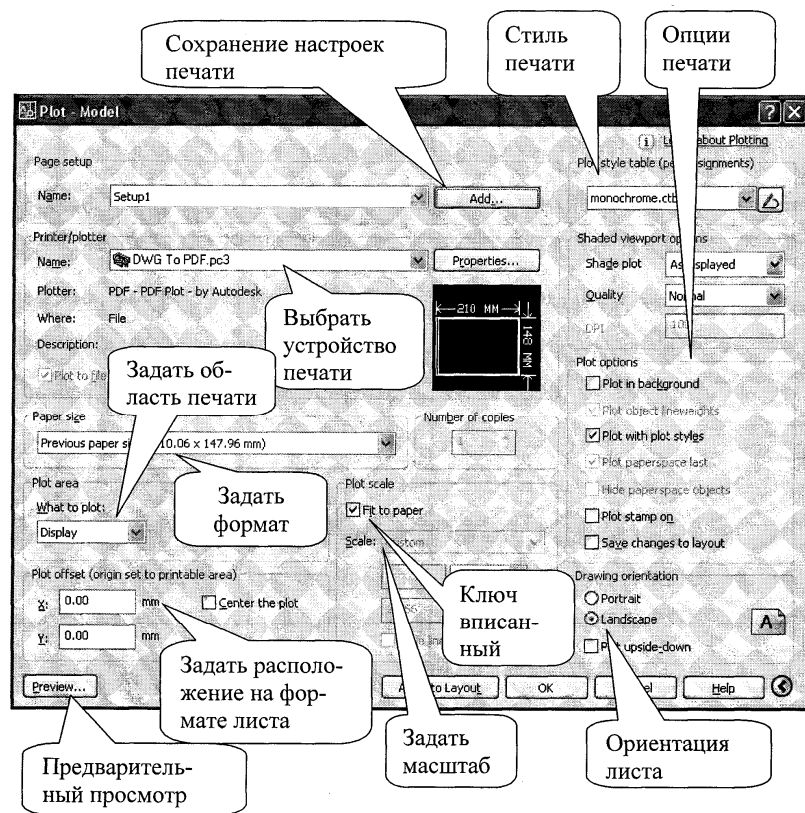



Рис. 2.11. Диалог печати текущего рисунка

Окно разделено на две части, и правая часть, по умолчанию, не показывается. Чтобы ее увидеть, следует нажать кнопку  в правом нижнем углу.

В диалоге печати необходимо:

- выбрать устройство печати – закладка Name:, область Printer/plotter;
- задать размер бумаги в области Paper size;
- выбрать область печати – закладка What to plot, область Plot area (при этом можно воспользоваться одним из ключей: Display – выбирает то, что показано на экране; Extents – границы построений; Limits – лимиты построений; Window – выбор с помощью рамки непосредственно в графическом экране);

- задать масштаб печати (или выбрать ключ вписанный) – закладка Scale, область Plot scale;
- задать ориентацию листа – область Drawing orientation;
- задать расположение на формате в области Plot offset;
- задать стиль печати в области Plot style table (например, при выводе на печать принципиальной схемы необходимо назначить стиль monochrome, чтобы получить черно-белый вариант чертежа);
- просмотреть фрагмент печати – кнопка Preview;
- если просмотр области печати устраивает, то можно сохранить настройки кнопкой Add в области Page setup и пустить на печать кнопкой OK.

### Вопросы и задания для самоподготовки:

1. Чем необходимо овладеть для комфортной работы в графическом редакторе САПР?
2. Дайте определение интерфейсу.
3. Что относят к средствам интерфейса графического редактора САПР?
4. Как может быть изменена строка падающих меню?
5. Какими могут быть панели инструментов?
6. Как вывести требуемую панель инструментов на экран?
7. Как изменить состав инструментов на панели инструментов?
8. Что отображается в строке состояния?
9. Как изменить состав кнопок в строке состояния?
10. Приведите в соответствие понятие и его смысл (в таблице):

Понятие	Смысл
1. Графическая зона	а – элемент интерфейса графического редактора, содержащий инструменты (кнопки), обеспечивающие вызов команд редактора на исполнение
2. Командная строка	б – строка, расположенная под командной строкой (самая нижняя) и содержащая координаты курсора и кнопки включения/выключения режимов черчения
3. Панель инструментов	в – часть воображаемой экранной плоскости чертежа, предназначенная для выполнения построений
4. Строка состояния	г – элемент интерфейса графического редактора, расположенный над строкой состояния, обеспечивающий диалог пользователя с редактором с помощью команд посредством выдачи запросов и сообщений

11. Каково содержание курсорного меню?
12. На каком языке ведется диалог с графическим редактором САПР?
13. Каковы способы ввода команд в графическом редакторе?
14. Какая клавиша служит для прерывания действия команды в графическом редакторе?
15. Какие клавиши могут выполнять функцию ввода в графическом редакторе?
16. Какие клавиши могут использоваться для повтора предыдущей команды?
17. Что означает параметр, забранный в скобки < >, при выводе запроса команды в командную строку?
18. Что означает термин «прозрачная команда»?
19. Что означает термин «пустой ввод»?
20. Что такое «ключевое слово»?
21. Перечислите способы ввода координат точки.
22. Для чего служат режимы рисования?
23. Приведите способы переключения режимов рисования.
24. Каким образом произвести настройку режимов рисования?
25. Какие режимы объектной привязки вы можете назвать?
26. Для чего служит шаблон?
27. Что обеспечивает команда панорамирования?
28. Что обеспечивает команда зуммирования?
29. Какая команда позволяет быстро вернуться к предыдущему виду на экране?
30. Перечислите способы вызова команд управления видовым экраном.
31. Каков план изучения особенностей команды рисования?
32. Какова основная особенность команд редактирования?
33. Каковы способы вызова команды выбора примитивов для редактирования?
34. Каковы различия режимов выбора: рамка и текущая рамка? В каких случаях лучше использовать тот или иной режим?
35. Что относится к свойствам примитивов?
36. Что такое слой?
37. Что такое тип линии?
38. Какими могут быть цвет и тип линии?
39. Какие свойства присущи слою?
40. Каким образом производится управление свойствами слоев и примитивов?

41. Какая связь существует между слоем, цветом и типом линии примитива?
42. Как вызвать диалог печати?
43. Какие установки должны быть заданы в диалоге печати для вывода на печать принципиальной схемы, выполненной в CADElectro?

### Лекция 3.

#### Работа с базой элементов: особенности создания и применения

План:

1. Виды и свойства баз данных в используемых пакетах САПР.
2. Блок как элемент графической базы данных пакета САПР.
3. Организация графической библиотеки через центр управления.

*1. Виды и свойства баз данных в используемых пакетах САПР.* Любое проектирование невозможно без информационного обеспечения и системы управления информационными массивами. Например, в пакете CADElectro находятся несколько баз данных:

– база данных условных графических обозначений аппаратов (библиотека УГО) – содержит изображения аппаратов, применяемые при проектировании схемы электрической принципиальной.

– база данных изображений аппаратов на компоновочных чертежах (база данных изображений) – содержит изображения аппаратов на сборочных чертежах и схемах расположения.

– база данных типов аппаратов, которая является связующим элементом баз, указанных выше, – содержит типы аппаратов, которые выбираются при проектировании принципиальной схемы.

– база данных проводов, кабелей и клемм, используемых в Редакторе Таблиц Соединений.

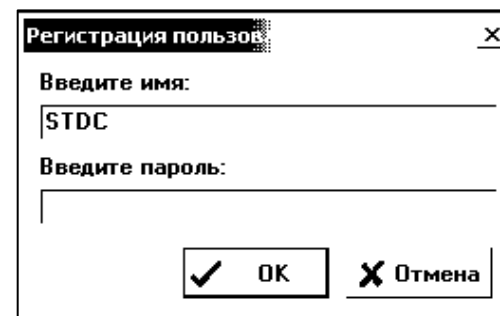


Рис. 2.12. Окно ввода пароля

Первые две базы представляют собой библиотеку блоков формата dwg, используемых на соответствующем графическом документе. Две вторые базы являются текстовыми информационными массивами.

Системой управления данными базами, связывающими их воедино, является СУБД Imbase. Она обеспечивает целостность данных (полноту и достоверность), защиту данных от несанкционированного доступа (система паролей), удобный пользовательский интерфейс (подобно проводнику Windows), распределенную обработку данных.

Загрузке базы данных предшествует ввод пароля (рис. 2.12). Работа с базой данных подобна работе с проводником Windows (рис. 2.13). Она имеет иерархическую структуру, представленную каталогами, папками, таблицами, в которых содержатся заполняемые по типу данных поля. Обычно для аппарата присутствуют следующие поля: наименование, условная запись для заказа, документ, согласно которому произведена запись (обозначение технического условия или номера каталога), данные о поставщике, содержании драгметаллов, масса, имена блоков и значения атрибутов, а также некоторые другие полезные данные, собранные в примечании.

Перемещаться по вложенности каталогов или папок можно, нажав «+» (раскрывает вложенность) или «-» (сворачивает вложенность) в левой части окна, либо щелчком ЛК мыши по изображению папки, каталога и т. д. в этой же части, либо выбрать двойным щелчком ЛК мыши по изображению требуемой папки в правой части окна.

При необходимости по каждому аппарату можно просмотреть подробные сведения, приведенные в каталоге «Информэлектро» или зарубежных каталогах. Для этого необходимо открыть папку или таблицу

с необходимой группой аппаратов и воспользоваться кнопкой (Включить/Выключить изображение) на панели инструментов. При этом высветятся изображение (рис. 2.14) и краткие сведения по аппарату (группе аппаратов) в верхней части окна.

Необходимо несколько слов сказать и об особенностях библиотеки изображений. Хотя элементы библиотеки и являются блоками используемого в системе графического редактора или составными примитивами и, соответственно, подчиняются требованиям их создания, оговоренным в редакторе, они все же имеют некоторые специфические особенности по созданию графики и заданию имени. Например, для блока условного графического обозначения (УГО) принципиальной электрической схемы характерно следующее:

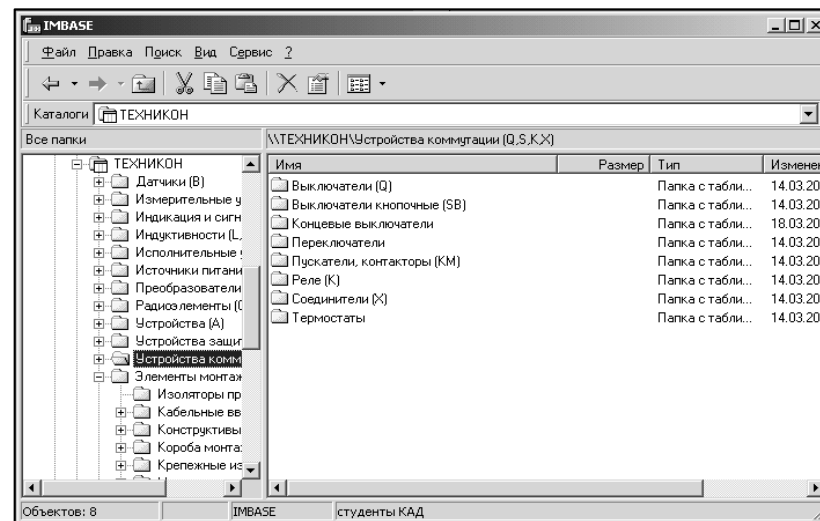


Рис. 2.13. Вид СУБД Imbase

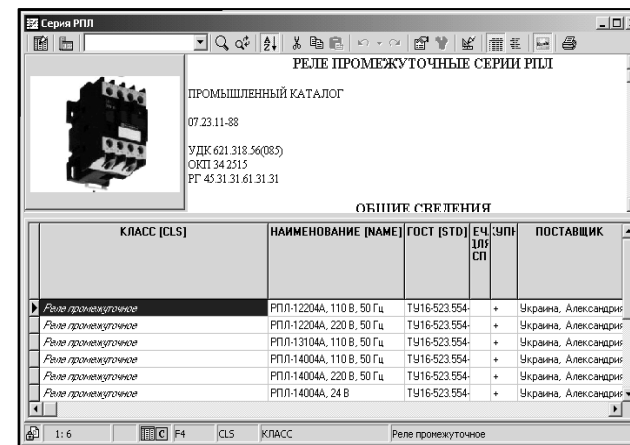


Рис. 2.14. Вызов информации по аппарату в СУБД Imbase

- должна быть обеспечена кратность пяти размеров между выводами УГО аппарата;
- должны быть в наличии обязательные атрибуты: позиционное обозначение (имя POS), обозначение зажимов аппарата (имя Zn, где

n – номер зажима), точка разрыва (имя Zpn, где n – номер зажима) линии связи, перекрестная ссылка (имя XREF) для аппарата, формируемого разнесенным способом;

– имя блока должно подчиняться следующей маске: c1\_c2\_c3\_c4, где c1 – позиционное обозначение, присваиваемое аппарату согласно ГОСТ 2.710; c2 – способ изображения на схеме; c3 – идентификационный код зажимов элемента, присутствующий и в записях базы данных аппаратов; c4 – индивидуальный код элемента, благодаря которому обеспечивается уникальность имени.

2. *Блок как элемент графической базы данных пакета САПР.* Наиболее часто используемыми средствами, позволяющими автоматизировать работу с графическим редактором, являются: использование блоков как стандартных элементов документов проекта, использование графических меню как эффективного средства организации библиотек блоков, использование средств программирования для создания интеллектуальных команд и собственно программ, решающих проектные задачи.

*Блоком является* составной поименованный примитив графического редактора, представляющий элемент графической базы данных и сохраненный в формате dwg на диске в папке, определенной в системе. Блок может использоваться в чертеже многократно, его можно вставить в чертеж под любым углом и в любом масштабе, что позволяет сократить время на создание чертежа, упростить редактирование и сэкономить память на диске. Определив новый блок с тем же именем, что и старый, можно заменить блок во всем чертеже.

Кроме простых примитивов графического редактора в блок может входить специальный примитив, *называемый атрибутом*. Он является текстовой переменной – «ячейкой», в которую при вставке блока можно записать некоторую строку. Это позволяет, однажды создав блок, в который входит атрибут, с каждой вставкой связывать новую текстовую строку (параметры отрисовки строки определяются атрибутом и едины для всех вхождений блока).

Для работы с блоками предназначены следующие команды:

**Attdef** – создание атрибута;

**Block** – создание блока;

**Ddatte** – редактирование значений атрибутов конкретного блока;

**Insert** – размещение блока в чертеже;

**Minsert** – размещение блока в чертеже массивом;

**Wblock** – запись блока на диск.

Необходимо заметить, что отдельно примитивы, входящие в блок, редактировать нельзя. При вставке блока собственно в чертеж в действительности вставляются не примитивы, образующие блок, а сам блок, то есть определяется точка вставки, имя блока и другие свойства. При редактировании блока он будет рассматриваться как один объект (например, командами **Move (Перенеси)**, **Erase (Сотри)**). Чтобы работать с отдельным примитивом блока, необходимо перенести в рисунок не сам блок, а именно примитивы из определения блока. Это можно осуществить двумя способами:

– разместить блок в чертеже командой **Insert (Вставь)** и затем воспользоваться командой **Explode (Взорвать)**. При этом блок удаляется из чертежа, а на его место вставляются примитивы из определения блока;

– на запрос команды **Insert (Вставь)** перед именем блока нужно ввести метку (\*). При этом в чертеж будут вставлены примитивы из определения блока, а не сам блок.

Основные особенности, связанные с установкой свойств примитивов при определении блока, заключаются в следующем:

1) если примитивы, из которых состоит блок, имели постоянные свойства (цвет, тип линии – не по блоку и не по слою) и при вставке в блок находились не на слое «0», то при вставке блока они будут отрисованы не на текущем слое, а на том слое, на котором были определены, и тем цветом, который они имели при записи в блок. Командой **Change (Измени)** нельзя изменить их цвет и тип линии;

2) если примитивы, из которых состоит блок, имели переменные свойства (цвет, тип линии – по блоку или по слою) и при вставке в блок находились не на слое «0», то при вставке блока они будут отрисованы не на текущем слое, а на том слое, на котором были определены, и тем цветом, который они имели при записи в блок. Командой **Change (Измени)** можно изменить их цвет и тип линии;

3) если примитивы, из которых состоит блок, имели переменные свойства и при вставке в блок находились на слое «0», то при вставке блока они будут отрисованы на текущем слое, с цветом текущего слоя, и цвет можно будет менять изменением цвета слоя или командой **Change (Измени)**.

Эти свойства определены свойствами нулевого слоя, который не может быть удален или переименован. Именно он предназначен для работы с блоками, и это необходимо помнить при создании блоков.


Последовательность создания блока как элемента графической базы данных примерно следующая.

1. В соответствии с требованиями ГОСТ уяснить требования к изображению и размерам элемента.

2. Проверить установки слоя, цвета, типа и толщины линии в списках панелей инструментов свойств объекта и слою.



Примитивы должны быть отрисованы на слое «0» (ноль), у которого для цвета, типа и толщины линии должны быть заданы значения ByLayer. Такое определение свойств необходимо для того, чтобы блок после вставки на схему принимал свойства текущего слоя.

Если установки не соответствуют указанным выше, их необходимо изменить, «щелкая» на кнопках  соответствующих списков панелей инструментов и выбирая требуемые пункты.


3. Проверить установки параметров черчения, «щелкнув» правой кнопкой мыши кнопку SNAP (ШАГ)  в строке состояния и выбрав пункт Settings (Параметры) из контекстного меню (рис. 2.15). При этом появится окно Drafting Settings (Чертежные настройки). В этом окне устанавливаем кратность шага 1. Для лучшего чтения расстояния между элементами чертежа можно рекомендовать в этом же окне включить режим Сетка и установить шаг сетки кратным 5-ти. В процессе работы интервалом шага рекомендуется варьировать в соответствии с минимальным размером отрисовки.



Рис.2.15. Контекстное меню

4. Собственно отрисовать примитивы графического изображения блоков аппарата командами рисования (падающее меню Draw

(Черчение)), при необходимости редактируя изображение командами редактирования (падающее меню Modify (Изменить)). В качестве примера далее демонстрируется порядок создания блока контакта реле времени (рис. 2.16).

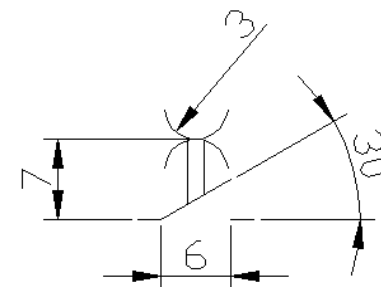


Рис. 2.16. Размеры УГО контакта реле времени

5. Создать атрибуты блока. Например, для создания атрибута задания позиционного обозначения воспользуемся командой **Attdef** (меню Draw/Block/Define Attributes). При этом будет загружено диалоговое окно определения атрибутов (рис. 2.17). Рассмотрим несколько подробнее назначение разделов данного окна.

Раздел Mode (Режим) – в разделе имеются четыре флага свойств атрибута, назначение которых следующее:

- Invisible (Скрытый) – значение атрибута с таким параметром в чертеже не отображается;
- Constant (Постоянный) – атрибут получает фиксированное значение (например, значение из поля Value раздела Attribute), которое нельзя редактировать после вставки блока в чертеж;
- Verify (Контролируемый) – при вставке блока проводится проверка правильности значения, если имеется предустановленное значение по умолчанию;
- Preset (Установленный) – атрибут автоматически получает значение по умолчанию, определенное, например, в поле Value раздела Attribute, но после вставки блока его можно изменить командой редактирования атрибутов.

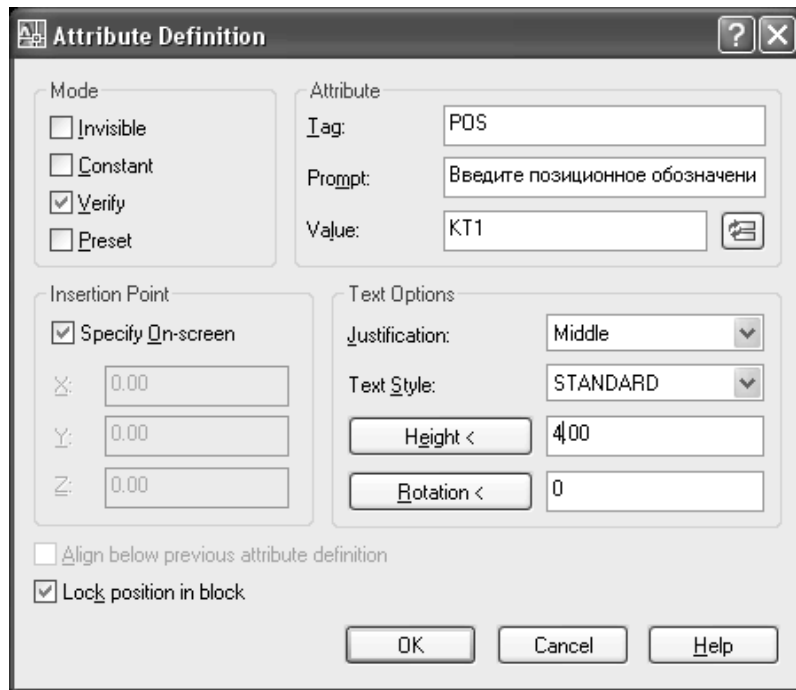


Рис. 2.17. Диалог определения атрибутов

Раздел Attribute (Атрибут) – содержит четыре поля, каждое из которых имеет следующее назначение:

- Tag (Имя) – в поле заносится значение имени атрибута, которое используется для извлечения атрибута и не должно содержать в значении пробелов;
- Prompt (Подсказка) – вводится текстовая расшифровка имени атрибута, которая выводится для запроса в командной строке, а также отображается в окне редактирования значений атрибутов;
- Value (Значение) – используется для указания значения, предлагаемого по умолчанию после вставки блока в чертеж.

Раздел Text Options (Опции текста) – параметры раздела используются для форматирования текста:

- Justification (Выравнивание) – из выпадающего списка можно определить способ выравнивания для текста значения атрибута;
- Text Style (Стиль) – из списка можно выбрать стиль текста;

- Height < (Высота) – в поле можно ввести высоту текста (в миллиметрах) значения атрибута или считать его с экрана, щелкнув по **Height <**;
- Rotation < (Поворот) – в поле можно ввести угол поворота текста (в градусах) значения атрибута или считать его с экрана, щелкнув по **Rotation <**.

Раздел Insertion Point (Точка вставки) – этой точкой атрибут привязывается к будущему блоку. Здесь можно ввести числовые значения координат в соответствующие строки или воспользоваться ключом  Specify On-screen, чтобы после выхода из диалога указать точку вставки непосредственно в графической зоне.

Флаг Align below previous attribute definition (Выравнивание по предыдущему атрибуту) – после определения первого атрибута становится активным. Щелкните на нем, чтобы поместить следующий атрибут под предыдущим атрибутом.

После того, как значения во всех полях определены, нужно щелкнуть ЛК мыши по кнопке OK.

Аналогично можно создать остальные атрибуты, задав им соответствующие свойства и параметры.

6. Создать блок. Для этого необходимо воспользоваться командой **Wblock**, набранной в командной строке. При этом будет загружено диалоговое окно создания блока и сохранения его на диске (рис. 2.18).

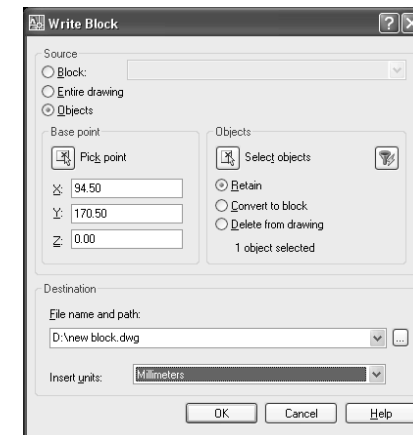


Рис. 2.18. Диалог записи блока на диск

Раздел Source (Источник) – в разделе выбирается источник данных, из которого будут выбираться примитивы, составляющие блок:


Block (Блок) – позволяет выбрать из списка имя блока, вставленного в чертеж, чтобы сохранить его в отдельный файл;


Entire drawing (Весь чертеж) – автоматически выбирает текущий рисунок для сохранения его в виде блока в отдельный файл;

Objects (Объекты) – предоставляет возможность пользователю самостоятельно выбрать примитивы, которые должны войти в формируемый блок.

Раздел Base Point (Базовая точка) – определяет точку, по которой блок будет привязан к курсору при вставке блока в чертеж. Базовая точка блока УГО всегда должна располагаться на конце одного из выводов УГО. Для указания точки вставки можно воспользоваться одним из следующих способов:

– ввести в поля X и Y значение координат для базовой точки;

– щелкнуть ЛК мыши на кнопке  для указания базовой точки на чертеже.

Раздел Objects (Объекты) – в разделе можно выбрать объекты – кнопка , которые будут входить в блок, а также определить следующие параметры:

– Retain (Сохранить) – объекты, входящие в блок, будут сохранены в чертеже в первоначальном виде;

– Convert to block (Конвертировать в блок) – объекты, которые были выбраны, по завершении команды **Wblock**, будут преобразованы в чертеже в блок;

– Delete from drawing (Удалить из чертежа) – по завершении команды **Wblock**, выбранные объекты будут удалены из чертежа. О наличии выбранных объектов символизирует строка, расположенная в данном разделе под описанными переключателями.

Раздел Destination (Получатель) – здесь необходимо указать расположение файла созданного блока на диске компьютера.

Поле File name (Имя файла) – в поле вводится имя файла для создаваемого блока.

Поле Insert units (Единицы вставки) – единицы измерения, с которыми блок будет вставляться в чертеж.

После установки всех параметров в диалоге, выходим из него с помощью кнопки ОК.

Так как был установлен флаг – конвертировать в блок, то в рисунке получим следующий блок (рис. 2.19).

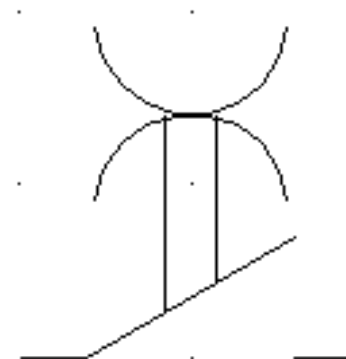


Рис. 2.19. Вид блока

7. Чтобы изображение блока УГО можно было отображать в слайдовой библиотеке, необходимо создать его слайд. Для этого изображение блока, полученное в прошлом шаге, необходимо центрировать на весь экран и набирать команду **Mslide**. В диалоге сохранения необходимо ввести имя и область сохранения слайда.

8. Для более быстрой вставки созданных блоков можно создать соответствующий инструмент на пользовательской панели инструментов либо зарегистрировать блок в графическом меню-библиотеке (материал следующей лекции), либо добавить его вызов на палитру инструментов.

В первом случае при создании инструмента на панели инструментов нужно воспользоваться командой настройки меню **Cui** или для вызова команды щелкнуть правой кнопкой мыши в любом месте какой-нибудь панели инструментов и в открывшемся контекстном меню выбрать пункт **Customize...** (Настроить...). При этом откроется диалоговое окно настройки (рис. 2.20).

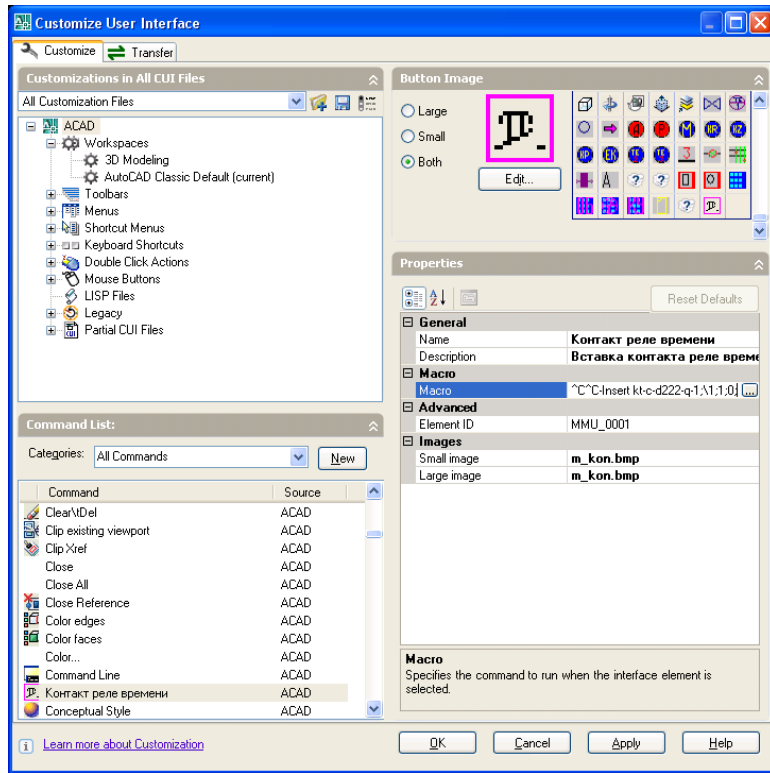


Рис. 2.20. Диалог настройки интерфейса редактора



Создать новый инструмент можно, используя клавишу New (Новая). При этом в правой части диалога станет доступной область свойств инструмента Properties. В полях области свойств инструмента задать:

- имя инструмента в поле Name;
- описание, которое будет высвечиваться в строке состояния при указании курсором на инструмент, в поле Description;
- обязательно определить команду и ее опции в поле Macro, которые будут выполняться при нажатии на кнопку – «^C^C-Insert kt-c-d222-q-1;1;1;0;». В записи макроса знак «<->» подавляет появление диалогового окна при вставке блока; слово «Insert» означает имя команды (вставка блока); «kt-c-d222-q-1» является именем блока; знаки «;» и «пробел» аналогичны вводу; «\» означает ожидание ввода параметра пользователем, «1», «1» и «0» – опции команды, обеспечивающие вставку блока в масштабе 1:1 и с углом поворота 0.

Также необходимо задать какое-либо изображение для инструмента, выбрав из списка в верхней правой части диалога, либо создать новое, или отредактировать выбранное в списке во встроенном редакторе, воспользовавшись клавишей Edit (Изменить).

Остается перетащить созданный инструмент на существующую панель инструментов или на вновь созданную. В первом случае необходимо открыть требуемую панель, пройдя по вложенности, в верхней левой части диалога и перетащить инструмент (из правой нижней части диалога) на открытую панель. Для создания новой панели можно воспользоваться контекстным меню (пункт New/Toolbar).

Далее остается использовать клавишу Apply (Применить), а затем – клавишу Close (Закрыть). При этом получите примерно сле-

дующую панель с инструментом:  . И опробовать созданный инструмент.

3. Организация графической библиотеки через центр управления. Вставку блока через палитру инструментов целесообразно организовать при наличии рисунка, имеющего большое количество блоков, которые нужно позаимствовать для собственных инструментов. Для создания своей палитры вставки блоков откроем рисунок, их содержащий, и далее вызовем центр управления (рис. 2.21) по пути меню TOOLS/Palettes/DesignCenter (Инструменты Палитры/Центр Управления). При этом будет открыта палитра DESIGNCENTER (Центр Управления), на которой требуется перейти на закладку Open Drawings (Открытые Рисунки). На этой закладке имеем вложенность, разделенную по группам для открытых рисунков (рис. 2.21).

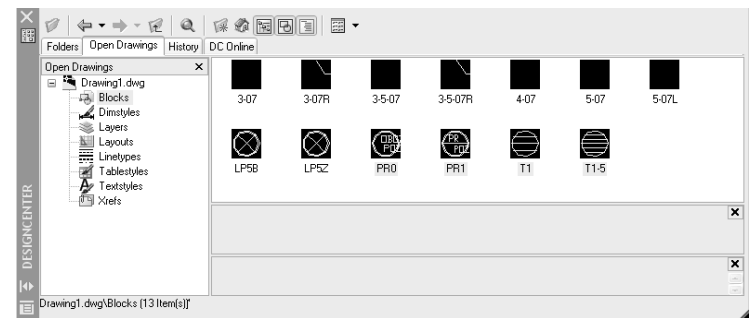


Рис. 2.21. Вид центра управления

Зайдем во вложенность Blocks, просто щелкнув по ней левой кнопкой мыши в окне слева. При этом в правой области появятся существующие в рисунке блоки. Чтобы вынести их вставку на палитру инструментов, выделяем нужные, используя кнопки Ctrl или Shift, и через контекстное меню выбираем пункт Create Tool Palette. При этом появляется новая палитра инструментов, для которой запрашивается имя (рис. 2.22).

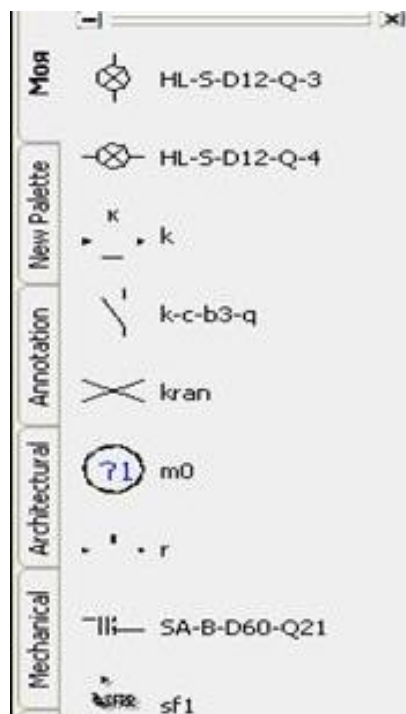


Рис. 2.22. Вновь созданная палитра

Для добавления блоков на палитру инструментов достаточно их перетащить из центра управления.

Таким образом, база элементов в системе CADElectro пополняется пользователем достаточно быстро и просто при учете специфических требований. Это делает пакет общеприменимым на каждом проектом предприятии любым конкретным пользователем.

Кроме того, обеспечивает формирование каждым сотрудником отдела базы в целом и возможность работы с ней в сети.

### Вопросы и задания для самоподготовки:

1. Что такое база данных?
2. Какие требования предъявляют к СУБД?
3. Какие виды баз данных выделяют в САПР CADElectro?
4. Каким образом можно перемещаться по вложенности папок в каталогах СУБД Imbase?
5. Каким образом просмотреть подробную информацию по аппарату, приведенному в таблице СУБД Imbase?
6. Какие сведения об аппарате должны быть занесены в таблицу СУБД Imbase?
7. Каким должно быть значение кратности шага при выполнении принципиальной схемы с учетом особенностей выполнения базы условных графических обозначений аппаратов?
8. Дайте определение слайду.
9. Приведите принципы пополнения базы данных пакета САПР.
10. Приведите последовательность действий по созданию инструмента панели инструментов графического редактора.
11. Дайте определение атрибуту как элементу блока.
12. Перечислите основные свойства атрибута.
13. Какая команда предназначена для создания атрибута? Что задается при создании атрибута?
14. Какая команда позволяет изменить значение атрибута? Какова последовательность действий при этом?
15. Приведите основные команды для работы с блоками.
16. Какие преимущества дает использование блоков при разработке документации?
17. Какой слой предназначен для создания блоков? Его свойства.
18. Если примитивы при вставке в блок находились не на слое «0» и имели переменные свойства, то каким образом они будут отрисованы при вставке блока?
19. Какова последовательность действий по созданию палитры, позволяющей выполнять вставку блоков?

#### Лекция 4.

### Цели, способы и средства адаптации пакета САПР к области разработки документации систем автоматизации

План:

1. Средства адаптации.
2. Характеристика пакетных файлов.
3. Организация пользовательского меню.
4. Организация графического меню-библиотеки.
5. Основные возможности программирования:
  - 5.1. Встроенный язык программирования – AutoLISP;
  - 5.2. Язык создания диалогов – DCL;
  - 5.3. Поддерживаемые языки программирования.

*1. Средства адаптации.* Одним из важных свойств САПР является возможность ее настройки любым пользователем. Средства адаптации графического редактора позволяют сделать работу с ним наиболее удобной для конкретного пользователя, то есть подстроить редактор под определенные потребности и запросы. Такие возможности дают средства создания библиотеки типовых элементов чертежей, модификации меню редактора, создания собственного меню, а также средства создания пакетных файлов и встроенные языки программирования. Кроме того, в графическом редакторе САПР CADElectro (которым является AutoCAD) поддерживаются языки высокого уровня VBA, C++. Рассмотрим основные преимущества использования каждого из этих средств.

*2. Характеристика пакетных файлов.* Командные пакеты создаются, чтобы редактор мог автономно, без участия пользователя, выполнять запрограммированную последовательность команд. Кроме того, они позволяют создавать циклические демонстрации, составленные из сменяющихся изображений, так называемых слайдов.

Файл командного пакета имеет расширение .scg и создается в любом текстовом редакторе, не ставящем специальных символов (можно использовать, например, Блокнот). В отдельной строке набирается команда и ответы на запросы команды, разделенные пробелами. В пакет можно включать и комментарии. Строка комментария должна начинаться с символа «;». Далее командный пакет нужно сохранить в формате простого текстового файла с расширением \*.scg. Примером текста такого файла может быть следующий фрагмент, формирующий изображение рис. 2.23:

*;командный пакет формирует окружность, вписанную в квадрат  
Line 0,0 0,1 1,1 1,0 close  
Circle .5,.5 Diameter 1.0*

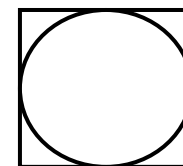


Рис. 2.23. Пример для пакета

Для запуска пакета используется команда Script (Пакет) меню Tools (Инструменты) пункт Run Script (Пакет). При вызове команды будет открыто диалоговое окно Select Script File (Выбор пакетного файла), в котором нужно выбрать пакетный файл. После этого редактор будет аккуратно выполнять все команды из этого файла строка за строкой так, как будто они были введены пользователем в командную строку. Поэтому в пакетном файле должны быть зафиксированы все ответы пользователя на приглашения в командной строке, возникающие по ходу выполнения очередной команды.

Специальные команды, используемые в пакетных файлах:

**Delay nnnn** – по этой команде редактор делает паузу, которая продолжается nnnn миллисекунды;

**Rscript** – по этой команде редактор повторяет выполнение командного пакета с самого начала. То есть можно создать циклически повторяющийся пакет, остановить выполнение которого можно в любой момент, нажав Esc;

**Resume** – команда возобновляет выполнение командного пакета после его останова клавишей Esc.

*3. Организация пользовательского меню.* Модификация меню позволяет:

- группировать вместе часто используемые команды, расположенные в стандартном меню далеко друг от друга;
- исключать из меню редко используемые команды;
- формировать «новые» команды из последовательности стандартных команд;
- создавать свои графические меню-библиотеки из часто используемых графических элементов;

– при помощи встроенного языка программирования вставлять в меню программы макроопределения.

Файлы меню графического редактора представляют собой обычные текстовые файлы, содержащие командные строки и макроопределения. Исходные файлы, которые можно изменять в любом текстовом редакторе, не ставшем своих специальных символов, имеют расширение \*.mnu, скомпилированный \*.cu. После редактирования исходного файла и последующей его загрузке он автоматически компилируется заново, и создается резервная копия файла (расширение \*.mns).

Файлы меню делятся на разделы, относящиеся к определенным зонам меню. Разделы начинаются с метки \*\*\*. Каждому разделу соответствует свой заголовок, после которого идет последовательность команд раздела меню или строки, вызывающие субменю.

Выделяют следующие разделы:

– Buttons – этот раздел предназначен для меню специальных многокнопочных устройств указания;

– Pop – в этом разделе определяются так называемые падающие и контекстные меню;

– Toolbars – в этом разделе определяются панели инструментов: связи между пиктограммами этих панелей и командами, положение панелей на экране, состояние и т. д.;

Image – описаны мозаичные (графические) меню;

Screen – описано экранное меню;

Tablet – описано планшетное меню;

Helpstrings – в этом разделе определяются текстовые сообщения, которые выводятся в строку состояния при выборе соответствующего пункта меню или пиктограммы на панели инструментов;

Accelerators – в этом разделе перечислены клавиши ускоренного доступа, связанные с определенными функциями или пунктами меню.

Раздел меню может быть очень большим, и в этом случае он разделяется на *субменю* – более мелкие группы меню. Метка субменю определяет начало подраздела и имеет формат: **\*\*имя\_меню [номер]**. Обращение к субменю осуществляется по следующей маске: \$раздел=субменю.

Каждый пункт меню может состоять из необязательного заголовка, команды (последовательности команд) и параметров (опций). *Заголовком* является набор символов, заключенных в квадратные скобки.

При выборе пункта меню графический редактор автоматически ставит после него пробел, поэтому введено соглашение: ставить

в конце текстовой строки специальный символ. Специальными символами, применяющимися при формировании меню, являются:

«;» – равнозначно нажатию «ввод»;

«+» – обозначает продолжение пункта меню на следующей строке;

«\» – управляющий символ, указывающий редактору на необходимость приостановки действия команды для ввода информации с клавиатуры;

«\» или «/» – путь доступа к файлам;

«\*»(в начале строки) – повторный вызов только что выполнявшейся команды;

«^C» – равнозначно нажатию «Ctrl» + «C»;

«[–]» – заголовок пункта падающего меню раздвигается, становясь разделительной чертой.

Рассмотрим пример оформления падающего меню:

```
***POP12
**MI
ID_Mnmi [Moe]
[->Рисование]
Id_Line [&Отрезок]^C^C_Line
Id_Circlecr [<-КругЦР]^C^C_Circle\R;\
[-]
[->Редактирование]
Id_Erase [&Compu]^C^C_Erase
Id_Move [<-Перенеси]^C^C_Move
```

В этом примере:

\*\*\*POP12 – задает место размещения этого падающего меню в строке главного меню (12-я позиция, начиная с левого края);

\*\*MI – наименование меню;

ID\_Mnmi – дескриптор имени меню, который идентифицирует заголовок файла меню;

[Moe] – имя меню, которое видим на экране;

-> – означает, что это головной пункт подменю;

<- – означает конец секции подменю.

Описание отдельных пунктов меню включает идентификатор и код команды. Символ аперсанда (&) в имени пункта выделяет символ горячей клавиши для вызова этого пункта. После имени пункта, заключенного в квадратные скобки, следует код выполняемой команды. Каж-

дый пробел в коде команды равнозначен клавише «ввод», поэтому в состав команды можно включать выбор опций или задание параметров команды. Если в качестве параметра передается какой-либо текст, то его следует заключить в двойные кавычки. «\» – ожидание ввода параметров пользователем при выполнении команды. Поэтому если нужно передать в макросе путь в структуре каталогов, то в качестве разделителей используют «/». Идентификатор используется для организации связи между строками подсказок, помещенных в раздел Helpstrings, и отдельными пунктами меню. При установке указателя мыши на тот или иной пункт меню текст подсказки появляется в строке состояния. Если в разделе, например, введено Id\_Line [Запуск команды Line], то строка, заключенная в квадратные скобки, появится в строке состояния при выборе пункта меню Отрезок.

В результате подзагрузки данного фрагмента меню на экране появится дополнительное падающее меню, названное Мое (рис. 2.24). В нем содержится два пункта (Рисование и Редактирование), которые имеют собственную вложенность (обозначенную на экране ►).



Рис. 2.24. Вид меню

4. Организация графического меню-библиотеки. Описание графического меню должно находиться в разделе меню **\*\*\*Image** Загрузка меню выполняется по маске \$I=имя\_меню. По маске \$I=\* текущее мозаичное меню отображается на экране и становится доступным. Например, по строке «ID\_БазаПС [БазаПС]^C^C\$I=Bloki \$I=\*» загружается графическое меню Bloki.

Рассмотрим коды для создания графического меню.

**\*\*\*Image**

**\*\*Bloki**

[Вставка блоков принципиальных схем]

[Катушка]^C^C\_Insert k\1;1;0;

В начале описания графического меню после его объявления (**\*\*Bloki**) находится заголовок, который изображается в верхней части окна (рис. 2.25). Затем располагаются строки команд со своими заголовками.



Рис. 2.25. Вид графического меню

В зависимости от конструкции заголовка поле списка в окне заполняется по-разному:

[имя\_слайда] – в поле списка выводится имя слайда, который отображается в виде пиктограммы;

[имя\_слайда, заголовок] – в поле списка выводится заголовок, а слайд отображается в виде пиктограммы;

[пустой] – заголовок используется как разделительная строка, и никакая пиктограмма не отображается;

[заголовок] – в поле списка выводится текст заголовка, и никакая пиктограмма не отображается;

[библиотека (имя\_слайда)] – в поле списка выводится имя слайда из библиотеки, который отображается в виде пиктограммы;

[библиотека (имя\_слайда, заголовок)] – в поле списка выводится заголовок, а слайд отображается в виде пиктограммы.

5. Основные возможности программирования в графическом редакторе пакета САПР. Все или почти все, что мы делаем в графическом редакторе вручную, можно реализовать программно. Для серьезной адаптации графического редактора AutoCAD предназначен встроенный язык программирования AutoLISP, который является действенным инструментом создания автоматизированных рабочих мест. Действительно, в САПР AutoCAD превращает не только его открытая структура, дающая возможность дополнять стандартные средства, но и то, что система поддерживает языки программирования высокого уровня: VBA, C++ и др.

5.1. Встроенный язык программирования – AutoLISP. Будучи частью редактора, AutoLISP (встроенный язык программирования) позволяет оперировать переменными различных типов и передавать их значения командам редактора при вводе данных. При ответах на запросы команд редактора можно также использовать выражения AutoLISP, в которых могут выполняться различные арифметические и условные операции над числовыми значениями и значениями определенных переменных. Кроме того, AutoLISP позволяет:

- читать и писать внешние файлы, таким образом обмениваясь с внешними программами;

- создавать различные функции и новые команды;

- осуществлять программный доступ (считывание и изменение) к данным, относящимся к объектам рисунка, а также таблицам редактора, в которых хранится информация о блоках, слоях, видах, стилях, типах линий и т. д.;

- осуществлять программное управление графическим экраном и вводом/выводом с различных устройств.

Язык программирования AutoLISP является функциональным языком. Все вычисления, преобразования и управление программой в таких языках осуществляются с помощью встроенных функций или функций, определенных пользователем.

К AutoLISP можно обращаться с командной строки. Если первым символом ввести в строке круглую открывающую скобку, то интерпретатор командной строки переходит в режим ввода выра-

жения AutoLISP. Выход из этого режима осуществляется при вводе скобки, закрывающей вводимое выражение.

Основными типами данных AutoLISP являются:

- символ – запись или обозначение (имя, состоящее из букв, цифр и специальных символов);

- строковые константы – текстовые константы, заключенные в кавычки;

- действительные числа;

- целые числа;

- дескрипторы файлов – данные, в которых хранится описание открытого файла;

- «имена» примитивов графического редактора;

- встроенные и внешние функции.

Переменные любого из простых типов называют *атомами*. Набор разделенных пробелами атомов и (или) списков, заключенных в круглые скобки, называют *списком*. Список всегда начинается с открывающей скобки и заканчивается закрывающей, а элементы списка разделяются пробелами. Примером списка может быть, например, отрезок. В представлении AutoCAD, он является списком двух координат: ((10 20) (40 20)).

Список, в котором первым элементом является функция, называется *выражением*. Выражение AutoLISP должно иметь вид:

(функция аргумент1 аргумент2 ... аргумент№).

Здесь *функция* – имя операции, которая должна быть выполнена. Записывать имя функции нужно сразу же после открывающей скобки без пробела. Аргументы представляют собой средство передачи значений функции. Ими могут быть переменные, константы, выражения. Выражение анализируется AutoLISP слева направо, пока не встретится закрывающая или открывающая скобка. Если встречается закрывающая скобка, то AutoLISP завершает анализ выражения, выполняет функцию и передает ее значение на более старший уровень вложенности или в графический редактор. Если встречается открывающая скобка, AutoLISP переходит к анализу выражения более младшего уровня вложенности и, пока не завершит его, не перейдет к дальнейшему анализу выражения предыдущего уровня.

В качестве примера выражения рассмотрим представление вычисления  $(5 + 5) : 2$ .

В командной строке графического редактора для вычисления значения этого заданного выражения нужно ввести следующее:

(/ (+ 5 5) 2),

где «/» и «+» – имена функций Автолиспа, 5, 5, 2 – аргументы.

Основные свойства выражений:

– каждая открывающая круглая скобка должна иметь закрывающую скобку;

– сразу после открывающей круглой скобки должен стоять идентификатор операции, выполняемой при вычислении выражения;

– каждое выражение вычисляется (выполняется), и результат возвращается. Результатом может быть нуль (nil) или результат вычисления последнего подвыражения;

– с логической точки зрения, любое возвращаемое выражение либо истинно, либо ложно. Если значение вычисляется, то выражение считается истинным, если значение выражения вычислено быть не может, то оно – ложно.

Основными классами функций Автолиспа являются:

*функции присвоения* – функции данного класса присваивают переменным заданные значения (например, setq);

*математические функции* – позволяют вычислять математические выражения (+, -, \*, /, cos и т. д.);

*логические функции* – функции, сравнивающие между собой аргументы по определенному ключу (and, not, or и т. д.);

*функции работы со строками и преобразования* – производят операции над строковыми переменными (например, (strcat строка1 строка2) сцепляет аргументы);

*функции ввода данных* – обеспечивают ввод данных с клавиатуры (например, (getpoint [точка] [текст запроса-подсказки]) позволяет пользователю ввести точку);

*функции работы со списками* – например, (list выражение 1 выражение2) составляет список из аргументов;

*функции организации циклов* – например, while;

*функции ветвления* – функции выполняют те или иные операции по какому-либо условию (например, if);

*функция ввода команд графического редактора* – имеет вид (command аргумент1 аргумент2...);

*функция создания функции* – имеет вид (defun имя (аргументы/локальные параметры) тело функции);

*специальные функции* – управляют режимами графического редактора;

*геометрические функции* – определяют построение графических примитивов;

*функции работы с файлами;*

*функции работы с диалоговыми окнами* – открытия, закрытия диалога, передачи ключей функциям AutoLISP и т. д.

Примеры работы с функциями AutoLISP перечисленных классов можно найти в [14; 15, с. 53–232]. Поскольку выполнение курсового проекта предполагает использование программирования в среде AutoCAD, можно рекомендовать подробно изучить возможности основных функций AutoLISP.

В качестве примера программы на AutoLISP можно привести следующую функцию, обеспечивающую простановку цифр на чертеже в цикле, увеличивая число на единицу, пока пользователь не нажмет пустой ввод. После «;» идет комментарий.

*;программа простановки обозначения маркировки*

*(defun C:Mark (/*

*;объявление функции, представляющей команду*

*(setq nmark (getint "\nВведите начальное обозначение маркировки<I>:"))*

*;запрос первоначального значения обозначения и присвоение его*

*;переменной nmark*

*tmark (getpoint "\nВведите точку вставки обозначения маркировки цепи <32 250>:"))*

*)*

*;запрос точки вставки обозначения и присвоение его переменной tmark*

*(if (eq nmark nil)(setq nmark 1))*

*;если пользователь на запрос нажал пустой ввод, установить значение*

*;переменной по умолчанию равным 1*

*(if (eq tmark nil)(setq tmark (list 32 250)))*

*;если пользователь на запрос нажал пустой ввод, установить значение*

*;точки вставки по умолчанию равным (32 250)*

*(while (/= tmark nil)*

*;начало цикла, который заканчивается при условии равенства значения*

*;tmark nil*

*(command " \_Insert" "3-07" tmark 1 1 0 nmark nmark)*

*;вставка блока 3-07 в точке tmark в масштабе 1:1 с углом поворота ноль*

*;и значением контролируемого атрибута nmark*

*(setq tmark (getpoint "\nВведите точку вставки маркировки цепи:"))*

*;запрос нового значения точки вставки обозначения маркировки*

*nmark (+ nmark 1))*

*;установка нового значения переменной nmark*

*);конец цикла*

*);конец функции*

Для упрощения процесса написания и отладки программ на языке AutoLISP в систему AutoCAD введена среда Visual LISP. Войти в окно Visual LISP (рис. 2.26) можно с помощью команды **Vlisp**, которая может быть вызвана по пути меню TOOLS (Инструменты) / AutoLISP / Visual LISP Editor (Редактор Visual LISP).

Окно Visual LISP является самостоятельной оболочкой внутри системы AutoCAD, со своими меню и панелями инструментов. Внутри рабочей зоны располагаются окна для открываемых файлов, окно Visual LISP Console (для связи с AutoCAD), окно трассировки для отладки программ.

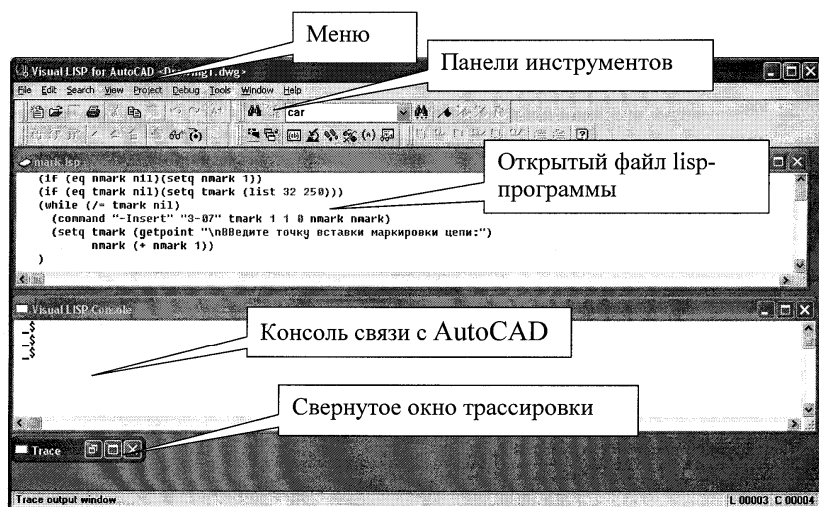


Рис. 2.26. Окно Visual LISP

В среде Visual LISP с помощью пунктов New File (Новый файл) и Open File (Открыть файл) можно создавать, открывать и редактировать в своем окне текстовые файлы следующих типов:

- lisp-программ (расширение \*.lsp);
- dcl-файлы диалоговых окон (расширение \*.dcl);
- sql-файлы операций с базами данных (расширение sql);
- программы на языке C++ (расширение \*.c, \*.cpp).

Включенный в состав среды текстовый редактор оказывает существенную помощь в написании файлов этих типов, поскольку уже в процессе ввода текста выполняет синтаксический анализ,

выделяя символы, соответствующие скобкам, операторам, комментариям и т. д. Результаты своего синтаксического анализа редактор отображает цветом букв набранного текста.

Имеется эффективное средство проверки набранных программ. Если воспользоваться пунктом Check Text in Editor (Проверка текста в редакторе) меню Tools (Сервис), то будет осуществлена синтаксическая проверка текста программы активного окна. При успешной проверке в окне Build Output будет выдано сообщение:

*[CHECKING TEXT mark.lsp loading...]*

...

*; Check done.*

При наличии ошибок в том же окне будет выдан код ошибки, например:

*; error: extra right paren on input*

*; Check done.*

При этом можно посмотреть место ошибки, используя через контекстное меню пункт Show error source.

Специальное окно Visual LISP Console заменяет пользователю в среде Visual LISP зону командных строк AutoCAD. С консоли можно вводить выражения AutoLISP, загружать и выполнять функции, в него же выводятся сообщения Visual LISP и AutoCAD.

Для загрузки lisp-программы, находящейся в открытом окне текстового редактора, следует выбрать пункт Load Text in Editor (Загрузка текста в редактор) меню Tools (Сервис). Visual LISP выполнит программу и, если в ней нет ошибок, выведет результат на консоль.

Несколько lisp-программ, выполняемых совместно, можно объединить в проекты средствами Visual LISP. Каждый такой проект является самостоятельным приложением, который может работать в исходных текстах или компилированных файлах с расширением \*.fas. Если в приложение необходимо включить dcl-файлы диалоговых окон или вспомогательные текстовые файлы, то следует пользоваться инструментом разработки сложных приложений (VLX-приложений). Подробнее об этом можно прочитать в [27, с. 256–268].

5.2. Язык создания диалогов – DCL. Важным компонентом программы, вызываемой в графическом редакторе, являются диалоговые окна, в которых отображается полезная информация и в кото-

рых удобно вводить дополнительные данные. Рассмотрим, каким образом создается, например, следующий диалог ввода позиционного обозначения аппарата (рис. 2.27).

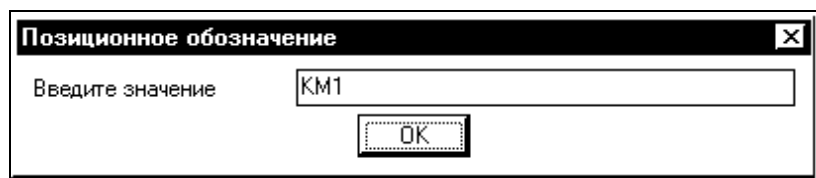


Рис. 2.27. Вид диалогового окна

Для диалоговых окон разработан специальный язык Dialog Control Language (DCL). На этом языке описание диалога, представленного выше, будет выглядеть следующим образом:

```
po : dialog {
label="Позиционное обозначение";
:edit_box {
label="Введите значение";
edit_width=40;
value="KM1";
key="po";}
ok_only; }
```

Данный текст сохранен в файле с расширением \*.dcl. Он состоит из логических единиц – директив, расположенных последовательно. Директивы могут записываться в одном из двух видов:

1) [`<метка>`]:`<оператор>`{`<атрибуты>`}  
Например, uz1 : edit\_box {label="Введите значение";  
edit\_width=40; value="KM1"; key="po";}

2) `<метка>`;  
Например, ok\_only;

Здесь `<метка>` – это идентификатор с уникальным именем. Во втором примере метка является ссылкой на уже существующую область, заданную в стандартном файле графического редактора.

Параметр `<оператор>` – это либо ключевое слово определения диалога, либо ключевое слово с типом поля, либо метка другой директивы, либо ключевое слово группирования полей.

Параметр `<атрибуты>` – это последовательность разделенных точкой с запятой операций задания атрибутам значений, которая имеет вид:

`<атрибут N>=<значение N>;`

Наиболее общеприменимыми атрибутами являются:

label – метка – строка, заключенная в кавычки, которая определяет надпись поля;

key – имя (ключ) поля;

width – ширина окна и др.

К основным полям диалога относятся:

button – поле напоминает обычную клавишу клавиатуры;  
edit\_box – поле, в котором пользователь может вводить или редактировать текстовую строку;

list\_box – список;

popup\_list – раскрывающийся список;

image – поле с изображением;

errtile – поле для отображения сообщений об ошибках;

slide – скользящая шкала;

toggle – переключатель;

radio\_button – одна или группа кнопок, объединенных в ряд выбора;

bojed\_radio\_column – ряд выбора, имеющий рамку; и др.

Признаком конца директивы (и, соответственно, разделителем между директивами) является точка с запятой или закрывающая фигурная скобка. Скобки должны быть сбалансированы (число открывающих скобок должно быть равно количеству закрывающих). Между ключевыми словами, разделительными символами, метками, числовыми и строковыми значениями может быть любое количество пробелов. Текстовые строки должны заключаться в двойные кавычки. Все ключевые слова, метки и коды полей должны состоять только из латинских букв (верхнего и нижнего регистров), цифр и символа подчеркивания и начинаться обязательно с буквы. Управление информацией, введенной в диалоге пользователем, осуществляется по ключу поля. Организация управления диалогом обеспечивается семейством функций AutoLISP [27, с. 324–330].

5.3. Поддерживаемые языки программирования. В последнее время с выходом более поздней версии базового пакета САПР стало возможным применение для программирования в графическом редакторе языков высокого уровня таких, как C++, VBA.

Программирование с помощью VBA реализует идеологию объектно-ориентированного программирования и позволяет оперировать объектами прикладной среды и работать с ними на языке, подобном языку обычных манипуляций. При такой технологии объектная модель работающего приложения представляется как сово-

купность объектов, свойств, методов и событий. Каждому объекту соответствует перечень методов (операций), которые могут к нему применяться. Например, активный документ можно закрыть, примитив можно копировать, отразить и т. д. При формировании программы на VBA необходимо манипулировать объектами, используя присущие им свойства и методы, для программирования их реакции на то или иное событие. *Событие* – это некоторое действие, которое чувствует объект класса и может на него отреагировать. Какова будет реакция объекта, зависит от программиста, который разработает обработчик события.

Для разработки таких программ используется редактор VBA, вызов которого осуществляется по пути Tools (Инструменты), далее – Макро и далее – Редактор Visual Basic. Рассмотрим пример программы на VBA, которая отключает видимость всех слоев, кроме текущего.

```
Sub Alloff ( ) ;объявление процедуры
Dim LayerCollection as AcadLayers ;объявление переменных
Dim testLayer as AcadLayer
Dim currentLayer as AcadLayer
Set LayerCollection=ThisDrawing.Layers ;ссылки на объекты
Set testLayer =ThisDrawing.ActiveLayer ;базы данных чертежа
Set currentLayer =ThisDrawing.ActiveLayer
For Each testLayer in LayerCollection ;цикл просмотра членов
If testLayer.Name<> currentLayer.Name ;коллекции Layers и
Then testLayer.LayerOn=False ;сброс признака видимости
End If ;всех слоев, кроме текущего
Next
Set LayerCollection=Nothing ;сброс определенных переменных
Set testLayer = Nothing
Set currentLayer = Nothing
End Sub ;конец процедуры
```

Следует заметить, что данный язык рационален для использования в решении задач, которые невозможно организовать на встроенном языке программирования графического редактора.

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

1. Перечислите основные средства адаптации графического редактора САПР к узкоспециальной области проектирования.
2. Каково назначение пакетных файлов?

3. Приведите пример пакетного файла.
4. Что собой представляет файл меню?
5. Что обеспечивает модификация меню?
6. Какая команда предназначена для загрузки файла меню?
7. Каковы основные разделы меню?
8. Каков синтаксис пункта меню?
9. Раскройте принципы создания графического меню-библиотеки.
10. Каковы возможности AutoLISP?
11. К каким языкам относится AutoLISP?
12. Дайте определение списка, функции, выражения, как элементов языка программирования AutoLISP.
13. Приведите пример использования AutoLISP для вычисления выражения, набираемого в командной строке графического редактора.
14. Как идет анализ выражения AutoLISP интерпретатором графического редактора?
15. Каковы свойства выражения AutoLISP?
16. Перечислите классы функций AutoLISP.
17. Для чего предназначен DCL?
18. Чем оперирует DCL?
19. Какими средствами реализуется управление диалогом?
20. Приведите пример описания диалогового окна.
21. В чем заключается идеология объектно-ориентированного программирования?
22. Когда рационально использовать программирование на VBA в графическом редакторе?

## МАТЕРИАЛЫ К ПРАКТИЧЕСКИМ И ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

При подготовке к практическим и лабораторным занятиям необходимо изучить теоретический материал модуля. Методические указания к практическим занятиям изложены в [17]. В рамках данного модуля предусмотрено практическое занятие на тему «Принципы адаптации пакета САПР». В [17, с. 111–123] изложено задание, контрольные вопросы для самоподготовки, план работы на занятии и контрольные вопросы по теме.

### Лабораторная работа «Изучение возможностей графического редактора САПР»

**Задача занятия:** уяснение рациональных принципов работы в графическом редакторе САПР; овладение основными правилами создания электронного документа; формирование навыков работы в графическом редакторе САПР.

#### Задания для подготовки к занятию:

1. Подготовить протокол отчета к лабораторной работе, руководствуясь программой ее выполнения.
2. Ответить на вопросы для самоподготовки.

#### Контрольные вопросы для самоподготовки:

1. Каковы способы начала работы над чертежом в графическом редакторе?
2. Что такое графический редактор, шаблон, тип линии, слой, режим рисования?
3. Какие клавиши в графическом редакторе выполняют функцию «ввод»?
4. Как управлять окном зрения при работе с чертежом в графическом редакторе?
5. Какие настройки режимов рисования должны быть выбраны при формировании конкретного документа и каковы способы их настройки?
6. Чем отличаются способы выбора примитивов – Рамка и Секрамка?
7. Как переключить установки текущего слоя, цвета, типа линии?

## Задания

### Занятие 1

#### 1-й уровень

1. Настроить режимы рисования.
2. Выполнить построение квадрата по размерам (рис. 2.28а).

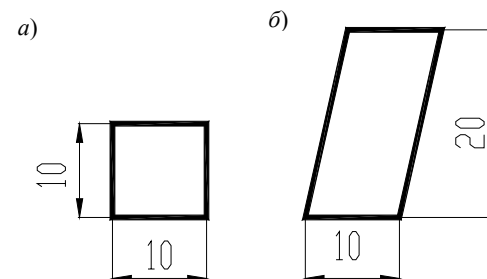


Рис. 2.28. Построение фигур:

а) – квадрата; б) – четырехугольника

1. Скопировать квадрат в количестве, достаточном для выполнения второй фигуры, преобразованием первой разными способами.
2. Получить вторую фигуру (рис. 2.28б), растягивая с помощью «ручек» или командой **Растянуть**.
3. Выполнить рис. 2.29.

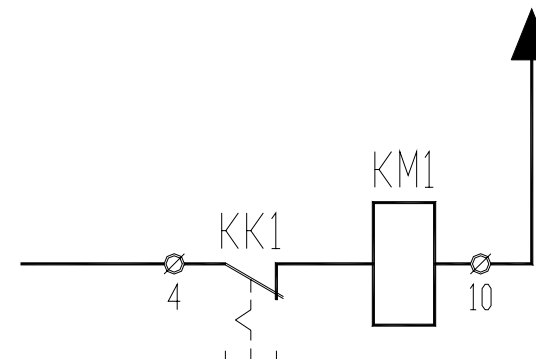


Рис. 2.29. Фрагмент принципиальной схемы

4. Сохранить работу в заданную область.

### 2-й уровень

1. Выполнить задание 1-го уровня.
2. По заданному варианту (Приложение 6) отобразить фрагмент принципиальной схемы, промаркировать цепи управления и выполнить пояснения к схеме.
3. Заполнить основную надпись чертежа.
4. Настроить графический редактор и зафиксировать шаги настройки в отчете.

#### Занятие 2

### 1-й уровень

1. Создать новый рисунок, используя шаблон а3.
2. Выполнить часть контура управления уровня воды в барабане котла на схеме автоматизации (рис. 2.30).

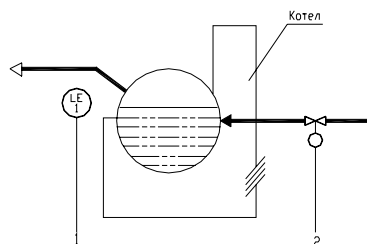


Рис. 2.30. Фрагмент схемы автоматизации

3. Сохранить работу в заданную область.

### 2-й уровень

1. Выполнить задание 1-го уровня.
2. Проанализировать работу с каждой использованной для выполнения задания командой рисования и командой редактирования по предложенной форме (табл. 2.4).

Таблица 2.4

#### Форма анализа команды рисования или редактирования


Команда	Вид команды	Назначение команды	Параметры команды и их назначение	Требования по выбору примитивов (для команды редактирования)	Последовательность действий при использовании команды	Пример работы с параметрами команды

### Занятие 3

1. Отобразить фрагмент технологической схемы по заданному варианту [28, приложение].
2. Заполнить основную надпись чертежа.
3. Получить распечатку чертежа.

#### Методика выполнения работы

### Занятие 1

1. Запустить графический редактор AutoCAD щелчком по значку  на рабочем столе.
2. В окне начала работы Startup выбрать кнопку Use a Template и из списка шаблонов в списке выбора выбрать А3ра (рис. 2.31). Зафиксировать шаги начала работы в табл. 2.5 (операция 1).

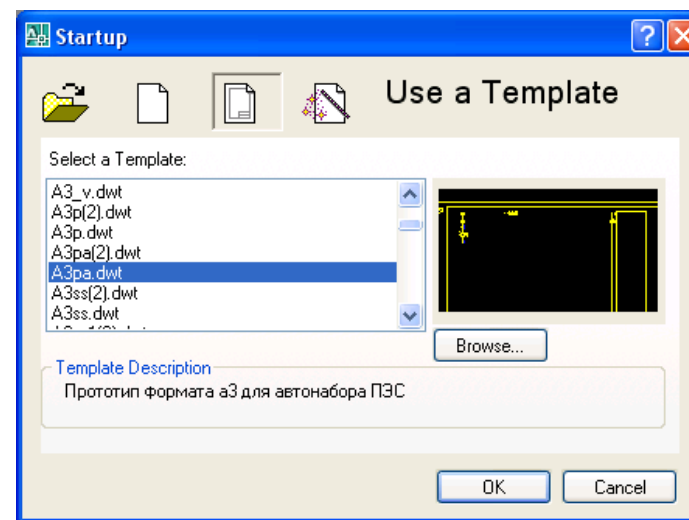


Рис. 2.31. Диалоговое окно начала работы

3. Установить приемлемые настройки режимов рисования: интервал шага (SNAP) равным 10 мм, сетки (GRID) – 5 мм. Для этого нужно выполнить следующие действия:
  - 1) вызвать диалоговое окно Drafting Settings (Режимы рисования). Для этого использовать один из способов:
    - падающее Tools (Сервис) → пункт Drafting Settings (Режимы рисования);

– установить указатель мыши на одну из кнопок режимов в строке состояния (SNAP, например) → щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать пункт Settings (Настроить) из контекстного меню;

– набрать в командной строке команду **DDRMODES (Диалог-Сред)**;

2) в открывшемся диалоговом окне установить в области SNAP – интервал 10 (по оси X и Y), в области GRID – 5 (по оси X и Y);

3) выйти из окна. Включить режим ORTO, щелкнув ЛК мыши по соответствующей клавише в строке состояния.

Таблица 2.5

Протокол работы с графическим редактором

Операция		Содержание	
1. Окно начала работы Startup		Назначение	
Кнопки	Open a drawing		
	Start from Scratch		
	Use a Template		
	Use a Wizard		
Как настроить вызов окна?			
2. Управление окном зрения		Чем обеспечивается?	
Способы	перемещения чертежа в видовом экране		
	управления масштабом отображения		
	центрирования зоны построений на экране		
3. Настройка режимов рисования		Чем обеспечивается?	
Способы переключения режимов			
Способы вызова диалога настройки			
Значения интервала	для выполнения задания № 1	Шага	
		Сетки	
	для выполнения принципиальной схемы	Шага	
		Сетки	
4. Настройка интерфейса		Чем обеспечивается?	
Как может быть изменена строка падающих меню?			
Как вывести требуемую панель инструментов на экран?			
Как изменить состав инструментов на панели инструментов?			
Как изменить состав кнопок в строке состояния?			
Как изменить состав диалоговых окон начала работы в графическом редакторе?			
Как изменить длину и вид перекрестия курсора?			

4. Изобразить фигуры (рис. 2.28a) в нижней части формата слева.

Для этого сначала необходимо выделить комфортную область окна зрения, примерные размеры которой 50x50.

Для построения фигуры можно воспользоваться командой **Line**




(**Линия**), выбрав кнопку  на панели рисования либо выбрав пункт Line (Отрезок) из падающего меню Draw (Черчение). На запросы команды нужно ввести 3 точки фигуры указателем мыши на экране либо набором с клавиатуры координат точки, и далее ввести «С», то есть параметр Замкни (табл. 2.6).

Таблица 2.6

Особенности использования команды Line

Команда	Вид команды	Назначение команды	Параметры команды и их назначение	Последовательность действий при использовании команды	Пример работы с параметрами команды
Line	Рисование	Позволяет рисовать отрезки прямых	«Ввод», как ответ на первый запрос, позволяет совместить начало изображаемого отрезка с концом предыдущего построения. З(С) – замыкает ломаную. О (U) – отменяет последний нарисованный сегмент	<i>line Specify first point</i> (Линия Укажите первую точку) <i>Specify next point or [Undo]:</i> (Укажите следующую точку или [Отменить]:) <i>Specify next point or [Undo]:</i> (Укажите следующую точку или [Отменить]:) <i>Specify next point or [Close/Undo]:</i> (Укажите следующую точку или [Замкнуть/Отменить]:) <i>Specify next point or [Close/Undo]: c</i>	Можно указать первую точку ЛК мыши в рабочей зоне редактора, следующую точку можно указать также либо набором с клавиатуры относительных координат (@10<90, продлить на 10 мм под углом 90 градусов) и для соединения с конечной точкой вводим параметр Замкни: С.   Точки, указанные ЛК мыши

Вторую фигуру можно получить, скопировав (табл. 2.7, графы 4 и 7 и последовательность действия с командой) первую (кнопка  на панели редактирования либо пункт Copy (Копировать) падающего меню Modify (Изменить)), сняв режим ORTO и воспользовавшись командой **Stretch (Растянуть)** (кнопка  на панели инструментов редактирования либо пункт Stretch (Растянуть) из падающего меню Modify (Изменить)). При этом в командной строке выводятся следующие запросы:

*\_stretch*  
*Select objects to stretch by crossing-window or crossing-polygon...*

*Select objects:*

*то есть \_Растянуть*

*Выберите объекты для растягивания текущей рамкой либо секущим многоугольником...*

*Выберите объекты:*

Необходимо выбрать нижнюю часть фигуры, указав верхний правый угол рамки вне фигуры, и затем – нижний левый угол рамки, охватывающей фигуру (рис. 2.32).

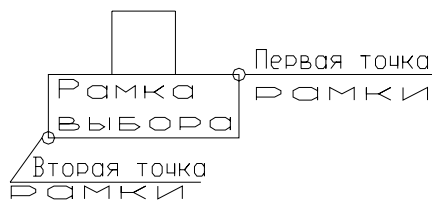


Рис. 2.32. Выбор примитивов при использовании команды «Растянуть»

*Specify opposite corner: 3 found*

*Select objects:*

*То есть Определите противоположный угол: 3 найдено*

*Выберите объекты:*

Если все нужные объекты выбраны, то нужно нажать правую клавишу мыши либо «Ввод», чтобы завершить режим выбора.

*Specify base point or displacement:*

*Specify second point of displacement or <use first point as displacement>:*

*то есть Укажите базовую точку либо перемещение:*

*Укажите вторую точку для перемещения или <использовать первую точку в качестве перемещения>:*

При этом нужно выбрать точку, от которой требуется растягивать, и затем точку, до которой следует тянуть либо сжимать.

Растянуть фигуру можно и другим способом, воспользовавшись так называемыми «ручками» (рис. 2.33), – маленькими квадратиками, которые высвечиваются в определяющих точках объектов при их выборе (табл. 2.8).

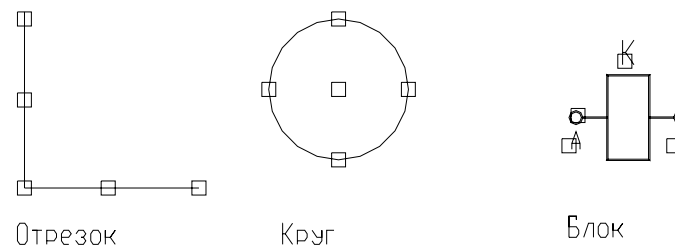


Рис. 2.33. Примеры примитивов с «ручками»

Таблица 2.7

Особенности использования команд редактирования Copy и Stretch

Команда	Вид команды	Назначение команды	Параметры и их назначение	Требования по выбору примитивов	Последовательность действий при использовании команды	Пример работы с параметрами команды
Copy	Редактирование	Копирует созданные объекты, оставляя оригиналы нетронутыми, и размещает копии в заданном месте	Displacement – перенос. Exit – выход. Undo – отмена	Выбор в любом режиме	_copy Select objects: Specify base point or [Displacement] <Displacement>: Specify second point or <use first point as displacement>: Specify second point or [Exit/Undo] <Exit>:	Копировать Выберите объекты: Укажите базовую точку или [Перемещение]: Укажите вторую точку или <использовать первую точку как перемещение> Укажите вторую точку или [Выход/Отмена]:

Команда	Вид команды	Назначение команды	Параметры и их назначение	Требования по выбору примитивов	Последовательность действий при использовании команды	Пример работы с параметрами команды
Stretch	Редактирование	Обеспечивает перемещение выбранной части изображения, сохраняя при этом связь с остальной частью	После выбора объектов запрашивается точка, от которой нужно тянуть, далее точка, до которой нужно тянуть. Displacement - перенос	Выбор в режиме текущей рамки или текущего многоугольника	_stretch Select objects to stretch by crossing-window or crossing-polygon... Select objects: Select objects:  Specify base point or [Displacement] <Displacement>: Specify second point or <use first point as displacement>:	Растянуть Выберите объекты для растяжения текущей рамкой или многоугольником... Выберите объекты: Укажите базовую точку или [Перемещение]: Укажите вторую точку или <использовать первую точку как перемещение>:

Таблица 2.8

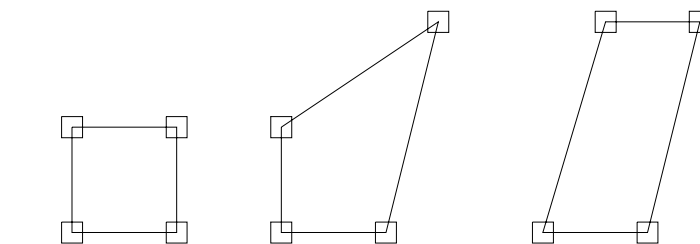
## Расположение ручек на примитивах

Примитив	Расположение ручек
Точка	В точке
Отрезок	В середине и на концах отрезка
Дуга	В середине и на концах
Круг	В точках квадрантов и в центре
Текст	В точке вставки и второй точке выравнивания, если есть
Определение атрибута	В точке вставки и второй точке выравнивания, если есть
Атрибут	В точке вставки и второй точке выравнивания, если есть
Фигура	В вершинах

Примитив	Расположение ручек
Размер: Перевернутый или параллельный Угловой	В центре размерного текста для всех типов размеров В конечных точках размерной и выносной линий
Радиус или диаметр	В конечных точках выносных линий и в точках, задающих положение размерной дуги В конечных точках размерной линии

Для редактирования с помощью ручек необходимо указать какую-либо из них (рис. 2.34). Точка, соответствующая этой ручке, рассматривается как базовая точка операции редактирования (при необходимости может быть выбрана базовая точка, расположенная в любом месте рисунка). При указании ручек происходит переход в режимы Растяни, Перенеси, Поверни, Масштаб и Зеркало.

Первым режимом является режим Растяни. Если после выбора базовой точки переместить курсор и указать новую точку, то происходит редактирование одной ручки. При этом выбранная ручка переместится (растянется) в эту точку.



Шаг1. Выбрать примитивы и ручку, которую нужно тянуть

Шаг2. Потянуть эту ручку в нужную точку

Шаг3. После редактирования для выхода из режима ручек нажать "Esc" два раза

Рис. 2.34. Порядок работы с ручками

Можно использовать режим Растяни сразу для нескольких примитивов. Для этого перед включением режимов ручек необходимо выбрать примитивы, указывая на их ручки при нажатой клавише Shift. Переход в режим Растяни произойдет только тогда, когда одна из выбранных ручек будет указана при отпущенной клавише Shift.

Если при указании нового положения ручки нажать клавишу Shift, то включается режим создания нескольких копий, который действует до момента выбора нового ключа режима ручек или нажатия клавиши Ввод.

Непосредственно после выбора базовой ручки включаются режимы ручек, начиная с режима Растяни. Можно циклически изменять режимы ручек, нажимая клавишу Пробел или вводя ключевые слова, соответствующие названиям режимов: STretch (Растяни), MOve (ПЕренеси), ROtate (ПОверни). Для выхода из режимов ручек нужно ввести с клавиатуры букву X (ключ eXit (Выход)).

1. Выполнить рисунок 2.29 достаточно просто с помощью готовых блоков. Выполнить вставку блока позволяет команда Insert. Однако в данном случае можно воспользоваться пользовательским меню-библиотекой База. Необходимый блок находится по пути: База/База ПС/ Катушки/km, пускатель+реле1. При этом в командной строке будет вызвана на исполнение команда вставки блока, автоматически введено имя km. Примерный вид запросов:

```
-Insert Enter block name or [?]: km Substituting [simplex.shx] for [rus1].
```

*Вставка Введите имя блока или [?]: km Замена шрифта*

*Units: Unitless Conversion: 1.0000*

*Specify insertion point or [Basepoint/Scale/X/Y/Z/Rotate]:*

*Укажите точку вставки или [Базовая точка / Масштаб/X/Y/Z/Вращение]:*

При этом следует редактору указать координаты точки расположения изображения блока. После чего автоматически задаются масштаб отрисовки (по 1 по осям X и Y), угол поворота (0) и запрашиваются значения атрибутов. Поскольку есть значения по умолчанию, то в ответ на запрос значения атрибутов достаточно нажимать клавишу Ввод.

```
Enter X scale factor, specify opposite corner, or [Corner/XYZ] <1>: 1  
Enter Y
```


*scale factor <use X scale factor>: 1*

*Specify rotation angle <0>: 0*

*Enter attribute values*

*Поз. обозначение <KK1>:*

*Поз. обозначение <KM1>:*

После вставки блока остается сформировать линию связи. Поскольку в блок вошли примитивы, имеющие толщину 0,2 мм, то линию связи (она должна быть одной толщины с линиями изображения) можно сформировать командой **Pline (Плиния)** – позволяет формировать линии заданной толщины. Этой же командой можно выполнить стрелку. Команда может быть вызвана через аналогичный пункт меню Draw (Черчение) либо  панели Draw (Черчение). Чтобы отрисовать стрелку этой командой, нужно воспользоваться опцией Width (Ширина) – достаточно ввести w, далее на запрос начальной ширины (Specify starting width <0.20>:) ввести определенное значение ширины (например, 3), а на запрос конечной ширины (Specify ending width <3.00>:) ввести нулевое значение (0). После этого остается протянуть стрелку и выйти из команды (нажать Ввод).


6. Сохраните рисунок в заданную преподавателем область, воспользовавшись командой **Save** (пункт Сохранить падающего меню Файл).

7. Заданный фрагмент принципиальной схемы выполнить достаточно легко при наличии пользовательской программы. Последовательность действий при этом следующая.

На панели инструментов Элементы ПЭС



выбрать кнопку SA: A, O, P для отображения

переключателя режимов . При этом на поле чертежа будет отображен переключатель, имеющий 3 положения: A, O, P.

На этой же панели инструментов выбрать кнопку Контур АУ ИМ



для отображения цепи управления. При этом на запрос «Введите, каким ИМ ведется управление: 1 – ЭД, 2 – KV, 3 – КТ, 4 – НЛ» нужно ввести соответствующую цифру (смотри в варианте исполнительный механизм в цепи справа). После этого будет отрисован соответствующий исполнительный механизм. На запрос «Введите структурную формулу <OSL1\*0KT1.1\*(1KM2.1\*0SL2\*+1KM1.1\*+)\*i>» необходимо задать условную запись цепи управления. Значение по умолчанию позволяет отрисовать цепь управления рис. 2.35. Приняты следующие условные обозначения для записи управления: 0 – нормально замкнутый контакт; 1 – нормально разомкнутый контакт; \* – последовательное соединение; \*+ – параллельное соединение; \*i – окончание фор-

мулы. Позиционные обозначения контактов должны быть набраны заглавными буквами латинского алфавита. Параллельное соединение необходимо взять в круглые скобки. После номера позиционного обозначения можно уточнить номер контакта в составе аппарата через точку (например, КМ1.3) для корректной простановки обозначений зажимов данного элемента схемы. Следует учитывать, что 1-й контакт магнитного пускателя зарезервирован для цепи ручного управления. Если ввести номер ИМ – 1, то программно будет отрисована и цепь ручного управления электродвигателем.

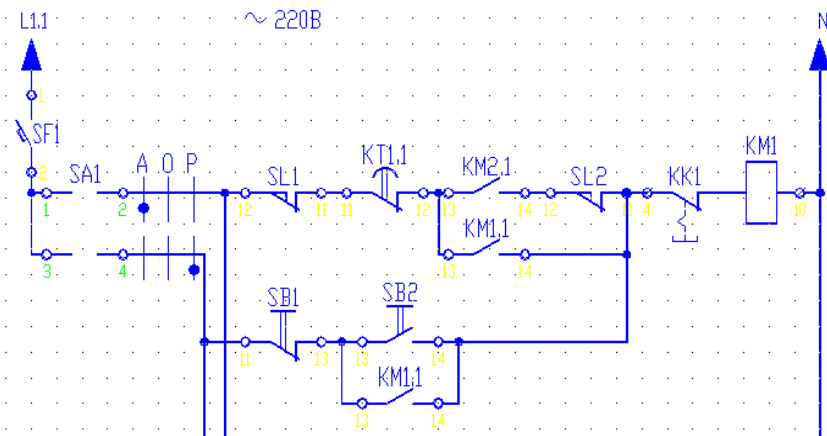




Рис. 2.35. Пример сформированной цепи управления

Расставить маркировку участков цепей можно, воспользовавшись кнопкой Маркировка . Первая цифра маркировки будет проставлена программно после перехода через контакт автоматического выключателя SF1. Далее необходимо указывать точку простановки цифры обозначения, например, щелчком левой кнопкой мыши. Для окончания простановки нужно нажать ПК мыши.

С помощью команды **Dtext**, набранной в командной строке, либо кнопки  на панели инструментов Draw (Черчение) заполнить таблицу с поясняющими надписями справа от фрагмента схемы. Параметры и ключи данной команды объяснены в [25, с. 32; 24, с. 467].

8. Заполнить основную надпись чертежа можно также с помощью команды **Dtext** или редактированием существующего текста (двойной щелчок ЛК мыши по тексту, чтобы войти в режим редактирования).

9. Настроить графический редактор позволяет мастер, вызываемый кнопкой Use a Wizard из окна начала работы при создании нового рисунка. Однако вызов самого окна должен быть также настроен. Для этого используется пункт Options... (Опции...) меню Tools (Сервис). Чтобы перед началом работы с графическим редактором выдавался диалог начала работы, требуется включить символ («галочку») Show Startup Dialog Box в поле Startup закладки System. Полезны и настройки на закладках Display (например, позволяют настроить вид перекрестия курсора) и Drafting (например, позволяют настроить вид курсора в режиме привязки к объектам).


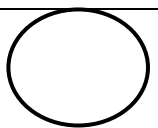
### Занятие 2

1. Для выполнения задания (рис. 2.30) необходимо загрузить шаблон, названный а3, в котором уже выполнены первоначальные построения и заданы приемлемые для выполнения данного документа режимы рисования (см. пункты 1 и 2 для занятия 1).


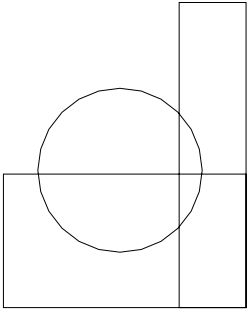

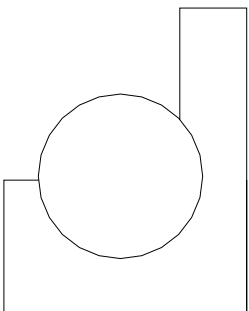
2. Далее необходимо вывести в видовой экран область, приемлемую для отрисовки изображения, и выполнить графическую часть рисунка. Для этого можно рекомендовать использование команд **Circle** (Круг), **Rectang** (Прямоугольник), **Line** (Отрезок), **Pline** (Плиния), **Trim** (Обрезать), **Array** (Массив), **Insert** (Вставить), **Dtext** (Дтекст) (табл. 2.9).

Таблица 2.9



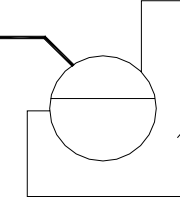


### Примерная последовательность действий при выполнении задания рис. 2.30

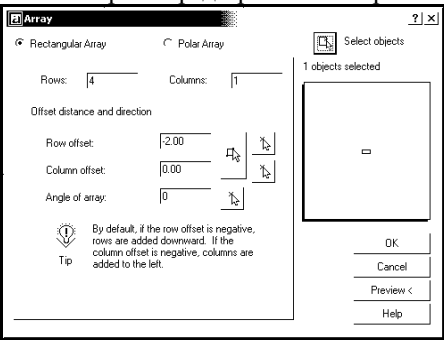
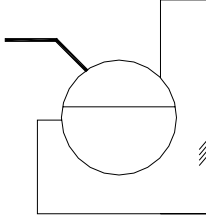
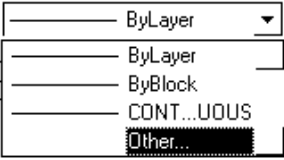
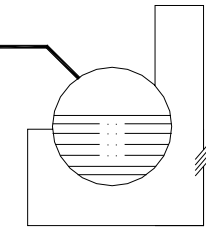
Последовательность действий	Результат
1	2
1. Выполним окружность, вызвав команду <b>Circle</b> (Круг), например, кнопкой  панели инструментов Draw (Черчение), используя опции по умолчанию и отмечая ЛК мыши в рабочей зоне экрана центр и требуемый радиус	

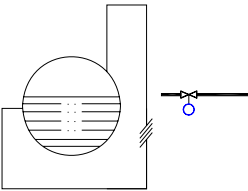
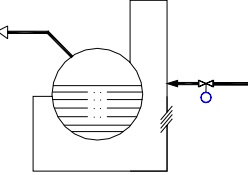

Продолжение табл. 2.9

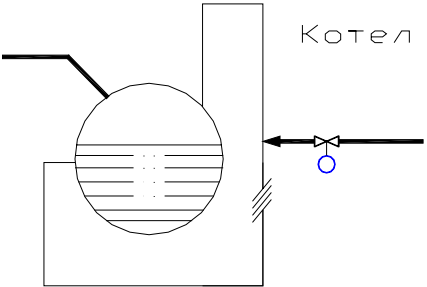
1	2
<p>2. Выполним два прямоугольника, вызвав команду <b>Rectang (Прямоугольник)</b>, например, кнопкой  панели инструментов Черчение, используя опции по умолчанию и отмечая ЛК мыши в рабочей зоне экрана точки углов прямоугольников</p> <p><b>_rectang</b>  <b>Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/ Thickness/Width]:</b> (то есть Укажите первую точку угла или [Фаска/Высота/Скругление/Толщина/Ширина]:)  <b>Specify other corner point or [Dimensions]:</b> (то есть Укажите вторую точку угла или [Размеры]:)</p>	
<p>3. Обрежем ненужные линии, используя команду <b>Trim (Обрежь)</b>, вызванную, например, кнопкой  панели инструментов Изменить:</p> <p><b>_trim</b>  <b>Current settings: Projection=UCS, Edge=None</b>  <b>Select cutting edges ...</b>  <b>Select objects: Specify opposite corner: 3 found</b>          Первый запрос команды требует выбора границы, по которой необходимо обрезать. В данном случае можно выбрать все объекты в режиме секущей рамки.  <b>Select objects:</b>  <b>Select object to trim or shift-select to extend or [Project/Edge/Undo]:</b>          Последующие запросы требуют выбора частей, которые необходимо обрезать. Поэтому необходимо выбрать последовательно участки прямоугольников, которые требуется обрезать. Выход из команды осуществляется пустым вводом</p>	

Продолжение табл. 2.9

1	2
<p>4. Выполним разделительную линию, указывающую уровень воды, и одну линию из изображения заслонки командой <b>Line (Линия)</b> . А также отрисует командой <b>Pline (Плиния)</b>  линию трубопровода. Рассмотрим последнее более подробно. Данная команда позволяет отрисовывать линии заданной ширины.</p> <p><b>_pline</b>  <b>Specify start point:</b>  <b>Current line-width is 0.20</b>          То есть Плиния Укажите начальную точку: Текущая ширина линии – 0.2 мм          В ответ на данный запрос указываем ЛК мыши точку в рабочей зоне экрана.  <b>Specify next point or [Arc/Halfwidth/Length/Undo/ Width]: w</b>          То есть Следующая точка или [Дуга/Половина ширины/Длина/Отменить/Ширина]:          В ответ на данный запрос вводим ключ изменения ширины линии w и далее требуемую ширину линии.  <b>Specify starting width &lt;0.20&gt;: 1</b>          То есть Укажите начальную ширину &lt;0.2&gt;:  <b>Specify ending width &lt;1.00&gt;:</b>          То есть Укажите конечную ширину &lt;1.00&gt;:          Используем режим по умолчанию, нажав «Ввод»  <b>Specify next point or [Arc/Halfwidth/Length/Undo/ Width]:</b>          То есть Следующая точка или [Дуга/Половина ширины/Длина/Отменить/Ширина]:          Вводим на запросы последующие точки линии. Для выхода из команды необходимо нажать пустой ввод</p>	
<p>5. Размножим линии заслонки с помощью команды <b>Array (Массив)</b> . При вызове команды будет загружено диалоговое окно Array, в котором необходимо указать количество рядов (строка Rows), колонок (строка Columns), задать расстояние между ними в области Offset distance and direction, а главное, выбрать объекты, которые необходимо размножить с помощью кнопки Select objects</p>	

1	2
<p>Когда все это сделано, можно посмотреть, что получится при этих заданных параметрах, используя кнопку Preview. Если результат удовлетворителен, то выходим из окна, нажав ОК. Если нет, снова меняем параметры и повторяем предварительный просмотр.</p> 	
<p>6. Обрежем линию прямоугольника между крайними линиями заслонки, используя команду <b>Trim (Обрезать)</b>, указывая (в качестве границ, от которых нужно резать) две крайние линии изображения заслонки, а в качестве того, что резать, – линию прямоугольника между линиями заслонки. Кроме того, выполним линии, обозначающие воду. Для этого загрузим требуемый тип линии, используя кнопку LineTypeControl на панели свойств объектов и выбрав пункт Other.</p>  <p>В загруженном диалоге необходимо загрузить требуемый тип линии, если его нет в списке, с помощью кнопки Load. После этого выбрать загруженный тип линии в списке и установить его текущим с помощью кнопки Current.</p> <p>После формирования линий командой <b>Pline (Плиния)</b> или <b>Line (Линия)</b>, необходимо вернуть назад тип линии ByLayer, произведя последовательность действий, аналогичную рассмотренной выше</p>	

1	2
<p>7. Выполним трубопровод подачи горячей воды (команда <b>Pline (Плиния)</b>). Здесь, кроме самой линии, необходимо выполнить вентиль, который является блоком. Поэтому воспользуемся командой <b>Insert (Вставить)</b>, вызываемой по пути падающее меню Слияние / Блок или меню База/База СА/Оборудование/Вентиль.</p> <p>Аналогично производится формирование нижней части рисунка, вызывая соответствующие блоки через меню База</p>	
<p>8. Сформируем закрашенную стрелочку. Для этого включим закрашку командой <b>Fill</b> – ключ on, которую можно набрать в командной строке, и отобразим стрелочку командой <b>Solid</b>, указывая 3 точки стрелки и щелкнув для завершения команды ПК мыши</p>	
<p>9. Выполним соответствующие надписи, воспользовавшись командой <b>Dtext (Дтекст)</b> </p> <p><b>Current text style: "STANDARD" Text height: 3.00</b></p> <p><b>Specify start point of text or [Justify/Style]: J</b> то есть Дтекст Текущий стиль текста: «Стандарт» Высота текста: 3.00 Укажите начальную точку отрисовки текста или [Выравнивание/Стиль]:</p> <p>В ответ на запрос введен ключ выравнивания.</p> <p><b>Enter an option [Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: F</b> то есть Введите опцию выравнивания: А/Ц/СЕ/ВП/НЛ/НЦ/НП/СЛ/СЦ/СП/ВЛ/ВЦ/ВП/Г):</p> <p>В ответ введена опция: вписанный между двумя точками.</p> <p><b>Specify first endpoint of text baseline:</b> то есть Укажите первую конечную точку текстовой базовой линии.</p>	

1	2
<p>В ответ указываем точку в рабочей зоне редактора.  <b>Specify second endpoint of text baseline:</b>  то есть Укажите вторую конечную точку текстовой базовой линии  <b>Specify height &lt;3.00&gt;: 5</b> то есть Укажите высоту:  <b>Enter text: Kotel</b> то есть Введите текст:  <b>Enter text:</b>  Выход из команды осуществляется набором пустого ввода. После этого, используя предыдущие команды, формируем недостающее изображение на рисунке</p>	

2. Сохранить работу в указанной преподавателем области и показать результат работы преподавателю.

### Занятие 3

#### **Не забывайте периодически сохранять рисунок!**

1. Фрагмент технологической схемы следует выполнять на новом чертеже, выбрав в окне Startup кнопку Use a Template и из списка шаблонов в списке выбора – шаблон а3.

2. Проверить настройки режимов рисования и при необходимости установить интервал шага (SNAP) равный 1, сетки (GRID) – равный 5.

3. Используя команды рисования (меню Draw (Черчение) или одноименная панель инструментов) и редактирования (меню Modify (Изменить) или одноименная панель инструментов), выполнить изображение, данное в варианте. В случае необходимости формирования текста лучше воспользоваться командой **Dtext** (пример работы с которой уже был приведен).

4. Несколько ускорить работу помогут блоки, собранные в меню База/База СА, позволяющие сформировать условные графические обозначения стандартного электрооборудования и технических

средств автоматизации. Блоки будут вставлены командой **Insert**, требующей ввода точки вставки и, если блоки содержат атрибуты, то и значений атрибутов.

5. Для отрисовки закрашенных стрелочек следует использовать команды **Fill** и **Solid**, либо команду **Pline (Плиния)**.

6. Заполнить основную надпись документа, используя команду **Dtext** или редактируя готовый текст или атрибут (двойной щелчок ЛК мыши на примитиве). Правила заполнения основной надписи освещены в стандарте предприятия БГАТУ [5].

7. Сохранить чертеж, показать результат преподавателю. В случае удовлетворительного результата, используя положения с. 112–114, получить распечатку чертежа.

8. Подготовиться к защите работы по контрольным вопросам в программе на компьютере или непосредственно преподавателю.

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

1. Дайте определение интерфейсу, меню, панели инструментов. Опишите интерфейс какого-либо модуля САПР.

2. Какими могут быть панели инструментов? Как вывести требуемую панель на рабочий стол?

3. Дайте определение команды, опции и ключа команды. Каковы способы ввода команд в графическом редакторе САПР?

4. Дайте характеристику режимов рисования графического редактора САПР. Как их настроить, и какие установки приемлемы при создании конкретного документа?

5. Что собой представляет рисунок-шаблон?

6. Перечислите основные свойства примитивов графического редактора САПР.

7. Дайте определение типа линии, слоя, блока. Как взаимосвязаны эти три элемента графического редактора САПР?

8. Какими могут быть свойства примитива? Как их изменить?

9. Какие свойства присущи слою? Как их изменить?

9. Перечислите способы управления окном зрения в графическом редакторе САПР. Продемонстрируйте их.

10. Перечислите команды рисования, которые вы использовали при выполнении задания. Каковы особенности работы с ними?

11. Перечислите команды редактирования, которые вы использовали при выполнении задания. Каковы особенности работы с ними?

12. Дайте определение основным режимам выбора примитивов в графическом редакторе САПР.

13. Каким образом отобразить строку текста так, что бы она располагалась между двумя заданными крайними точками и имела заданную высоту текста?

14. Перечислите основные опции команды **Dtext**. Дайте им краткую характеристику.

### Лабораторная работа

#### «Принципы пополнения графического меню-библиотеки в САПР»

**Задача занятия:** уяснение принципов организации баз данных в САПР, требований к блокам как элементам графической базы данных САПР; формирование умений пополнения графической библиотеки.

#### Задания для подготовки к занятию:

1. Подготовить протокол отчета к лабораторной работе, руководствуясь программой ее выполнения.
2. Ответить на вопросы для самоподготовки.
3. Собрать исходные данные для выполнения элемента графической базы данных (для принципиальной схемы) по назначенному варианту (табл. 2.10), используя [11] или систему стандартов ЕСКД: изображение, размеры изображения, позиционное обозначение, обозначение зажимов.

Таблица 2.10

#### Варианты заданий

Вариант	Элемент графической базы
1	Коечный выключатель
2	Датчик температуры
3	Датчик уровня
4	Датчик давления
5	Контакт теплового реле
6	Контакт реле времени
7	Звуковая сигнализация
8	Световая сигнализация
9	Переключатель режимов
10	Исполнительный механизм
11	Кнопочный выключатель
12	Светодиод

#### Контрольные вопросы для самоподготовки:

1. Что такое блок, атрибут, слайд, база данных, меню?
2. Каковы требования по кратности размеров изображений, входящих в блоки базы принципиальной электрической схемы?
3. Какая команда предназначена для создания атрибута?
4. Какие команды позволяют создать блок?
5. Какая команда позволяет сформировать слайд?

#### Задания

##### 1-й уровень

1. В соответствии с заданным вариантом (табл. 2.10) сформулировать блок как элемент графической базы данных в графическом редакторе AutoCAD.
2. Создать инструмент панели инструментов Элементы ПЭС, который будет обеспечивать вставку созданного блока с масштабом отрисовки 1:1 и углом поворота 0.

##### 2-й уровень

1. Выполнить задание 1-го уровня.
2. Организовать палитру инструментов, обеспечивающих вставку блоков по всем вариантам подгруппы.
3. Организовать меню-библиотеку из фрагментов технологической схемы, выполненной по вариантам в ходе предыдущей лабораторной работы. Вызов меню организовать через инструмент панели инструментов.

#### Методика выполнения работы

##### 1-й уровень

Порядок выполнения задания 1-го уровня рассмотрим на примере создания и занесения в базу такого элемента принципиальных электрических схем, как катушка промежуточного реле. Вы должны выполнить аналогичные действия по созданию блока согласно варианту, заданному преподавателем в соответствии с табл. 2.10.

1. Подготовить исходные данные для формирования блока катушки промежуточного реле.

Для этого согласно ГОСТ 2.756-76 «Воспринимающая часть электромеханических устройств» нужно определить состав изображения и его размеры (рис. 2.36).

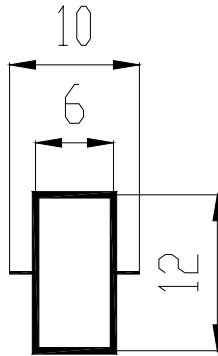


Рис. 2.36. Размеры изображения катушки

Далее необходимо определить атрибуты, входящие в блок, и параметры этих атрибутов (табл. 2.11).

Таблица 2.11

Параметры атрибутов блока

Имя атрибута (Tag)	Подсказка (Prompt)	Значение по умолчанию (Value)	Параметры текста	Свойства атрибута
POS	Введите позиционное обозначение	KV1	Выровненный по центру, высота 3.5, угол поворота 0, слой 0	Контролируемый (Verify)
Z1	Обозначение зажима 1	A	Выровненный по центру, высота 2.5, угол поворота 0, слой NK (синий)	Контролируемый (Verify)
Z2	Обозначение зажима 2	B	Выровненный по центру, высота 2.5, угол поворота 0, слой NK (синий)	Контролируемый (Verify)

2. Сформировать изображение блока.


Загрузить графический редактор, используя шаблон АЗра.

На панели свойств объектов проконтролировать либо изменить на таковые установки следующих параметров:



Выделить свободную область для черчения. Установить приемлемые параметры режимов рисования: интервал сетки (GRID) для удобства отслеживания размеров равный 1, а шага – либо варьировать (от 1 к меньшему) либо установить равным минимальному построению изображения.

С помощью команд рисования по размерам изобразить условное графическое обозначение. При необходимости использовать команды редактирования.

3. С помощью команды **ATTDEF** (падающее меню Черчение/Блок/Задание атрибутов либо кнопка  на панели инструментов Рисование) создать необходимые атрибуты (табл. 2.11) через диалоговое окно задания атрибутов (рис. 2.37). При заполнении полей окна следует ориентироваться на значения, данные в табл. 2.11. Перед определением атрибутов обозначений зажимов катушки необходимо сделать текущим слой НК с панели инструментов Слои (щелчок ЛК мыши по списку и выбор необходимого названия). После создания этих атрибутов сделать текущим слой 0.

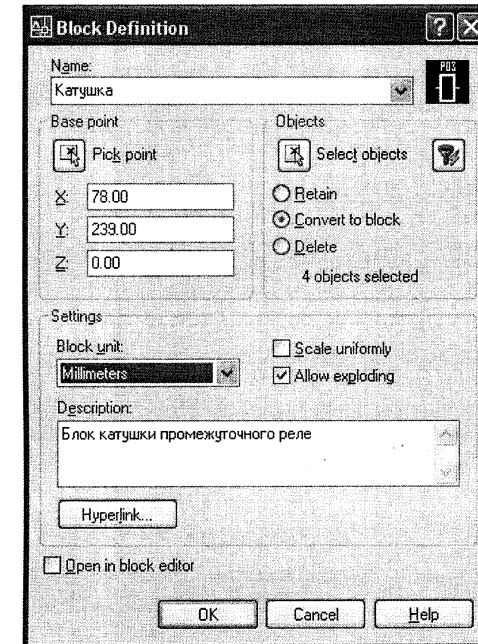





Рис. 2.37. Диалог создания блока

4. Создать блок с помощью команды **Block** (Падающее меню Черчение/Блок/Создать либо кнопка  на панели инструментов Draw (Черчение)). В диалоговом окне (рис. 2.37) нужно задать имя блока, которое не должно содержать пробелов и быть по возможности кратким (на-

пример, катушка в области Name), определить с помощью кнопки  Select objects в области Objects, какие примитивы будут входить в блок (выбрать изображение и все созданные атрибуты), указать точку

вставки блока с помощью кнопки  Pick point в области Base point.

5. Вставить созданный блок с помощью команды **Insert** (меню Слияние/Блок или инструмент  панели Draw (Черчение)). Если в предыдущем окне стоял ключ конвертации в блок Convert to block, то в диалоге вставки (рис. 2.38) будет активным созданный блок. Поэтому с помощью кнопки ОК выходим из диалога, а далее в ответ на запросы необходимо указать точку вставки блока на чертеже и значения атрибутов. Если создаваемые атрибуты имели свойство Verify (Контролируемый), то запрос значения для такого атрибута будет выдаваться несколько раз. После ответа на все запросы в графической зоне в указанной точке появится изображение блока.

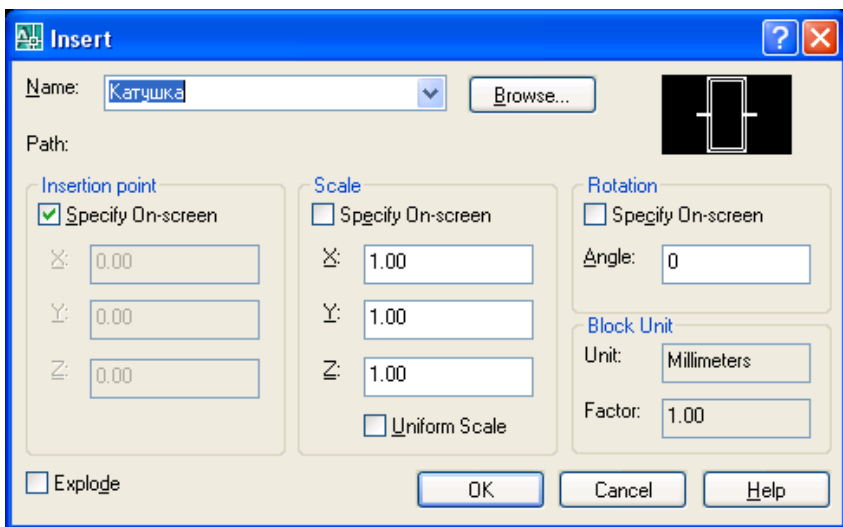


Рис. 2.38. Диалог вставки блока

6. Если созданный блок удовлетворяет требованиям, записать блок на диск с помощью команды **Wblock** через диалог, представленный на рис. 2.18. При этом в области Source в качестве источника должен быть выбран ключ Block и в списке доступных блоков – вами созданный. В области Destination должен быть указан путь сохранения блока.

7. Создать пользовательскую панель инструментов, дав ей имя, например, Элементы ПЭС, и создать инструмент, обеспечивающий вставку созданного блока в масштабе 1:1 с углом поворота 0 можно через диалог адаптации интерфейса (рис. 2.20).

Вызов диалога производится, например, через контекстное меню пункт Customize (Настроить), если щелкнуть правой кнопкой мыши в любом месте какой-нибудь панели инструментов.

Чтобы создать новую панель, необходимо в области Customization in All Cui Files щелкнуть по закладке Toolbars ПК мыши и задать New/New Toolbar. При этом появится новая панель инструментов в списке, для которой необходимо будет задать имя.

Создать новый инструмент для созданной панели можно с помощью клавиши New (Новая) в области Command List. При этом в области справа будет предложено заполнить свойства инструмента:

- имя инструмента в поле Name (например, катушка);
- описание, которое будет высвечиваться при указании курсором на инструмент, в поле Description (например, вставка блока);
- определить команду и ее параметры в поле Macro, которые будут выполняться при нажатии кнопки (не удалять стоящее  $^C^C$ ):  $^C^C$ - *Insert катушка; \I; 1; 0;*. В записи макроса знак «-» подавляет появление диалогового окна при вставке блока, слово «Insert» означает имя команды, «катушка» является именем блока, знаки «;» и «пробел» аналогичны вводу, «\» означает ожидание ввода параметра пользователем, «1», «1» и «0» – опции команды, обеспечивающие вставку блока в масштабе 1:1 и с углом поворота 0.

Также необходимо задать какое-либо изображение для инструмента, выбрав из списка в нижней части диалога, либо создать новое или отредактировать выбранное в списке во встроенном редакторе, воспользовавшись клавишей Edit (Изменить). Не забудьте сохранить изображение кнопки.

Нажать клавишу Apply (Применить), а затем – кнопку ОК. При этом



получите примерно следующую панель с инструментом:

8. Опробовать созданный инструмент и показать результат преподавателю.


### 2-й уровень

1. Чтобы создать палитру инструментов, необходимо выполнить последовательность действий, заданную на с. 130–131. При этом в графическом редакторе должен быть открыт рисунок, содержащий блок.

2. Для выполнения пункта 2 задания в графическом редакторе открыть рисунок, созданный в ходе предыдущей лабораторной работы (Файл (File) / Открыть (Open)).

3. Дополнить рисунок подрисовочной подписью, состоящей из текста «Выполнил:» (сформировать командой **Dtext**) и атрибута, в который должна заноситься фамилия выполняющего рисунок. Атрибут выполняются с помощью команды **ATTDEF**: при этом задать свойство атрибута – Verify (Контролируемый), ввести имя атрибута Family в поле Tag, подсказку «Введите вашу фамилию:» в поле Prompt, значение по умолчанию – свою фамилию – в поле Value, задать параметры текста: Justification (Выравнивание) – Center, Height (Высота) – 5, Rotation (Поворот) – 0.

4. Создать блок с помощью команды **Block** (в диалоговом окне нужно задать имя блока (область Name), формируемое по маске varn, где n –

номер варианта; определить с помощью кнопки  Select objects в области Objects, какие примитивы будут входить в блок (выбрать изображение варианта и подрисовочную надпись), используя режим выбора Рамка или Секрамка; указать точку вставки блока с помощью кнопки



Pick point в области Base point).

5. Вставить созданный блок с помощью команды **Insert**.

6. Если созданный блок удовлетворяет требованиям, записать блок на диск в область сохранения работ на сервере в папку Common\var с помощью команды **Wblock**.

7. Сформировать из изображения блока слайд, отцентрировав его на экране и воспользовавшись командой **MSLIDE** (набранной в командной строке). Слайд сохранить в область Common\var с именем блока.

8. Скопировать в свою папку из папки Common файл подгружаемого меню `timenu_pr.mnu`, переименовав в файл `timenu_prn.mnu`, где n – номер варианта. Открыть файл в блокноте и дополнить его описанием графического меню, размещаемым в разделе `***ICON`, по образцу: `**var`

[Выберите вариант задания]

[varn, вариант n]^C^C-Insert varn\1 1 0;

Вместо n следует задавать номер варианта. Последнюю строку следует повторить 31 раз, меняя n от 1 до 31.

9. Подключить в графическом редакторе область Common\var, используя команду **Options (Опции)**, меню Tools (Сервис). Далее открыть закладку Files (рис. 2.39), щелкнуть на «+» возле строки Support File Search Path, воспользоваться кнопкой Add... для добавления новой строки и кнопкой Browse – для поиска области Common\var. Далее воспользоваться кнопкой Apply и закрыть диалог.

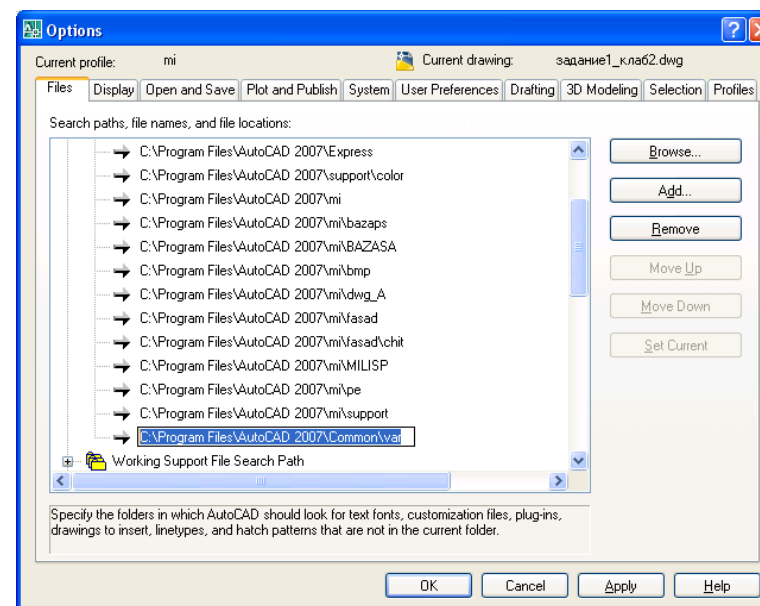


Рис. 2.39. Диалог настройки графического редактора

10. Загрузить отредактированное меню `timenu_prn.mnu`, используя команду **Menuload**, предварительно выгрузив группу `timenu`. После ввода команды появится диалог (рис. 2.40), в котором на закладке

Loaded Customization Groups в списке групп требуется выбрать mimenu и воспользоваться кнопкой Unload для выгрузки. Далее воспользоваться кнопкой Browse для открытия файла mimenu\_rpt.mnu и кнопкой Load для его загрузки.

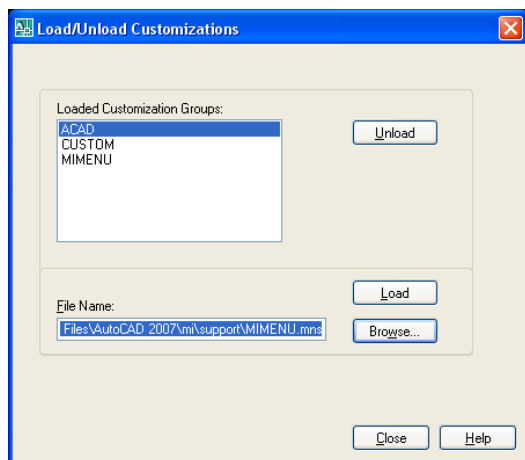


Рис. 2.40. Диалог загрузки-выгрузки меню

11. Создать пользовательскую панель инструментов и инструмент, обеспечивающий вызов графического меню-библиотеки:

1) открыть диалог адаптации (рис. 2.20);

2) создать панель и кнопкой New – инструмент для нее;

3) заполнить свойства инструмента:

– имя инструмента в поле Name, например, Библиотека;

– описание, которое будет высвечиваться при указании курсором на инструмент, в поле Description, например, Вызов библиотеки;

– определить команду и ее параметры в поле Macro, которые будут выполняться при нажатии кнопки: `^C^C_$I=Mimenu.var $I=*`. Данная последовательность вызывает графическое меню var, определенной в группе mimenu. По маске `$I=*` меню высвечивается на экране;

4) задать какое-либо изображение для инструмента, выбрав из списка в верхней части диалога изображение, либо создать новое или отредактировать выбранное в списке во встроенном редакторе, воспользовавшись клавишей Edit... (Изменить...). Не забудьте сохранить изображение кнопки;

5) нажать Apply (Применить), а затем – кнопку ОК. При этом получите панель с инструментом.

12. Опробовать созданный инструмент и показать результат преподавателю.

### Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы:

1. Дайте определение базы данных, СУБД.

2. Перечислите базы данных, используемые в известном Вам пакете САПР.

3. Дайте определение слайду, меню, графическому меню-библиотеке.

4. Дайте определение атрибуту как элементу блока.

5. Перечислите основные свойства атрибута.

6. Какая команда предназначена для создания атрибута? Что задается при создании атрибута?

7. Какая команда позволяет изменить значение атрибута? Последовательность действий при этом.

8. Приведите основные команды для работы с блоками.

9. Какие преимущества дает использование блоков при разработке документации?

10. Какой слой предназначен для создания блоков? Его свойства.

11. Если примитивы при вставке в блок находились не на слое «0» и имели переменные свойства, то каким образом они будут отрисованы при вставке блока?

12. Каковы возможности адаптации меню как одного из средств автоматизации разработки проекта в САПР?

13. Приведите последовательность действий по созданию инструмента панели инструментов графического редактора.

14. Приведите последовательность действий по созданию палитры.

15. Приведите принципы пополнения базы данных пакета САПР.

### Лабораторная работа.

#### «Принципы использования программирования для адаптации пакета САПР к области разработки документации систем автоматизации»

**Задача занятия:** уяснение возможностей средств адаптации графического редактора САПР; овладение приемами редактирования меню, создания и отладки программы на AutoLISP; формирование умений адаптации графического редактора САПР.

#### Задания для подготовки к занятию:

1. Подготовить протокол отчета к лабораторной работе, руководствуясь программой ее выполнения.

2. Ответить на вопросы для самоподготовки.
3. Разработать алгоритм программы по варианту задания.

**Контрольные вопросы для самоподготовки:**

1. Каковы средства адаптации графического редактора?
2. Что обеспечивает модификация меню?
3. Каковы возможности программирования на AutoLISP?
4. Для чего предназначены диалоговые окна?
5. Какой язык предназначен для описания диалоговых окон?
6. Какие языки программирования поддерживает AutoCAD?

**Задания**

**1-й уровень**

1. Составить алгоритм программы, реализованной в примере.
2. Повторить разработку программы примера.
3. Опробовать программу и провести ее отладку.

**2-й уровень**

1. В соответствии с заданным вариантом (табл. 2.12) разработать вариант алгоритма выполнения задания, определить средства для его осуществления и состав диалоговых окон.
2. Создать LISP-программу, реализующую алгоритм.
3. Опробовать программу и провести ее отладку.

Таблица 2.12

*Задания к лабораторной работе*

№ варианта	Задание
1	Разработать программу отрисовки номеров проводки на схеме соединений внешних проводов. Запрос начального обозначения осуществлять через диалог. Последующие обозначения формировать программно
2	Разработать программу занесения записи аппарата в перечень элементов принципиальной электрической схемы после выбора его типа в диалоге
3	Разработать программу занесения записи строки в перечень элементов щита автоматики для раздела «Документация»
4	Разработать программу занесения записи строки в перечень элементов щита автоматики для раздела «Стандартные изделия»
5	Разработать программу занесения записи строки в перечень элементов щита автоматики для раздела «Прочие»
6	Разработать программу занесения записи строки в перечень элементов щита автоматики для раздела «Материаль»

Окончание таблицы 2.12

№ варианта	Задание
7	Разработать программу отрисовки и заполнения таблицы расшифровки дополнительных обозначений сред на схеме автоматизации
8	Разработать программу занесения записи строки в таблицу надписей на табло и в рамках щита автоматики
9	Разработать программу занесения записи строки в таблицу соединений
10	Разработать программу занесения записи строки в таблицу подключений
11	Разработать программу отрисовки и заполнения таблицы с пояснениями к принципиальной электрической схеме
12	Разработать программу заполнения основной надписи чертежа

**Пример выполнения задания**

**Задание**

Создать LISP-программу, которая бы позволила проставлять обозначение маркировки цепей управления на принципиальной электрической схеме. Пользователь должен задавать начальное значение маркировки, после чего последующие значения должны формироваться программно увеличением на единицу предыдущего значения. Точки вставки маркировки указывает пользователь. Запрос первоначального значения маркировки и точки вставки должен производиться через диалоговые окна. Выход из программы осуществляется, если пользователь задал пустой «ввод» на запрос очередной точки вставки. Вызов программы должен осуществляться инструментом панели инструментов.

**Порядок выполнения задания**

1. Для реализации ввода данных примем два диалога, в одном из которых будет запрашиваться значение маркировки, а в другом – точка вставки этого значения. Примерный вид диалогов приведен на рис. 2.41 и 2.42. Зададим директивы диалоговых окон, которые будут использоваться в программе.

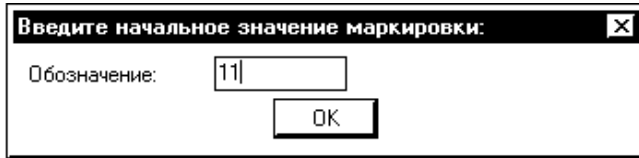


Рис. 2.41. Диалог № 1

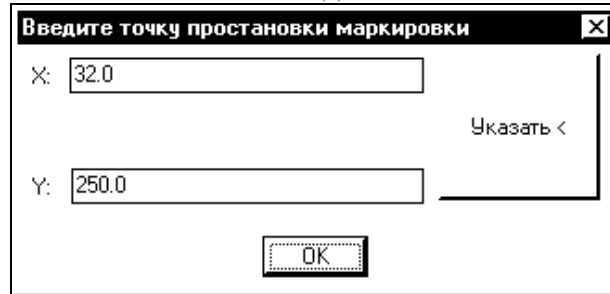


Рис. 2.42. Диалог № 2

Описание диалогов зададим в среде Visual Lisp, вызвав через пункт Visual Lisp Editor (Редактор Visual Lisp) подменю AutoLISP падающего меню Tools (Сервис). При этом необходимо выбрать пункт New меню File для загрузки окна, в котором можно набирать текст задания диалога (рис. 2.26). При сохранении в файл, используя пункт Save того же меню, необходимо указать кроме имени еще и расширение файла (\*.dcl). После сохранения текст в окне будет отражен разными цветами по коду полей задания директив диалога. Поэтому операцию сохранения можно рекомендовать проделать с самого начала.

Листинг диалога 1 (расширение файла dcl):

```
nm : dialog {
label="Введите начальное значение маркировки:":
:edit_box {
label="Обозначение:":
edit_width=10;
fixed_width=true;
key="nm1";
allow_accept=true;
}
ok_only;
}
```

Листинг диалога 2 (расширение файла dcl):

```
tm : dialog {
label=»Введите точку протановки маркировки»;
: row {
: column {
: edit_box {
label="X: ";
value="0";
key="xp";
}
: edit_box {
label="Y: ";
value="0";
key="yp";
}
}
: button {
label="Указать <";
key="mous";
height=6;
fixed_width=true;
action="(done_dialog 3)";
}
spacer_1;
ok_button;
}
```

2. В той же среде наберем текст программы управления диалогами и непосредственной отрисовки обозначений маркировки. Подробное описание функций, используемых в программе, можно найти в [26, 27, 29].

Листинг программы (расширение файла lsp):

```
;первый диалог
(defun dll (/ dcl_id1) ;объявление функции dll
(setq dcl_id1 (load_dialog "nm"))
;загрузка dcl-файла и присвоение его дескриптора переменной
(if (not (new_dialog "nm" dcl_id1))
(exit)
```

```

)
;если функция начала управления диалогом возвратила nil, то выйти из программы
(set_tile "nm1" "1")
; установить первоначальное значение поля с ключом nm1 равное 1
(action_tile "nm1" "(setq nmr $value)")
; если пользователь выбрал поле с ключом nm1, присвоить переменной nmrg
; значение данного поля
(action_tile "accept" "(done_dialog)")
; если нажата кнопка ОК (ключ – accept), закончить диалог
(start_dialog)
; вывести на экран диалоговое окно
(unload_dialog dcl_id1)
; выгрузить диалоговое окно
) ;конец функции dl1
;второй диалог
(defun dl2 (/ dcl_id step pt)
(setq dcl_id (load_dialog "tm"))
(setq step 2)
(if (null pt) (setq pt (list 32.0 250.0)))
; если не задано значение переменной pt, назначить значение (32.0 250.0)
(while (>= step 2), выполнять цикл
; пока step > или = 2, выполнять цикл
(if (null (new_dialog "tm" dcl_id))
(exit)
)
)
(set_tile "xp" (rtos (car pt) 2 1))
(set_tile "yp" (rtos (cadr pt) 2 1))
(action_tile "accept"
(strcat
"(setq x (atof (get_tile \"xp\")))"
"(setq y (atof (get_tile \"yp\")))"
"(setq pt (list x y))"
"(done_dialog 1)"
)
) ; если пользователь нажал кнопку с ключом accept, присвоить значения
; переменным равным текущим значениям полей с соответствующими
; ключами, создать
; список координат точки и присвоить его переменной pt, завершить диалог со
; значением 1

```

```

) ;конец функции сцепления строк
(setq step (start_dialog))
(cond
; в случае если
((= step 3) (setq pt (getpoint "\nУкажите точку:")))
((= step 1) (princ "\nТочка: ")
(princ (rtos x 2 1)) (princ " ")
(princ (rtos y 2 1)) (princ " ")
)
)
) ;конец цикла
(unload_dialog dcl_id)
(princ)
) ;конец функции
;программа
(dl1)
(dl2)
(if (eq nmr nil)(setq nmark 1)(setq nmark (atoi nmr)))
(setq tmark (list x y))
(while (/= tmark nil)
(command "_Insert" "3-07" tmark 1 1 0 nmark nmark)
(setq tmark (getpoint "\nВведите точку вставки маркировки цепи:")
nmark (+ nmark 1))
)
)

```

3. Проверить синтаксис программы и протестировать ее работу, загрузив в графический редактор, используя функцию load. При этом тестировать программу можно по мере ее набора (сперва – программу управления первым диалогом, затем – вторым, и после – в целом). При этом можно воспользоваться окном Visual Lisp Console среды Visual Lisp. Данное окно работает аналогично командной строке графического редактора, но отражает ошибки в программах, загружаемых в редактор, и позволяет увидеть местонахождение ошибки.

4. Создать пользовательскую панель инструментов, дав ей имя, например, Маркировка, и создать инструмент, обеспечивающий вызов программы, используя последовательность действий, изложенных в методике выполнения заданий лабораторной работы «Принципы пополнения графического меню-библиотеки в САПР».

5. Изменить свойства созданного инструмента:

- имя инструмента;
- описание, которое будет высвечиваться при указании курсором на инструмент;
- определить команду и ее опции, которые будут выполняться при нажатии кнопки. Так как команда должна вызывать LISP-программу, то она должна содержать функцию (load “dll”), где dll – имя файла программы;
- также необходимо задать какое-либо изображение для инструмента во встроенном редакторе, воспользовавшись клавишей Edit (Изменить) (рис. 2.43);
- не забудьте сохранить изображение кнопки;
- выйдя из редактора изображения инструмента, необходимо нажать на клавишу Apply (Применить), а затем – кнопку ОК. При этом получите примерно следующую панель с инструментом:

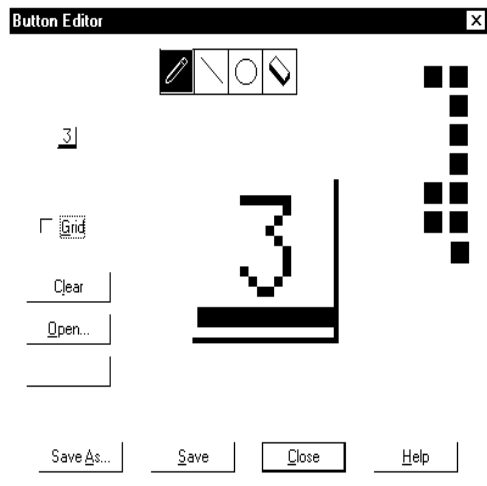


Рис. 2.43. Окно редактора изображения инструмента

6. Опробовать созданный инструмент и показать результат преподавателю.
7. Выполнение задания по варианту осуществляется аналогично изложенным выше принципам.

### Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы:

1. Перечислите основные средства адаптации графического редактора САПР к узкоспециальной области проектирования. Какие языки программирования можно использовать для этих целей?
2. Дайте характеристику языкам программирования, используемым в редакторе САПР.
3. Дайте определение списка, функции выражения как элементов языка программирования AutoLISP.
4. Дайте определение директивы, ключевого слова, поля как элементов языка определения диалоговых окон.
5. Дайте условную запись выражения AutoLISP.
6. Каков алгоритм выполнения выражения AutoLISP?
7. Перечислите классы функций AutoLISP.
8. Приведите примеры функций AutoLISP. Дайте им краткую характеристику.
9. Дайте условную запись определения поля диалогового окна.
10. Приведите пример описания диалогового окна.
11. Каковы преимущества использования диалоговых окон?
12. Приведите принципы объектно-ориентированного программирования.

## МАТЕРИАЛЫ К УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

### Тема 1. Сравнительная характеристика электротехнических САПР

#### 1-й уровень

1. Изучите возможности пакетов САПР, которые могут использоваться при разработке проекта автоматизации, используя ссылки в Интернете, данные на с. 85–86 или информацию из журнала «САПР и графика».

2. Подготовьте реферат, в котором сравните возможности двух пакетов САПР в соответствии с заданным вариантом (табл. 2.13) или же собственным выбором, предварительно оговоренным с преподавателем в соответствии с предложенными признаками сравнения: состав пакета, характеристика графического редактора пакета, характеристика СУБД, выпускаемая документация, степень автоматизации выпуска документации, возможность поддержки общепринятого формата оформления документации, простота работы, достоинства и недостатки.

Таблица 2.13

#### Варианты к УСРС

№ варианта	Пакеты САПР для сравнения возможностей
1	1. AutomatiCS-ADT (разработчик – Consistent Software) 2. EPLAN (Германия, EPLAN Software & Service GmbH & Co, <a href="http://www.eplan.de">www.eplan.de</a> )
2	1. AutomatiCS-ADT (разработчик Consistent Software) 2. САПР-Альфа (Компания КАД ХАУЗ Байс (Россия), <a href="http://www.cadhouse.webzone.ru">www.cadhouse.webzone.ru</a> )
3	1. AutomatiCS-ADT (разработчик – Consistent Software) 2. CADElectro (фирмы «Техникон» и «Интермех» (Беларусь), <a href="http://www.technicon.by">www.technicon.by</a> )
4	1. AutomatiCS-ADT (разработчик – Consistent Software) 2. Electrics (фирма «Лир» (Россия) <a href="http://www.ler.ru">www.ler.ru</a> )
5	1. ELSO (Системный центр Infars <a href="http://www.infars.ru">www.infars.ru</a> ) 2. EPLAN (Германия, EPLAN Software & Service GmbH & Co, <a href="http://www.eplan.de">www.eplan.de</a> )
6	1. EPLAN (Германия, EPLAN Software & Service GmbH & Co, <a href="http://www.eplan.de">www.eplan.de</a> ) 2. PC Schematic (Дания, Dps CAD-Center Aps, <a href="http://www.pcschematic.com">www.pcschematic.com</a> )

Окончание таблицы 2.13

№ варианта	Пакеты САПР для сравнения возможностей
7	1. PC Schematic (Дания, Dps CAD-Center Aps, <a href="http://www.pcschematic.com">www.pcschematic.com</a> ) 2. CADDy (Германия, ZIEGLER, <a href="http://www.caddy.ru">www.caddy.ru</a> )
8	1. PC Schematic (Дания, Dps CAD-Center Aps, <a href="http://www.pcschematic.com">www.pcschematic.com</a> ) 2. WS-CAD (Германия, TE-KON)
9	1. Electrics (фирма «Лир» (Россия) <a href="http://www.ler.ru">www.ler.ru</a> ) 2. WS-CAD (Германия, TE-KON)
10	1. Electrics (фирма «Лир» (Россия) <a href="http://www.ler.ru">www.ler.ru</a> ) 2. CADDy (Германия, ZIEGLER, <a href="http://www.caddy.ru">www.caddy.ru</a> )

#### 2-й уровень

1. Выполните задание 1-го уровня.
2. Подготовьте презентацию для демонстрации принципов работы в одном из двух заданных пакетов САПР.

### Тема 2. Особенности команд рисования и редактирования

#### 1-й уровень

1. Подготовить сообщение об особенностях работы с командой рисования по варианту. Вариант определяется номером в списке группы, соответствующим номеру в списке команд по приложению 1 [25, с. 30–35]. В сообщении должны быть отражены вопросы, раскрывающие особенности команды по плану, представленному на с. 105.

2. Подготовить сообщение об особенностях работы с командой редактирования по варианту. Вариант определяется номером в списке группы, соответствующим номеру в списке команд по приложению 2 [25, с. 36–40].

#### 2-й уровень

1. Выполните задание 1-го уровня.
2. Подготовьте презентацию по особенностям использования заданных команд редактирования и рисования в соответствии с шаблоном презентации, находящейся по адресу на общеуниверситетском сервере: общая\асуп\сапрса\презентация\_команд.ppt.
3. Подготовиться к докладу в соответствии с презентацией.

#### 3-й уровень

1. Выполните задание 2-го уровня.

2. Используя программу для записи действий с экрана, например CamStudio (инсталляция находится: общая\асуп\сапрса\ camstudio.rar), подготовить демо-ролик работы с заданными командами рисования и редактирования.

*Образец контрольных заданий по модулю 2*

Вопрос	Кол-во баллов
<i>1-й уровень</i>	
1. Дайте определение интерфейсу	0,5
2. Дайте определение функции как элементу языка программирования AutoLISP	0,5
3. Перечислите признаки классификации электротехнических САПР	0,5
4. Какие свойства присущи слою?	0,5
5. Перечислите основные команды для работы с блоками	0,5
6. Каковы способы ввода команд в графическом редакторе?	0,5
7. Для чего служат режимы рисования?	1
8. Какие требования предъявляют к СУБД?	1
9. Каков синтаксис пункта меню?	1
10. Какие пакеты САПР можно применять в разработке схем автоматизации?	1
<i>2-й уровень</i>	
11. Какой основной принцип проектирования реализуют комплексные САПР? Раскройте его смысл	2
12. Какая связь существует между слоем, цветом и типом линии примитива?	2
13. Приведите последовательность действий по созданию инструмента панели инструментов графического редактора	2
14. Раскройте последовательность действий при создании атрибута блока	2
15. Дайте характеристику команде <b>Stretch (Растяни)</b> . Приведите последовательность действий с ней	2
15. Дайте характеристику функции setq. Приведите примеры ее использования в программах	2
<i>3-й уровень</i>	
16. Приведите описание диалога на языке DCL, в ходе выполнения которого запрашивалась бы точка отрисовки текста на чертеже и передавались бы ее координаты переменной LISP-программы. Дайте построчный комментарий к описанию	3

## МОДУЛЬ 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

### Вводный комментарий к модулю

Студент должен *знать*:

- виды представления структур систем автоматизации;
- основные требования к оформлению структурных схем;
- содержание и правила выполнения схем автоматизации;
- принципы и особенности выполнения схем автоматизации с помощью ПЭВМ;

уметь:

- обосновать структуру системы автоматизации и представить ее в документации;
- разрабатывать схему автоматизации технологического процесса;
- формировать схему автоматизации в пакете САПР;
- работать самостоятельно и ответственно при выполнении индивидуальных заданий, взаимодействовать в парах.

### Учебно-информационная модель изучения модуля 3

№, тема занятия	Тип занятия	Вид занятия	Кол-во часов на 1 занятие
<i>Занятие 1</i> Структурные схемы систем автоматизации	Ознакомление с новым материалом	Лекция	2
<i>Занятие 2</i> Методика разработки и требования к оформлению схем автоматизации	Углубление и обобщение знаний	Практическое	4
<i>Занятие 3</i> Разработка схем автоматизации технологических процессов в САПР	Углубление и обобщение знаний, умений, навыков	Лабораторное	6

№, тема занятия	Тип занятия	Вид занятия	Кол-во часов на 1 занятие
Занятие 4 Проектирование структурных схем систем автоматизации	Контроль результатов обучения	Письменная работа по индивидуальным заданиям	2
Всего часов			14

## НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ

### Словарь основных понятий

**Объект управления** – устройство или совокупность устройств (и биологических объектов), которое непосредственно осуществляет технологический процесс, нуждающийся в оказании специально организованных воздействий извне для выполнения его алгоритма.

**Система автоматизации** – совокупность объекта управления и измерительной, преобразующей, передающей и исполнительной аппаратуры, в которой получение, преобразование и передача информации, формирование управляющих команд и их использование для воздействия на управляемый процесс осуществляется частично автоматически, а частично – с участием людей-операторов.

**Система автоматизированного управления** – комплекс устройств, обеспечивающих изменение ряда координат объекта управления с целью установления желаемого режима работы объекта.

**Структура** – это совокупность частей автоматизированной системы, на которые она может быть разделена по определенному признаку, а также пути передачи воздействия между ними.

**Структурная схема** – схема, определяющая основные функциональные части изделия, их назначения и взаимосвязи.

**Схема автоматизации** – основной технический документ, определяющий функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации.

## ОСНОВНОЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

### Лекция.

### Структурные схемы систем автоматизации

План:

1. Структура систем управления. Определение. Виды представления структур. Примеры структур.
2. Основные требования к оформлению структурных схем. Нормативная документация. Исходные данные для разработки. Содержание схем.
3. Разработка схем автоматизации. Принципы автоматизированного проектирования данной документации.

*1. Структура систем управления. Определение. Виды представления структур. Примеры структур.* При разработке проекта автоматизации необходимо решить, с каких мест те или иные участки объекта управления будут управляться, где будут размещаться пульта управления, какова взаимосвязь между ними, то есть выбрать структуру управления. *Структура* – это совокупность частей автоматизированной системы, на которые она может быть разделена по определенному признаку, а также пути передачи воздействия между ними. Графическим представлением структуры является структурная схема. Согласно ГОСТ 2.701–84 структурная схема – это схема, определяющая основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи. Структурная схема предназначена для общего ознакомления с системой.

Общий вид структурной схемы системы автоматизации представлен рис. 3.1. Система автоматизации состоит из двух структурных частей: объекта управления (ОУ) и системы управления (СУ). В результате взаимодействия ОУ и СУ система автоматизации в целом обеспечивает алгоритм функционирования, характеризующийся параметрами  $x_1 \dots x_n$ . Кроме этих основных параметров работа комплексного объекта автоматизации характеризуется рядом вспомогательных параметров  $y_1 \dots y_n$ , которые также должны контролироваться и регулироваться. В процессе работы на объект поступают возмущающие воздействия  $f_1 \dots f_n$ , вызывающие отклонение параметров  $x_1 \dots x_n$  от заданных значений. Информация о текущих значениях параметров поступает в систему управления и сравнивается с предписанными им значениями  $g_1 \dots g_n$ , в результате чего система управления вырабатывает управляющие воздействия  $u_1 \dots u_n$  для компенсации отклонений выходных параметров  $y_1 \dots y_n$ .

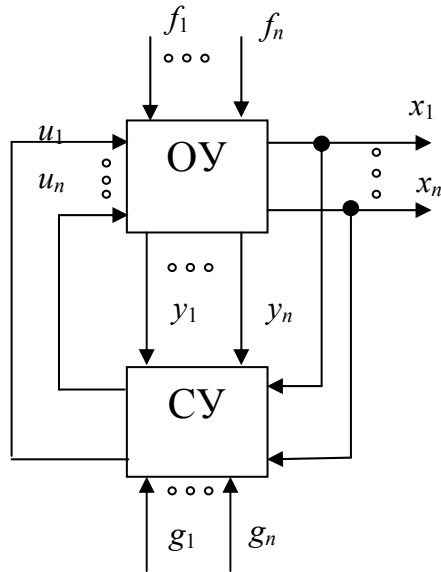


Рис. 3.1. Общий вид структурной схемы системы автоматизации:  
 ОУ – объект управления; СУ – система управления

Система управления, в зависимости от важности регулируемых параметров, должна обеспечивать разные уровни автоматизации. Поэтому структура системы автоматизации следующая:

- одноуровневая централизованная (рис. 3.2) – управление объектом производится с одного пункта управления (используется для управления относительно несложными объектами или объектами, расположенными на небольшой территории);
- одноуровневая децентрализованная (рис. 3.3) – отдельными частями сложного объекта управляют из самостоятельных пунктов (используется для управления распределенными объектами);
- многоуровневая (рис. 3.4) – для управления сложными технологическими процессами. Отдельные технологические установки управляются децентрализованно с пунктов 1–5. Наиболее ответственные параметры посылают на пункты 6 и 7. Основные параметры, определяющие технологический процесс в целом, приходят на пункт 8. Управление с пунктов 1–5 составляет первый уровень, 6 и 7 – второй уровень и пункта 8 – третий уровень управления.

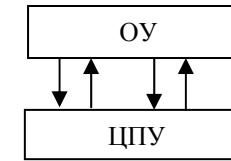


Рис. 3.2. Одноуровневая централизованная структура управления:  
 ОУ – объект управления; ЦПУ – центральный пункт управления

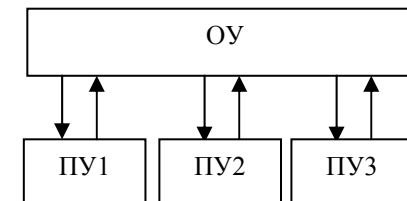


Рис. 3.3. Одноуровневая децентрализованная структура управления:  
 ОУ – объект управления; ПУ – пункт управления

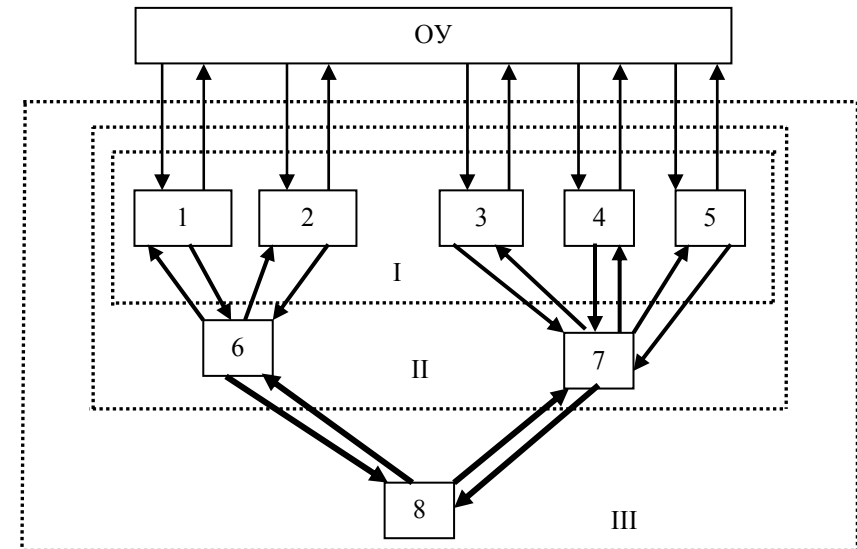


Рис. 3.4. Многоуровневая структура управления: ОУ – объект управления;  
 1–8 – пункты управления; I–III – уровни управления

В общем случае любая система может быть представлена следующими структурами:

- *конструктивной* – каждая часть системы представляет собой самостоятельное конструктивное целое;

- *функциональной* – каждая часть системы предназначена для выполнения определенной функции (полные сведения о функциональной структуре с указанием контуров регулирования даются на схеме автоматизации);

- *алгоритмической* – каждая часть системы предназначена для выполнения определенного алгоритма преобразования входной величины, являющегося частью алгоритма функционирования.

2. Основные требования к оформлению структурных схем. Нормативная документация. Исходные данные для разработки. Содержание схем. Рассмотрим, каким образом оформляются конструктивные структурные схемы (рис. 3.5). Надо отметить, что для простых объектов автоматизации эти схемы могут не приводиться. Требования к данным схемам устанавливает РТМ 252.40 «Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Структурные схемы управления и контроля». Согласно этому документу конструктивные структурные схемы содержат:

- технологические подразделения объекта автоматизации;
- пункты контроля и управления, в том числе не входящие в состав разрабатываемого проекта, но имеющие связь с проектируемой системой;

- технический персонал и службы, обеспечивающие оперативное управление и нормальное функционирование технологического объекта;

- основные функции и технические средства, обеспечивающие их реализацию в каждом пункте контроля и управления;

- взаимосвязи между частями объекта автоматизации.

Элементы структурной схемы изображают в виде прямоугольников. Отдельные функциональные службы и должностные лица допускается изображать кружком. Внутри прямоугольников раскрывается структура данного участка. Функции автоматизированной системы управления технологическим процессом указываются условными обозначениями, расшифровка которых дается в таблице над основной надписью по ширине надписи. Взаимосвязь между элементами структурной схемы изображают сплошными линиями, слияния и разветвления – линиями с изломом. Толщина линий следующая: условных изображений – 0,5 мм, линий связи – 1 мм, остальных – 0,2–0,3 мм. Размеры элементов структурных схем не рег-

ламентируются и выбираются по усмотрению. В примере (рис. 3.5) приведен фрагмент выполнения конструктивной схемы управления и контроля станции водочистки. В нижней части рисунка раскрыты технологические подразделения объекта автоматизации. В прямоугольниках средней части раскрыты основные функции и технические средства пунктов местного управления агрегатами; в верхней части – функции и технические средства пункта централизованного управления станцией. Продолжение схемы идет на последующих листах. Поэтому обозначены переходы линий связи на последующие листы и показан обрыв прямоугольника, раскрывающего структуру объекта автоматизации.

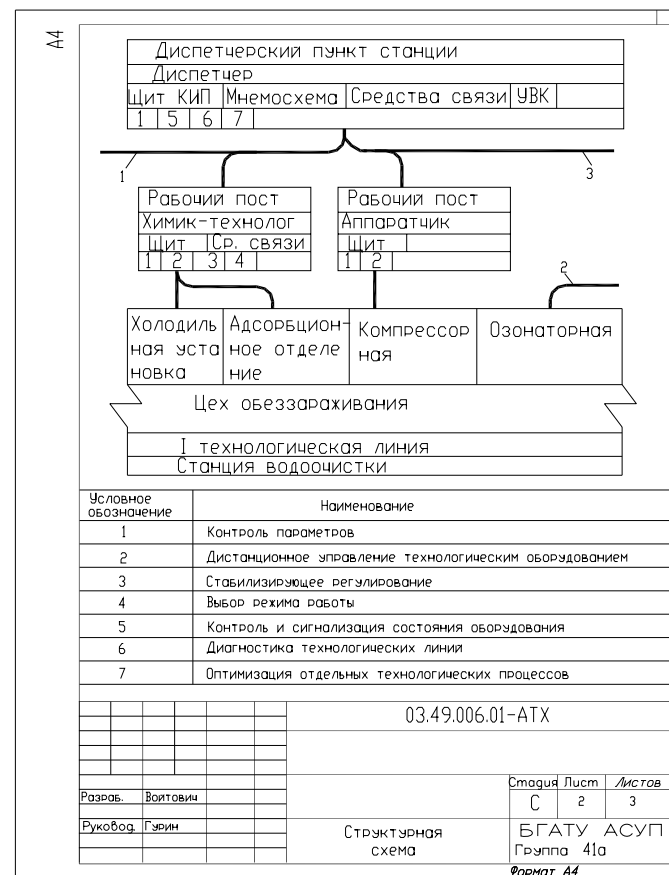


Рис. 3.5. Структурная схема управления отделением озонобработки питьевой воды

На линиях связи между отдельными элементами системы управления может быть указано направление передаваемой информации или управляющих воздействий; при необходимости линии связи могут быть помечены буквенными обозначениями вида связи, например: К – контроль, С – сигнализация, ДУ – дистанционное управление, АР – автоматическое регулирование, ДС – диспетчерская связь, ПГС – производственная телефонная (громкоговорящая) связь и т. п.

3. Разработка схем автоматизации. Принципы автоматизированного проектирования данной документации. Схема автоматизации относится к структурным функциональным схемам. Это основной технический документ, определяющий функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации (определяющий структуру и функциональные связи между технологическим процессом и средствами автоматизации).

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

1. Техническое и инженерное оборудование и коммуникации (трубопроводы, газоходы, воздухопроводы) автоматизируемого объекта;
2. Технические средства автоматизации или контуры контроля, регулирования и управления (контур — совокупность отдельных функционально связанных приборов, выполняющих определенную задачу по контролю, регулированию, сигнализации, управлению и т. д.);
3. Линии связи между отдельными техническими средствами автоматизации или контурами (при необходимости).

Также при необходимости на поле чертежа даются пояснения и таблица условных обозначений, не предусмотренных действующими стандартами.

Схемы автоматизации выполняют двумя способами:

- 1) развернутым (рис. 3.6), при котором на схеме изображают состав и место расположения технических средств автоматизации каждого контура контроля и управления;
- 2) упрощенным (рис. 3.7), при котором на схеме изображают основные функции контуров контроля и управления (без выделения входящих в них отдельных технических средств автоматизации и указания места расположения).

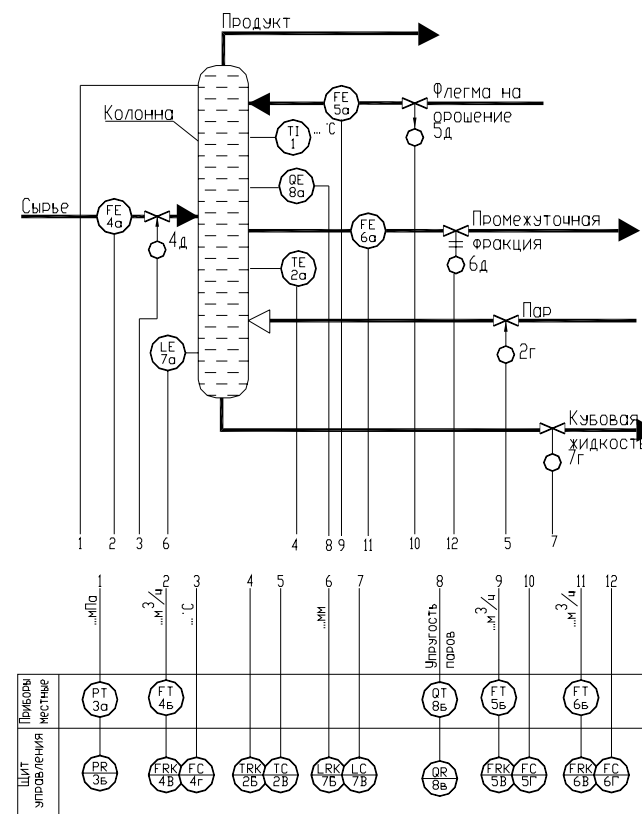


Рис. 3.6. Пример выполнения схемы автоматизации развернутым способом

При упрощенном способе контур, независимо от количества входящих в него элементов, изображают в виде окружности (овала), разделенной горизонтальной чертой. В верхнюю часть окружности записывают буквенное обозначение, определяющее измеряемый (регулируемый) параметр и функции, выполняемые данным контуром, в нижнюю — номер контура. Для контуров системы ав-

томатизированного регулирования на схеме изображают исполнительные механизмы, регулирующие органы и линию связи, соединяющую контур с исполнительным механизмом. Предельные рабочие значения измеряемых (регулируемых) величин указывают рядом с графическими обозначениями контуров.

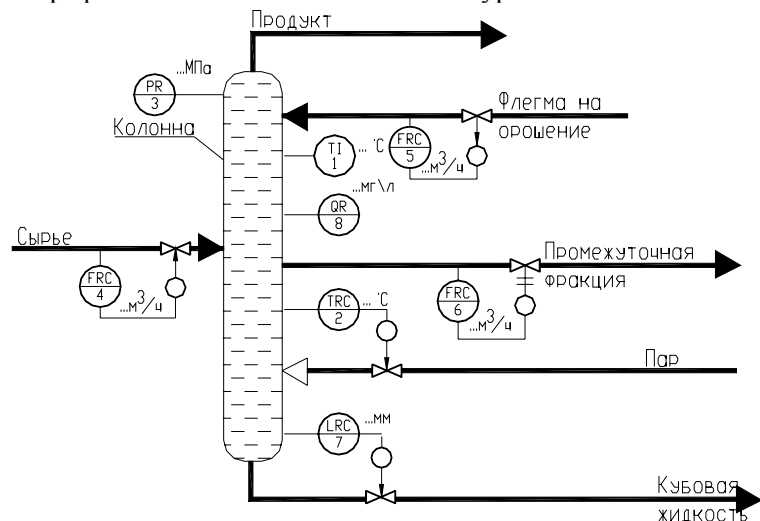


Рис. 3.7. Пример выполнения схемы автоматизации упрощенным способом

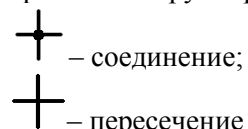
Технологическое оборудование и коммуникации на схемах автоматизации должны изображаться, как правило, упрощенно, без указания отдельных технологических аппаратов и трубопроводов вспомогательного назначения, но технологическая схема должна давать ясное представление о принципе ее работы и взаимодействии со средствами автоматизации.

На технологических трубопроводах показывают регулирующие и запорную арматуру, которая непосредственно участвует в контроле и управлении процессом. Технологические аппараты и трубопроводы вспомогательного назначения показывают только в тех случаях, когда они механически соединяются или взаимодействуют со средствами автоматизации. Некоторые элементы технологического оборудования допускается изображать на схеме автоматизации в виде прямоугольников с указанием наименования этих элементов или не показывать вообще (когда они не оснащаются техническими средствами автоматизации и не влияют на работу системы автоматизации).

Технологическое оборудование изображают сплошной тонкой линией (0,2–0,5 мм) по ГОСТ 2.303-68. Необходимые виды, разрезы и сечения технологического оборудования даются по ГОСТ 2.305-68, 2.306-68.

Условное обозначение трубопровода состоит из графического упрощенного изображения (ГОСТ 2.784-70) и обозначения транспортируемой среды согласно приложению 3 ГОСТ 14202 [19, приложение 2].

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



Обозначение среды указывают в разрыве линий трубопровода через расстояние не менее 50 мм.

У изображения технологического оборудования и трубопроводов дают поясняющие надписи и указывают стрелками направления потоков на линиях трубопроводов. Например, наименование технологического оборудования: «кормушки» или в месте обрыва трубопровода «к фильтру», «от насосов». Трубопроводы, идущие к конечным аппаратам и устройствам, в которых нет приборов и средств автоматизации, на схеме обрывают и дают поясняющие надписи.

Запорную арматуру (рис. 3.8), используемую в системах автоматизации (не регулирующую), изображают согласно ГОСТ 2.785.

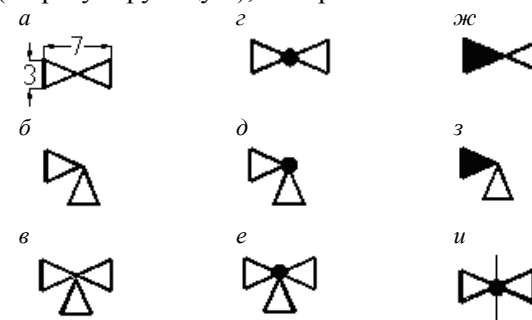


Рис. 3.8. Изображение трубопроводной арматуры:

а – проходной вентиль; б – угловой вентиль; в – трехходовой вентиль; г – проходной кран; д – угловой кран; е – трехходовой кран; ж – проходной клапан; з – угловой клапан; и – задвижка

Некоторые условные графические изображения технологического оборудования, используемые на схемах автоматизации, также как и ссылки на нормативные документы можно найти [20, с. 38–40].

Условные графические и буквенные обозначения приборов и контуров контроля и управления принимают по ГОСТ 21.404-85, выдержки из которого даны в [19, приложение 3].

Согласно стандарту устанавливаются два метода построения условных обозначений: а) упрощенный; б) развернутый.

При упрощенном методе построения приборы и средства автоматизации, осуществляющие сложные функции, например, контроль, регулирование, сигнализацию и выполненные в виде отдельных блоков, изображают одним условным обозначением. При этом первичные измерительные преобразователи и всю вспомогательную аппаратуру не изображают.

При развернутом методе построения каждый прибор или блок, входящий в единый измерительный, регулирующий или управляющий комплект средств автоматизации, указывают отдельным условным обозначением.

Условные обозначения приборов и средств автоматизации, применяемые в схемах, включают графические, буквенные и цифровые обозначения.

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

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

Порядок расположения букв в буквенном обозначении принимают следующим:

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

Порядок построения условных обозначений с применением дополнительных букв принимают следующим: основное обозначение измеряемой величины; одна из дополнительных букв: Е, Т, К или У.

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

Буквенные обозначения устройств, выполненных в виде отдельных блоков и предназначенных для ручных операций, независимо от того, в состав какого комплекта они входят, должны начинаться с буквы Н.

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

- И – функция показания,
- Р – функция регистрации,
- С – функция регулирования,
- С – функция контактного устройства для включения, отключения, переключения,
- А – функция сигнализации.

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

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

Принцип построения условного обозначения прибора приведен на рис. 3.9.

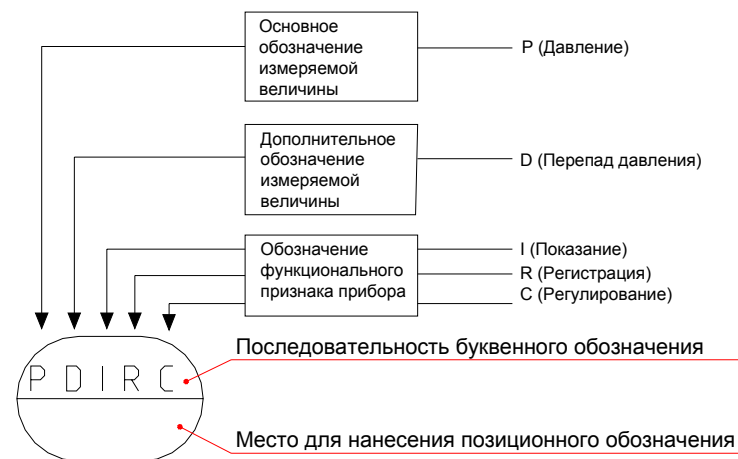


Рис. 3.9. Принцип построения условного обозначения прибора

Буквенно-цифровые (позиционные) обозначения приборов указывают в нижней части окружности или с правой стороны от него, обозначения электрических аппаратов — справа от их условного графического обозначения.

При этом позиционные обозначения технических средств присваивают по спецификации оборудования и составляют из цифрового обозначения соответствующего контура и буквенного обозначения (прописными буквами русского алфавита) каждого элемента, входящего в контур (в зависимости от последовательности прохождения сигнала).

Во избежание разночтений буквы «З» и «О», имеющие начертание, похожее на начертание цифр, применять не допускается.

Электроаппараты, входящие в систему автоматизации (звонки, сирены, сигнальные лампы, табло, ЭД и др.), показывают на схеме условными графическими обозначениями по ГОСТ 2.722, ГОСТ 2.732, ГОСТ 2.741 и присваивают им буквенно-цифровые обозначения по ГОСТ 2.710.

Остальные технические средства автоматизации показывают условными графическими обозначениями в прямоугольниках, расположенных в нижней части схемы. Каждому прямоугольнику присваивают заголовки, соответствующие показанным в них техническим средствам. Первым располагают прямоугольник, в котором показаны внешние приборы, конструктивно не связанные с технологическим оборудованием, с заголовком «Приборы местные», ниже – прямоугольники, в которых показаны щиты и пульта, а также комплексы технических средств.

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

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

Каждая связь между техническими средствами автоматизации, расположенными по месту и в щитах, обозначается одной линией независимо от фактического числа проводов или труб, осуществляющих эту связь.

Подвод линий связи к прибору изображают в любой точке графического обозначения (сверху, снизу, сбоку). При необходимости указания направления передачи сигнала на линиях связи наносят стрелки.

К условным обозначениям приборов и средств автоматизации для входных и выходных сигналов линии связи допускается подводить с любой стороны, в том числе сбоку и под углом.

Линии связи допускается изображать с разрывом при большой протяженности и (или) при сложном их расположении (см. примеры чертежей). Места разрывов линий связи нумеруют арабскими цифрами в порядке их расположения в прямоугольнике с заголовком «Приборы местные».

Допускается пересечение линий связи с изображениями технологического оборудования. Пересечение линий связи с обозначениями приборов не допускается.

На линии связи указывают предельные (max и min) рабочие значения измеряемых (регулируемых) величин по ГОСТ 8.417 или в единицах шкалы выбираемого прибора. Для обозначения разрежения ставят «-» (минус). Для приборов, встраиваемых непосредственно в технологическое оборудование и не имеющих линий связи, эти значения указывают рядом с обозначением приборов.

Линии связи отображаются сплошной тонкой линией. Расстояние между соседними линиями связи не менее 3 мм. При необходимости указания направления передачи сигнала на линиях связи допускается наносить стрелки.

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

Пример выполнения схемы автоматизации приведен на рис. 3.10.

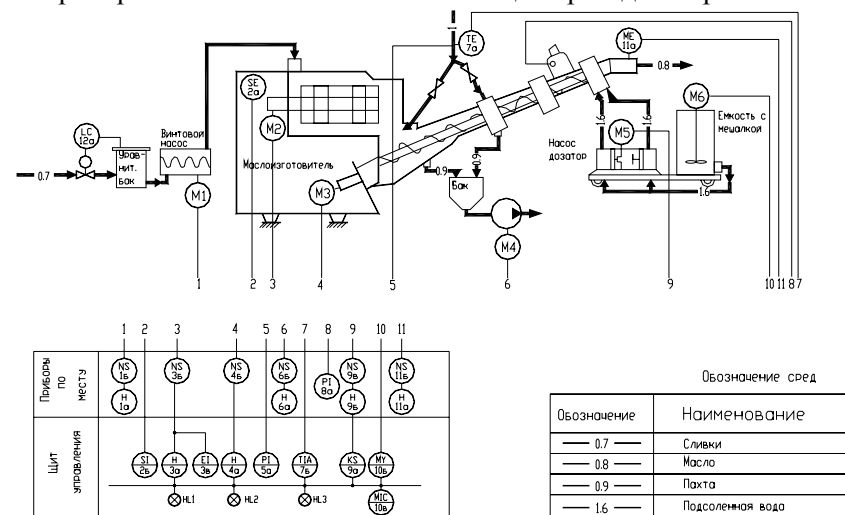


Рис. 3.10. Схема автоматизации установки сбивания масла

Разработка схемы автоматизации в системах САПР характеризуется малой степенью автоматизации и большим количеством ручных операций. Данный документ содержит технологическую схему и раскрывает объем автоматизации технологического процесса или установки. Большое многообразие технологических процессов мешает формализовать разработку подобного документа. А определение объема автоматизации тем более является процессом творческим. Поэтому выпуск данного документа в САПР характеризуется наименьшей степенью автоматизации. Тем не менее, повторяющиеся элементы схем могут быть собраны в библиотеку графических элементов, что несколько сэкономит время на разработку документа. С этой целью могут успешно применяться как коммерческие пакеты САПР («Компас», фирма «Аскон») с соответствующей базой данных, так и общеприменимый пакет AutoCAD с разработанной пользователем графической библиотекой и настроенным шаблоном.

Для работы со схемой автоматизации в AutoCAD можно рекомендовать использовать шаблон (в диалоге начала работы – кнопка Use a template), в котором заданы приемлемые установки режимов рисования и выполнены первоначальные построения: рамка, основная надпись, заготовка для отображения основных технических средств автоматизации. Поскольку изображение технологического оборудования на схеме автоматизации повторяет таковое на технологической схеме, то можно использовать в качестве шаблона и существующую технологическую схему (если имеется в наличии). Кроме того, наиболее рационально создание графической библиотеки типовых технологических процессов (см. материал модуля 2) и использование ее на первоначальном этапе создания схемы автоматизации.

Элементы схемы автоматизации, с точки зрения автоматизации проектирования, подразделяются на четыре группы: первая – это нетиповые элементы, например, контур картофелехранилища, моечной машины, линии трубопроводов, связи и т. п., которые приходится отрисовывать полностью «вручную» с помощью команд рисования; вторая – типовые элементы технологического оборудования, например, вентилятор, задвижка и т. д., которые могут являться блоками без атрибутов (рис. 3.11); третья – типовые элементы самой схемы автоматизации – датчик, регулятор и т. п., которые могут являться блоками с атрибутами (их организацию целесообразно осуществить через графическое меню-библиотеку); четвертая – элементы самой схемы автоматизации, отрисовку которых можно автоматизировать с помощью пользовательской программы, написанной на встроенном языке программирования, например, оформление разрывов линии связи (программа Маркировка).



Рис. 3.11. Организация меню, вызывающего графическую библиотеку

Максимально быстрого формирования схемы автоматизации можно добиться сочетанием нескольких средств автоматизации работ в графическом редакторе: использованием шаблонов (рациональная организация начала работы); использованием графических меню (организация графической базы данных); использованием макроопределений и программ в меню (рис. 3.11).

#### Вопросы и задания для самоконтроля:

1. Что понимают под структурой систем управления?
2. Дайте характеристику параметров на обобщенной структурной схеме системы автоматизации.
3. Дайте характеристику уровням структуры систем автоматизации.
4. Дайте характеристику видам представления структуры.
5. Каково содержание конструктивных структурных схем?
6. Каковы основные требования к оформлению конструктивных структурных схем?
7. К какому виду представления структуры можно отнести схему автоматизации?
8. Раскройте содержание схемы автоматизации.
9. Дайте характеристику способам выполнения схемы автоматизации.
10. Каковы требования к выполнению технологического оборудования на схеме автоматизации? Каковы особенности выполнения этого элемента схемы автоматизации в САПР?

11. Каковы требования к выполнению приборов и других технических средств автоматизации на схеме автоматизации? Каковы особенности выполнения этого элемента схемы автоматизации в САПР?

12. Каковы требования к выполнению линий связи на схеме автоматизации? Каковы особенности выполнения этого элемента схемы автоматизации в САПР?

13. Какие пакеты САПР можно использовать при разработке схем автоматизации?

14. Какова степень автоматизации разработки схемы автоматизации?

## **МАТЕРИАЛЫ К ПРАКТИЧЕСКИМ И ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ**

При подготовке к практическим и лабораторным занятиям необходимо изучить теоретический материал модуля. Методические указания к практическим занятиям изложены в [17]. В рамках данного модуля предусмотрено практическое занятие на тему «Методика разработки и требования к оформлению схем автоматизации». В [17, с. 15–21] изложено задание, контрольные вопросы для самоподготовки, план работы на занятии и контрольные вопросы по теме.

### **Лабораторная работа «Разработка схем автоматизации технологических процессов в САПР»**

**Задача занятия:** уяснение особенностей и приемов формирования элементов схемы автоматизации в САПР; овладение методикой разработки схем автоматизации в САПР; формирование навыков разработки схемы автоматизации в САПР.

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

1. Подготовить протокол отчета к лабораторной работе, руководствуясь программой ее выполнения.
2. Ответить на вопросы для самоподготовки.

#### **Контрольные вопросы для самоподготовки:**

1. Дайте определение схемы автоматизации.
2. Перечислите способы выполнения схем автоматизации.
3. Чем, с точки зрения представления в графическом редакторе САПР, является линия трубопровода, условное графическое обозначение датчика, линия связи, нумерация линии связи, вентиль, и какими командами следует их формировать?

#### **Задания**

##### **1-й уровень**

В соответствии с заданным преподавателем вариантом [28, приложение] выполнить контур регулирования на схеме автоматизации в графическом редакторе AutoCAD, используя пользовательские библиотеки и программы.

## 2-й уровень

В соответствии с заданным преподавателем вариантом [19, приложение 5] разработать схему автоматизации описанного технологического процесса и выполнить в графическом редакторе AutoCAD, используя пользовательские библиотеки и программы.

### Методика выполнения работы

1. Загрузить графический редактор AutoCAD с использованием шаблона a3 (последовательность: см. лабораторную работу «Изучение возможностей графического редактора САПР»).

2. Используя команду **Insert** (меню Слияние/Блок) произвести вставку блока, выполненного в ходе лабораторной работы «Принципы пополнения графического меню-библиотеки в САПР».

3. Используя команду **Explode** (Меню Modify (Изменить) пункт Explode (Расчлени)), расчленив блок на составляющие для последующей модификации.

4. Согласно требованиям к схеме автоматизации выполнить трубопроводы (используя команды **Pline** (Плиния) и **Dtext** (Дтекст) соответственно для формирования линии заданной толщины и отрисовки обозначения среды), оборудование по символам, которые можно взять из меню БАЗА/БАЗАСА/Оборудование (рис. 3.12), датчики (то же меню, но пункт ПСА), показать приборы и средства автоматизации, расположенные в щите автоматики, редактируя контуры, изображенные в нижней части шаблона (рис. 3.13), или используя готовые блоки из того же меню (пункт Контуры). Вставка типовых изображений может быть осуществлена и через соответствующую панель инструментов.



Рис. 3.12. Вид меню

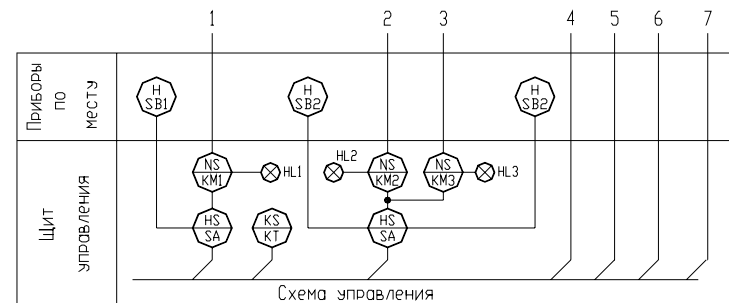


Рис. 3.13. Вид прямоугольников с оборудованием, имеющимся в шаблоне

5. Несколько подробнее рассмотрим принципы работы с командой отрисовки трубопроводов. Команду **Pline** можно вызвать через падающее меню Draw (Черчение)/Pline (Плиния). При этом в командной строке появится следующая запись:

```
_pline
то есть Плиния
: From point
то есть От точки:
Current line-width is 0.20
то есть Текущая ширина линии 0.2
Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/<Endpoint of line>: w
то есть
Дуга/Замкни/Полширины/Длина/Отменить/Ширина/<Конечная точка
линии>:
```

В ответ на данный запрос пользователь ввел ключевое слово (width – ширина), используя букву, выделенную в строке заглавной.

```
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 пользователь ввел пустой ввод, используя значение по умолчанию.

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

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

В первой строке содержится сама команда. Во второй строке содержится запрос ввода начальной точки рисования, в ответ на который можно указать левой кнопкой мыши точку в графической зоне редактора или набрать с клавиатуры координаты требуемой точки, разделенные запятой (10,10). В третьей строчке дается сообщение о текущей толщине полилинии, а далее перечисляются ключевые слова последующего запроса и в скобках < > стоит значение ключа по умолчанию: ввод последующей точки. В данном примере текущая толщина линии не подходит, поэтому на запрос введено ключевое слово. Для быстрого ввода ключа достаточно набрать выделенные прописные буквы слова в перечислении запроса (для ввода ключа Width достаточно набрать первую букву). В последующей строке на запрос первоначальной ширины с клавиатуры набрано требуемое значение, а далее на запрос конечной ширины использовано значение по умолчанию, то есть, набран «пустой» ввод. На последующий запрос введена следующая точка линии. Для выхода из команды набран «пустой» ввод.

6. Сформировать линии связи, используя команду **Line** (меню Draw (Черчение)).

7. Произвести нумерацию разрывов линий связи, используя команду (**Маркировка**) (панель инструментов Элементы ПЭС).

8. Показать результат работы преподавателю и в случае удовлетворительного результата подготовиться к защите работы по контрольным вопросам.

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

1. Дайте определение схемы автоматизации.
2. Перечислите способы выполнения схем автоматизации. Приведите примеры.
3. Определите требования к изображению технических средств автоматизации на схеме автоматизации. Чем они являются с точки зрения САПР?
4. Определите требования к изображению линий связи на схеме автоматизации. Чем они являются с точки зрения САПР?
5. Определите принципы формирования обозначения прибора автоматики на схеме автоматизации. Дайте примеры. Чем они являются с точки зрения САПР?

6. Определите изображение на схеме автоматизации регулятора температуры, сравнивающего показания двух датчиков. Чем изображение является с точки зрения САПР?

7. Дайте УГО основных элементов, используемых на схемах автоматизации. Чем они являются с точки зрения САПР?

8. Определите 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. Чтобы Вы могли предложить, чтобы увеличить степень автоматизации разработки схем автоматизации?

#### *Образец контрольных заданий по модулю 3*

Вопрос	Кол-во баллов
<i>1-й уровень</i>	
1. Что понимают под структурой систем управления?	0,5
2. Дайте определение схеме автоматизации	0,5
3. Назовите уровни структуры систем автоматизации	0,5
4. Какими способами может быть выполнена схема автоматизации?	0,5
5. Приведите, как на схеме автоматизации должен изображаться регулятор влажности, выполняющий также функцию сигнализации	1
6. К какому виду представления структуры можно отнести схему автоматизации? Почему?	1
<i>2-й уровень</i>	
7. Дайте характеристику параметрам на обобщенной структурной схеме системы автоматизации	2
8. Каковы основные требования к оформлению конструктивных структурных схем?	2
9. Какие пакеты САПР можно использовать при разработке схем автоматизации? Дайте им краткую характеристику	2
<i>3-й уровень</i>	
10. Каковы требования к выполнению трубопроводов и коммуникаций на схеме автоматизации? Что собой представляет изображение трубопроводов на схеме автоматизации с точки зрения представления в графическом редакторе САПР? Раскройте особенности выполнения этого элемента схемы автоматизации в САПР и продемонстрируйте последовательность выполнения	3

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гаспарский, В. Праксеологический анализ проектно-конструкторских разработок : пер. с польск. / В. Гаспарский. – М. : Мир, 1978. – 172 с.

2. Политехнический словарь / Редкол.: А. Ю. Ишлинский (гл. ред.) [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Советская энциклопедия, 1989. – 656 с.

3. ГОСТ 2.001-93. ЕСКД. Общие положения.

4. ГОСТ 21.001-93. Межгосударственный стандарт. СПДС. Общие положения.

5. ГОСТ Р 15.000-94. Система разработки и постановки продукции на производство. Основные положения.

6. ГОСТ Р 50571.1-93 (МЭК 364-1-72, МЭК 364-2-70). Электроустановки зданий. Основные положения.

7. Хилл, П. Наука и искусство проектирования. Методы проектирования, научное обоснование решений / П. Хилл. – М. : Мир, 1973. – 263 с.

8. Джонс, Дж. К. Методы проектирования / Дж. К. Джонс; пер. с англ. – 2-е изд., доп. – М. : Мир, 1986. – 326 с.

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

10. Сидоренко, Ю. А. Теория автоматического управления: учеб. пособие / Ю. А. Сидоренко. – Минск : БГАТУ, 2006. – 123 с.

11. Стандарт предприятия СТП БГАТУ 01.12-06. Общие требования к организации проектирования и правила оформления дипломных и курсовых проектов (работ) : нормативное производственно-практическое издание / сост. В. В. Гурин [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2007. – 143 с.

12. Заенчик, В. М. Основы творческо-конструкторской деятельности: Методы и организация: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. М. Заенчик, А. А. Карачев, В. Е. Шмелев. – М. : Академия, 2004. – 256 с.

13. Андреев, В. И. Педагогика: учеб. курс для творческого саморазвития. – Казань, 2000. – 197 с.

14. Курсовое и дипломное проектирование по автоматизации технологических процессов / Ф. Я. Изаков, В. Р. Казадаев, А. Х. Ройтман, Б. В. Шмаков. – М. : Агропромиздат, 1988. – 183 с.

15. Экономическое обоснование дипломных проектов: методические указания для студентов специальности 1 – 74 06 05 / Сост. В. В. Ширшова, И. Л. Гургенидзе. – Минск : БГАТУ, 2005. – 115 с.

16. СНБ 1.03.02-96. Состав, порядок разработки проектной документации в строительстве.

17. Проектирование и САПР систем автоматизации: практикум / Е. С. Якубовская. – Минск : БГАТУ, 2008. – 204 с.

18. Агрегативно-декомпозиционная технология автоматизированного проектирования (ADT): описание применения: руководство пользователя. – Consistent Software, 2007. – 119 с.

19. Якубовская, Е. С. Автоматизация технологических процессов сельскохозяйственного производства : практикум / Е. С. Якубовская, Е. С. Волкова. – Минск : БГАТУ, 2008. – 321 с.

20. САПР систем автоматики: методические указания к лабораторно-практическим работам по дисциплине «Разработка проектно-конструкторской документации систем автоматики». Ч. 2 / сост. Е. С. Якубовская. – Минск : БГАТУ, 1997. – 45 с.

21. Новиков, А. CADElectro 3.15. Руководство пользователя / А. Новиков. – Минск : Техникон, 2003. – 216 с.

22. САПР систем управления технологическими процессами для инженеров-электриков: методические указания для слушателей факультета повышения квалификации / сост. Е. С. Якубовская. – Минск : БГАТУ, 2004. – 121 с.

23. Инженеринг электроприводов и систем автоматизации: учеб. пособие / М. П. Белов [и др.]; под ред. В. А. Новикова, Л. М. Чернигова. – М. : Академия, 2006. – 368 с.

24. Полещук, Н. Н. AutoCAD 2007 / Н. Н. Полещук. – СПб. : БХВ-Петербург, 2007. – 1120 с.

25. САПР систем автоматики. Особенности выполнения проектно-конструкторской документации в среде пакетов AutoCAD 14R и AutoCAD 2000 : методические указания к лабораторно-практическим работам по дисциплине «Разработка проектно-конструкторской документации систем автоматики» / сост. Е. С. Якубовская. – Минск : БГАТУ, 2001. – 56 с.

26. Гладков, С. А. Программирование на языке Автолисп в системе САПР АВТОКАД : учеб.-справочное пособие / С. А. Гладков. – М. : Диалог-МИФИ, 1991. – 96 с.

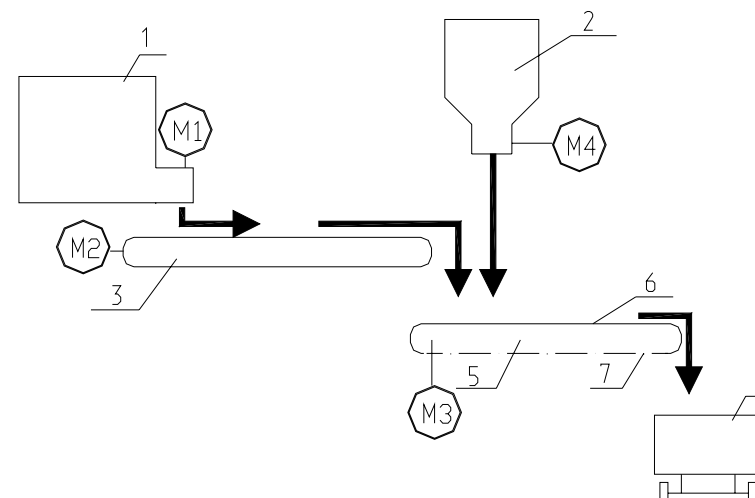
27. Полещук, Н. Н. Visual LISP и секреты адаптации AutoCAD. – СПб. : БХВ-Петербург, 2001. – 576 с.

28. Якубовская, Е. С. САПР систем автоматики : учеб.-метод. пособие / Е. С. Якубовская. – Минск : БГАТУ, 2006. – 152 с.

29. САПР систем автоматики: методич. указания к лабораторным работам по дисциплине «Разработка проектно-конструкторской документации систем автоматики». Лабораторная работа № 5 / сост. Е. С. Якубовская. – Минск : БГАТУ, 2002. – 62 с.

Варианты заданий к лабораторной работе  
«Технология проектирования систем автоматизации»

Вариант 1. Линия раздачи кормов в коровнике



ПРИЛОЖЕНИЯ

Рис. П1.1. Поясняющая технологическая схема:

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

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

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

### Вариант 2. Линия уборки помета из птичника

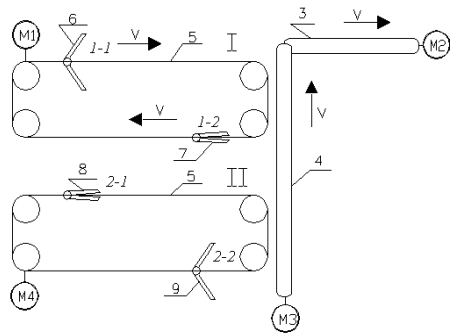


Рис. III.2. Технологическая схема уборки помета из птичника скреперными установками: I – первая скреперная установка; II – вторая скреперная установка; 3 – наклонный транспортер; 4 – сборный транспортер; 5 – тяговая цепь; 6 – скрепер (I-1); 7 – скрепер (I-2); 8 – скрепер (2-1); 9 – скрепер (2-2).

Пуск установки для уборки помета из птичника производится кратковременным срабатыванием контактов суточного реле времени. На рисунке первая скреперная установка показана в рабочем состоянии, а вторая – в состоянии покоя. В рабочем состоянии скрепер 6 движется вправо, и скребки его раскрываются, а скребки скрепера 7 складываются. Скрепер 6 убирает помет из помещения и подает его на сборный транспортер 4. Скрепер 7 складывается и перемещается влево в исходное положение. Скрепер 6 останавливается и с выдержкой времени начинает перемещаться влево. Скреперы 6 и 7 меняются местами, первый совершает холостой ход, а второй – рабочий. На рис. III.2 скреперная установка II показана в исходном нерабочем состоянии.

### Вариант 3. Линия запаривания картофеля

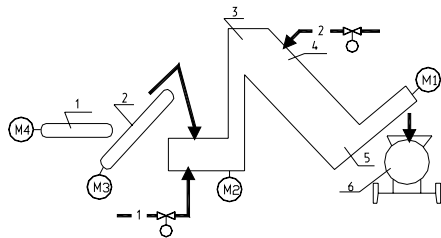


Рис. III.3. Линия запаривания картофеля: 1 – сборный транспортер; 2 – наклонный транспортер; 3 – мойка корнеплодов; 4 – запарник; 5 – выгрузной транспортер; 6 – кормораздатчик

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 4. 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 6. После загрузки кормораздатчика до нормы транспортер 5 отключается.

### Вариант 4. Линия раздачи кормосмеси в свинарнике

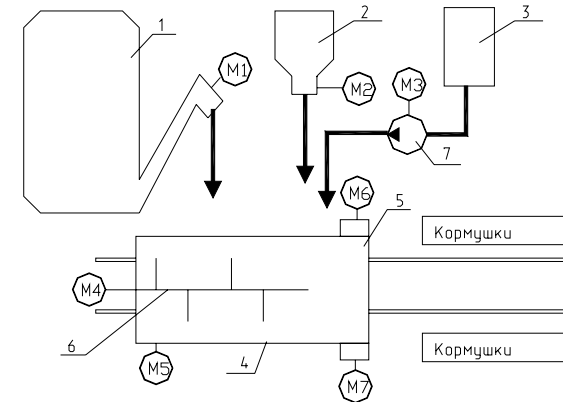


Рис. III.4. Технологическая схема раздачи корма в свинарнике: 1 – запарник-питатель картофеля; 2 – дозатор-питатель концкормов; 3 – емкость для обраты; 4 – раздатчик-смеситель кормов; 5 – выгрузное устройство; 6 – мешалка; 7 – насос; M5 – привод кормораздатчика (кормораздатчик на рисунке показан в плане)

Линия раздачи кормосмеси в свинарнике состоит из мобильного кормораздатчика и питателей-дозаторов мягкого картофеля, обраты и комбикормов.

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

После завершения раздачи кормораздатчик возвращается в исходное положение.

### Вариант 5. Линия перекачки воды

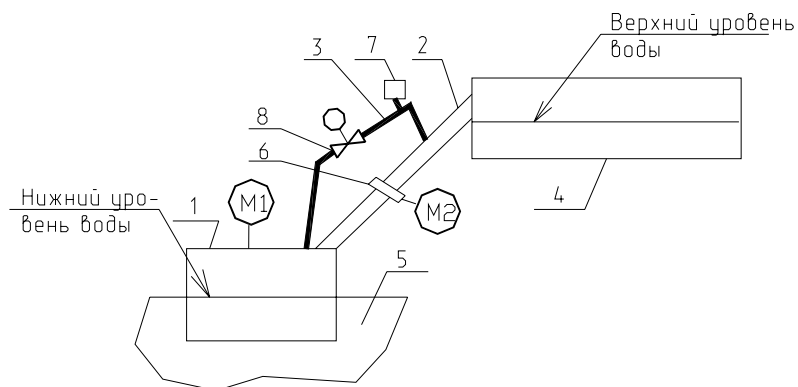


Рис. III.5. Технологическая схема перекачки воды:

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

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

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

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

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

### Вариант 6. Линия санобработки вымени

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

После закрытия входной двери срабатывает пневмопривод рычага 11, и форсунка 8 подводится под вымя коровы. Начинается подмывание вымени. Длительность этой операции определяется уставкой реле времени, после чего груз 7 возвращает рычаг в исходное положение, выходная дверь открывается. Корова выходит из проходного станка, и выходная дверь закрывается. Входная дверь открывается автоматически, и цикл санобработки вымени следующей коровы повторяется.

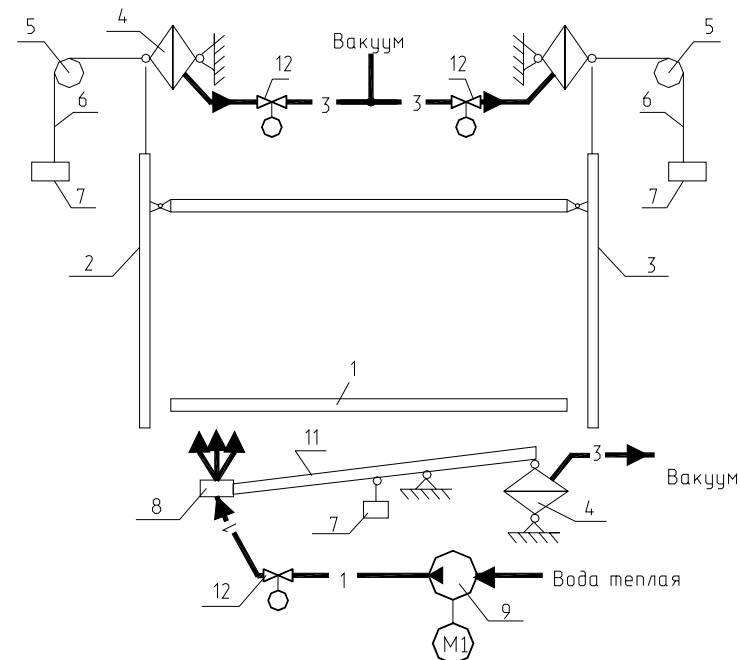


Рис. III.6. Технологическая схема установки для санобработки вымени:

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

**Вариант 7. Линия загрузки бункеров активного вентилирования зерна**

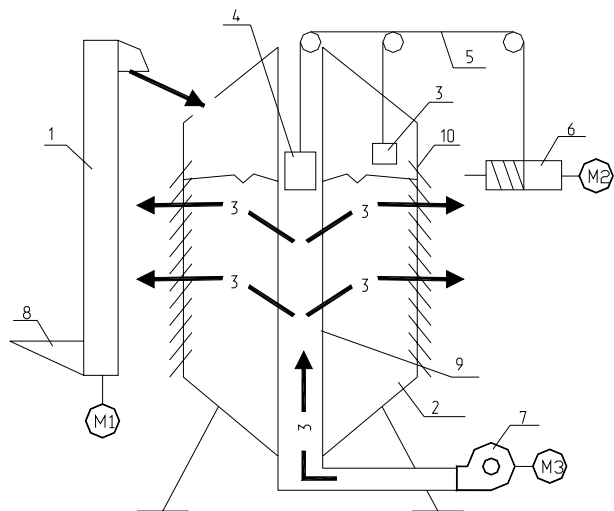


Рис. ПИ.7. Технологическая схема вентилирования зерна в бункерах активного вентилирования:

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

Зерно автотранспортом привозится на пункт обработки и сгружается в завальную яму 8. Автоматически включается привод нории, и зерно перегружается в бункер 2.

Заглушка 4 при этом поднимается лебедкой 6 в крайнее верхнее положение. Привод вентилятора 7 также отключается. После перегрузки всего зерна из завальной ямы 8 и нории 1 в бункер заглушка опускается до уровня загрузки бункера зерном, и включается привод вентилятора 7. Воздух проходит через перфорированные стенки бункера и слой зерна. Отключается привод вентилятора при отсутствии зерна в бункере и влажности выносимого из слоя зерна воздуха ниже или равной влажности, соответствующей 14 % влажности зерна.

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

**Вариант 8. Линия варки пищевых отходов**

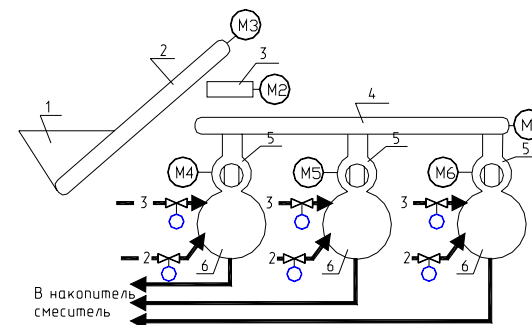


Рис. ПИ.8. Технологическая линия варки пищевых отходов:

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

Пищевые отходы доставляются автотранспортом и сгружаются в завальный бункер 1. Если в теплосети имеется пар соответствующего качества и хотя бы один клапан 5 открыт, включается линия подачи пищевых отходов, состоящая из транспортеров 4 и 2, тряпкоуловителя 3, и загружает варочный чан пищевыми отходами. После загрузки чана пищевыми отходами клапан 5 закрывается. В чан подается пар, и проходит запаривание пищевых отходов. После завершения запаривания (по временной программе) в чан подается сжатый воздух, и обработанные в температурном режиме пищевые отходы вытесняются в смеситель. Клапан 5 открывается, и цикл обработки пищевых отходов повторяется. Линия работает, пока в завальной яме будут находиться пищевые отходы.

**Вариант 9. Автоматизация холодильной машины с поршневым компрессором**

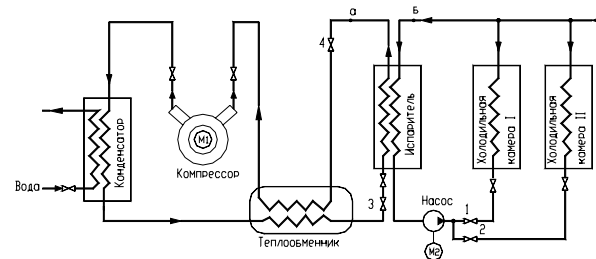


Рис. ПИ.9. Технологическая схема холодильной машины: 1, 2, 3, 4 – вентили; а и б – точки контроля температуры



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

**Вариант 12. Автоматика безопасности котла**

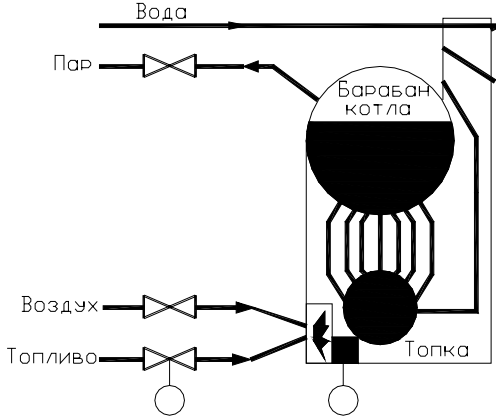


Рис. П1.12. Технологическая схема котла

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

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

**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 \_\_\_\_\_

**Варианты к УСРС на тему  
«Содержание общих требований к текстовым документам проекта»**

**Вариант 1**

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 \_\_\_\_\_

**Аннотация**

Дипломный проект выполнен в объеме: расчетно-пояснительной записки на 86 страниц, таблиц – 11, рисунков – 5; графическая часть – на 8 листах формата А1.

Ключевые слова: объект автоматизации, автоматизированные системы управления микроклиматом в родильном отделении, контроллер, датчик, алгоритм управления процессом, щит управления, надежность системы.

В проекте дана краткая характеристика хозяйства, схема автоматизации. Разработана рациональная схема автоматизации микроклимата родильного отделения МТФ, алгоритм управления, определен аппаратный состав и надежность схемы. Освещены вопросы по безопасности жизнедеятельности и экологичности проекта, сделано технико-экономическое обоснование.

01.49.016.03-ATX

5

## Вариант 2

### 2. Характеристика объекта автоматизации

#### 2.1. Описание технологических процессов в родильном отделении

Родильная на 48 коров с ветпунктом предназначена для строительства в составе ферм по производству молока на 200 коров. Здание разделено на три изолированные друг от друга помещения: одно предназначено для проведения отела и содержания глубококостельных и новотельных коров; другое – для содержания новорожденных телят; третье – для размещения ветеринарного пункта.

Глубококостельные коровы и нетели поступают в родильную из коровников за две недели до отела и после прохождения санитарной обработки в манеже ветпункта размещаются в стойлах на привязи. При появлении признаков приближающихся родов корову вновь подвергают санитарной обработке и переводят в предварительно очищенный и продезинфицированный денник размером 2,5х3,0 м, где проводят отел. На пол денника укладывают чистую измельченную солому из расчета 5 кг на одну голову.

Новорожденного теленка оставляют в деннике с матерью в течение 8–12 часов, после чего коров переводят в помещение для новотельных коров, где их содержат в течение 14–15 дней в стойлах на привязи, а новорожденных телят на специальной тележке отвозят в одну из секций профилактория.

Привязь коров в стойлах осуществляется с помощью стойлового оборудования ОСК-25А с групповым отвязыванием. Стойла для коров имеют размеры 1,2х2,0 м. Стойла и денники в помещении для отела располагаются двумя продольными рядами, образуя кормовой проезд шириной 2,25 м и два пристенных навозных прохода.

## Вариант 3

### 2.3.2 Холодный период года

Производим расчет теплового режима животноводческого помещения для холодного периода года.

Тепловой поток явных тепловыделений, кВт:

$$\Phi_{ж} = K_T q n 10^{-3}, \quad /2.1/$$

Где:  $K_T$  – температурный коэффициент явных тепловыделений;

$q$  – тепловой поток явных тепловыделений одним животным, Вт;

$n$  – число голов.

## Вариант 4

В качестве граничных условий можно выбрать нулевые начальные условия в начале каждого опыта и условия практического окончания переходного процесса в конце опыта. Последнее условие определяется наибольшим временем, за которое регулируемая величина входит, например, в 5 %, интервал своего установившегося значения. Оптимизируемыми параметрами являются постоянная интегрирования  $T_i$  и коэффициент передачи пропорционального канала регулирования  $K_p$ . Оптимизацию проводим последовательным симплексным методом, используя программу «Analis».

Табл. 5.1 Матрица эксперимента ПСМ

$N$	$K_p$	$T_i$
1	-1	-1
2	+1	-1
3	0	+0,73

Произведем минимизацию с помощью таблицы покрытий.

Таблица 7.3.2 Таблица покрытий для элемента X4

Слагаемые	1	2
C4 B1	x	x
C4 X4	-	x
B1 X4	-	-

$$F(X4)=C4 B1$$

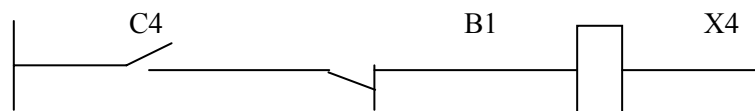


Рис. 7.3.1. Принципиальная схема для элемента X4

Аналогично составим структурные формулы для остальных исполнительных механизмов и сведем их в таблицу 7.3.

**Вариант 6**

**Литература**

- 1 Коротков Е.Н. Специализированное отопительно-вентиляционное оборудование животноводческих комплексов. – М.: Агропромиздат. 1987.-240с.: ил
- 2 Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие /А.С.Клюев, Б.В.Глазов, А.Х.Дубровский, А.А.Клюев; Под ред.А.С.Клюева.-2-е изд., перераб. И доп.-М.: Энергоатомиздат, 1990.-464с.: ил.
- 3 Методическое руководство к лабораторным работам по курсу «Автоматизация технологических процессов, цикл 2» /Фурсенко С.Н.- Мн.: БАТУ, 1996.-40с.
- 4 Методическое руководство к курсовому и дипломному проектированию «Разработка щитов систем автоматизации технологических процессов»./Якубовская Е.С., Фурсенко С.Н.-Мн.: БАТУ, 1998.-89с.

**Должностные обязанности служащих по должностям в проектной организации**

Выписка из примерных должностных инструкций руководителей и сотрудников персонала электротехнического отдела проектного института

**Главный инженер проекта**

**Должностные обязанности**

Главный инженер проекта обязан:

- выдавать обоснованные задания на проектирование в производственные подразделения с приложением задания на проектирование заказчика, исходные данные на проектирование, материалы инструментальной съемки под объекты проектирования и согласований с обязательными и заинтересованными сторонами;
- организовывать инженерные обследования, составлять технико-экономические расчеты для выбора оптимального решения;
- подготавливать данные для заключения договора с заказчиком, в том числе, обоснования договорной цены, распределение объемов и стоимости проектно-изыскательских работ между подразделениями (группами), определять этапы работ и разрабатывать графики их выполнения;
- координировать проектно-изыскательские работы всему комплексу проекта между подразделениями, обеспечивать выдачу проекта заказчику в сроки, предусмотренные графиком, и систематически контролировать правильность расходования средств на проектно-изыскательские работы;
- осуществлять техническое руководство проектированием, увязку всех частей проекта и обеспеченность комплектности проектно-сметной документации;
- гарантировать соответствие разработанной по закрепленным объектам проектно-сметной документации государственным стандартам, нормам, правилам и инструкциям, согласовывать с соответствующими организациями отступления от них в случае необходимости;
- обеспечивать разработки необходимых вариантов для выявления целесообразности экономичных проектных решений;
- участвовать в согласовании смет на строительство и монтаж объекта с подрядными организациями;

- принимать меры, направленные на повышение производительности труда и сокращение расхода материальных ресурсов при строительстве и эксплуатации объектов;
- защищать проект в вышестоящих организациях и органах экспертизы;
- руководить авторским, а в случае необходимости – техническим надзором за строительством.

*Главный инженер проекта должен знать:*

- перспективы развития отраслей народного хозяйства, науки, техники и методы проектирования, организации;
- планирование и экономику проектирования и инженерных изысканий;
- передовой отечественный и зарубежный опыт проектирования и строительства;
- основы стандартизации и патентоведения;
- постановления, распоряжения, приказы вышестоящих организаций, другие руководящие методические и нормативные материалы по проектированию, строительству и эксплуатации объектов;
- технические, экономические, экологические и социальные требования, предъявляемые к проектируемым объектам;
- требования научной организации труда при проектировании объектов различного назначения, правила и нормы техники безопасности, производственной санитарии, противопожарной защиты;
- строительные нормы и правила, стандарты и другие руководящие материалы по разработке и оформлению проектно-сметной документации;
- экономику и организацию строительства;
- право;
- средства автоматизации проектирования.

*Главный инженер проекта имеет право:*

- представлять проектную организацию в учреждениях, организациях и на предприятиях по вопросам разработки, согласования и рассмотрения проектно-сметной документации, осуществления строительства по утвержденному проекту и вести переговоры по этим вопросам в установленном порядке;
- принимать решения по техническим вопросам в процессе проектирования и строительства;

- приостанавливать производство отдельных видов строительно-монтажных работ при осуществлении их с отступлением от проекта, при нарушении ТУ и правил производства этих работ, а также неудовлетворительном их качестве;
- проверять в подразделениях состояние разработки проектов, соблюдение установленных сроков проектирования и качества проектных решений в процессе разработки проекта;
- представлять руководству предложения о поощрениях работников, отличившихся при разработке проекта, принимать участие в распределении премий между подразделениями-исполнителями, а также вносить предложения о наложении взысканий на виновных в несвоевременной и некачественной разработке проектных материалов.

*Квалификационные требования*

Высшее образование по профилю выполняемой работы, стаж работы по проектированию объектов не менее 10 лет, а при проектировании особо сложных объектов – не менее 15 лет.

**Главный специалист**

*Должностные обязанности*

*Главный специалист обязан:*

- являться разработчиком по направлению работ основных принципиальных проектных решений на базе новейших достижений науки и техники;
- определять полноту объема, выданного ГИПом задания на проектирование с приложением задания на проектирование заказчика, исходных материалов для проектирования, материалов технических изысканий и инструментальной съемки под объект проектирования, согласованных с обязательными и заинтересованными сторонами;
- устанавливать соответствие технико-экономического обоснования принятому решению, сокращать объемы проектных материалов при проектировании;
- осуществлять контроль правильности выполненных инструментальных изысканий для осуществления проектных работ;
- передавать материалы изысканий на исполнение в проектные группы, исполнителям;
- согласовывать применяемое оборудование, материалы и конструкции с заказчиком, подрядными организациями, заводом-изготовителем;
- осуществлять техническое руководство проектированием, обеспечивать комплектность проектной документации в заданном объеме;

- подготавливать предложения об использовании в проекте наиболее прогрессивных и экономичных проектных решений;
- выдавать задания смежным подразделениям и организациям;
- соблюдать при проектировании действующие нормы и правила;
- обеспечивать повышение уровня унификации и типизации проектно-сметной документации;
- осуществлять авторский надзор за строительством по вопросам, входящим в его компетенцию;
- принимать участие в экспертизе проектов. Обеспечивать проведение патентных исследований, новых проектных решений при их патентовании.

*Главный специалист должен знать:*

- перспективы развития отраслей народного хозяйства, науки и техники;
- методы проектирования;
- организацию, планирование и экономику проектирования и инженерных изысканий;
- передовой отечественный и зарубежный опыт проектирования и строительства;
- постановления, распоряжения и приказы вышестоящих организаций, другие руководящие, методические и нормативные материалы по проектированию, строительству и эксплуатации объектов проектирования;
- технические, экономические, экологические и социальные требования, предъявляемые к проектируемым объектам;
- основы научной организации труда при проектировании;
- правила и нормы техники безопасности, производственной санитарии, противопожарной защиты;
- строительные нормы и правила, стандарты, технические условия и другие руководящие материалы по разработке и оформлению проектно-сметной и другой технической документации;
- основы стандартизации и патентования;
- экономику и организацию строительства;
- авторское право;
- средства автоматизации проектирования.

*Главный специалист имеет право:*

- принимать решения по техническим вопросам в процессе проектирования;

- представлять проектную организацию в учреждениях, предприятиях, вышестоящих организациях по поручению руководства и вести переписку в установленном проектной организацией порядке;
- проверять в подразделениях состояние разработки проекта, соблюдение установленных сроков проектирования и качество проектных решений в процессе разработки проекта;
- давать оценку качеству работы руководителей групп, представлять к поощрению, требовать наложения взысканий за неисполнение должных обязанностей на всех работников отдела;
- требовать от начальника отдела предоставления работникам, проектировщикам соответствующих условий труда, необходимых материалов, инструментов и т. п. для своевременного и качественного выполнения работы;
- изменять или отменять решения, принятые руководителями групп и остальными специалистами отдела;
- требовать от подчиненных работников отдела исправления работы в случае допущения ими брака;
- в случае несогласия с указаниями непосредственного руководителя обращаться со своими обоснованными предложениями к вышестоящему руководству, участвовать в разрешении спорных вопросов, обосновывать свое мнение на заседаниях научно-технического совета, а также на технических совещаниях у руководства;
- давать предложения начальнику отдела об изменении структуры отдела, групп.

*Квалификационные требования*

Высшее образование по профилю работы и стаж работы в должности ведущего специалиста по соответствующей отрасли не менее 5 лет.

**Инженер-проектировщик**

*Должностные обязанности*

На основе новейших научно-технических достижений, передового отечественного и зарубежного опыта проектирования, строительства и эксплуатации объектов и с использованием средств САПР разрабатывает отдельные разделы (части) проекта.

Принимает участие в подготовке заданий на разработку проектных решений.

Участвует в сборе исходных данных для проектирования, в решении технических вопросов по закрепленным объектам на протяжении всего периода проектирования, строительства и ввода в действие объекта и освоения проектных мощностей.

Увязывает принимаемые проектные решения с проектными решениями по другим разделам (частям) проекта.

Проводит патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты новых проектных решений и патентоспособности.

Обеспечивает соответствие разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, ТУ и другим нормативным документам по проектированию и строительству, а также заданию на их разработку.

Осуществляет авторский надзор за строительством проектируемых объектов, консультирует по вопросам, входящим в его компетенцию.

Участствует в анализе и обобщении опыта разработки проектов и их реализации в строительстве и на этой основе готовит предложения о целесообразности корректировки принятых общепринципальных проектных решений.

Принимает участие в составлении заявок на изобретения, подготовке заключений и отзывов на рацпредложения и изобретения, проекты стандартов, ТУ и др. нормативных документов, в работе семинаров и конференций.

*Инженер-проектировщик должен знать:*

- постановления, распоряжения, приказы вышестоящих организаций, другие руководящие, методические и нормативные материалы по вопросам проектирования, строительства и эксплуатации объектов;
- методы проектирования и выполнения технико-экономических расчетов;
- принципы работы, технологии изготовления и монтажа оборудования и конструкций, виды и свойства материалов;
- передовой отечественный и зарубежный опыт проектирования, строительства и эксплуатации;
- технические, экономические, экологические и социальные требования к проектируемым объектам;
- стандарты, ТУ и др. материалы по разработке и оформлению проектно-конструкторской документации;
- технические средства проектирования и строительства;
- основы патентоведения;
- правила и нормы организации труда и правила безопасности.

*Квалификационные требования*

Высшее образование по профилю выполняемой работы или среднее специальное образование по профилю выполняемой работы и стаж работы в должности инженера – 3 года.

**Техник-проектировщик**

*Должностные обязанности*

Под руководством более квалифицированного специалиста выполняет отдельные проектные работы, обеспечивая их соответствие техническому заданию, действующим стандартам, ТУ, СНиП, нормам по технике безопасности, производственной санитарии и противопожарной защите.

Увязывает принимаемые проектные решения с проектными решениями по другим разделам (частям) проекта.

Использует при выполнении заданий каталоги и справочники, техническую документацию по типовым проектным решениям, унифицированным узлам и изделиям.

Выполняет работы по выполнению привязки к конкретным площадкам строительства типовых и повторно-применяемых проектов, сверке копий проектных документов с их оригиналами, а также по внедрению изменений в разрабатываемую проектно-сметную документацию, сдаче ее в архив.

*Техник-проектировщик должен знать:*

- способы проектирования и порядок проведения технико-экономических расчетов;
- методы выполнения чертежных и графических работ;
- виды и свойства материалов и конструкций;
- основы технологии строительства;
- требования, предъявляемые к принимаемым проектным решениям;
- нормативные материалы по оформлению проектно-конструкторской документации;
- технические средства проектирования;
- правила и нормы организации труда и правила безопасности.

*Квалификационные требования*

Среднее специальное образование по профилю выполняемой работы.

## Приложение 5

### Карта оценки действий по этапам проектирования систем автоматизации

Внимательно прочтите вопросы по оценке операций проектирования на том или ином этапе проектирования системы автоматизации. Попытайтесь ответить на них максимально честно. Если вы видите некорректность или неточность в результате выполнения операции, вернитесь к материалу лекции (с. 40–57) и откорректируйте выполненные действия.

#### *Постановочный этап*

Полно ли охарактеризован объект автоматизации (разделение на подсистемы, процессы, операции)?

Все ли технологические операции рассмотрены?

Выявлены ли операции, которые могут вызвать частые остановки, выход из строя оборудования, снижение качества продукции, требуют больших затрат труда и энергии?

Каковы возможные пути автоматизации отдельных операций, процесса или объекта в целом?

Дают ли возможность типовые решения автоматизации устранить выявленные недостатки? Если нет, то на какой вариант можно опереться и что в нем изменить?

Выявлено ли, какие преимущества даст автоматизация процесса или установки?

Учитываются ли в формулировке цели автоматизации, возможность устранения выявленных недостатков?

Выявлены ли шаги, которые необходимо предпринять для обеспечения эффективности разрабатываемой системы автоматизации?

#### *Аналитический этап*

Полно ли определены характеристики технологического оборудования: производительность, мощность, регулируемые параметры, их диапазон, точность, способы и средства регулирования?

Насколько полно выявлен комплекс требований к объекту автоматизации (технологических, зоотехнических и др.)?

Выявлены ли все допустимые режимы работы оборудования?

Определены ли технологически допустимые переходы между режимами работы?

Все ли значимые технологические параметры выявлены?

Имеется ли математическая модель объекта автоматизации или данные для идентификации объекта автоматизации?

Достаточно ли данных для определения объема автоматизации?

Достаточно ли данных для обоснования вида автоматического устройства управления?

Насколько точно и правильно сформулирована цель функционирования объекта автоматизации?

Полно ли сформулированы требования к качеству переходного процесса?

Обоснованы ли требования к точности, надежности, безопасности, энергоэффективности, экономичности и т. д.?

#### *Предпроектирование*

Достаточно ли обоснован вид автоматического устройства управления?

Достаточно ли полно и точно описывает процесс или установку математическая модель?

Насколько полно тот или иной вариант технического решения:

– устраняет выявленные недостатки;

– отвечает требованиям к точности, надежности, безопасности, энергоэффективности, экономичности и т. д.?

Возможно ли сочетание предлагаемых вариантов управления?

Если нет, то какой вариант наиболее эффективен?

Насколько правильно и полно сформулирован алгоритм управления?

Что показала проверка алгоритма управления?

Правильно ли сделаны выводы?

Как можно проверить выводы?

#### *Собственно проектирование*

Достаточно ли обоснован вид применяемой энергии?

Достаточно ли обоснованы методы расчета, методика детального обоснования технического решения?

Насколько полно обоснована структура управления?

Нет ли ошибок в расчетах?

Правильно ли сделаны выводы?

Как можно проверить выводы?

Полностью ли реализует структура алгоритм управления?

Насколько полно выбранные технические средства автоматизации реализуют структуру управления?

**Варианты заданий к лабораторной работе  
«Изучение возможностей графического редактора САПР»**

Таблица П6.1

*Варианты заданий к занятию 1*

№ варианта	Задание
1	2
1	
2	
3	
4	

Обеспечивают ли технические средства требуемое качество управления, надежность, безопасность, эргономичность и т. д.?

Минимален ли объем технических средств?

Обеспечивает ли принципиальная схема безопасное управление в принятых режимах работы?

Согласованы ли между собой задачи регулирования, управления, сигнализации, контроля на принципиальной схеме?

Правильно ли выбраны методы обеспечения надежности?

**Оформление проекта**

Насколько полно реализует документация техническое решение?

Отвечает ли документация нормативным требованиям и требованиям ПУЭ?

Прорецензируйте документацию проекта у соседа: полна ли она, нет ли ошибок в оформлении, отражает ли техническое решение?

**Технико-экономическое обоснование**

Отвечают ли показатели качества предлагаемой системы (надежность, безопасность, эргономичность) техническому заданию?

Все ли показатели учтены?

Все ли эффекты и затраты учтены при расчете экономической эффективности?

Обоснованно ли выбраны показатели экономической эффективности?

Обоснованно ли выбрана методика расчета?

Правильно ли сделаны выводы?

Как можно проверить выводы?

**Защита проекта**

Четко ли сформулированы основные результаты и выводы?

Достаточна ли обоснованность темы?

Раскрыта ли актуальность и новизна темы?

Показаны ли достоинства и недостатки предлагаемой системы по сравнению с типовыми аналогами?

Приведены ли основные показатели системы?

Отвечает ли разработанная система техническому заданию?

№ варианта	Задание
5	<p>Управление приводом шнека ручное автоматическое</p>
6	<p>Управление приводом морки ручное автоматическое</p>
7	<p>Управление приводом морки ручное автоматическое</p>
8	<p>Управление приводом выгрузного шнека ручное автоматическое</p>

№ варианта	Задание
9	<p>Управление приводом тележки ручное автоматическое</p>
10	<p>Проектирование реле</p>
11	<p>Технологическая сигнализация</p>
12	<p>Управление приводом раздаточного транспортера ручное автоматическое</p>

## Приложение 7

### Примерные варианты заданий к зачету

#### Вариант 1

##### 1-й уровень

1. Раскройте состав исходных данных и материалов для проектирования систем автоматизации.
2. Раскройте принцип построения обозначения прибора на схеме автоматизации. Чем оно является с точки зрения САПР?
3. Раскройте классификацию электротехнических САПР.
4. Дайте условную запись определения поля диалогового окна.
5. Автоматизация разработки какого документа проекта автоматизации наибольшая? Почему?

##### 2-й уровень

1. Каким критериям должен отвечать проект автоматизации? Охарактеризуйте их.
2. Раскройте последовательность действий по созданию элемента графической библиотеки. Продемонстрируйте их на примере.

##### 3-й уровень

Реализуйте алгоритм программы маркировки цепей управления на принципиальной электрической схеме автоматического управления, регулирования и контроля (рис. П7.1). Пользователь должен задавать первоначальное значение маркировки, а также точки вставки обозначения. Последующие цифры обозначения формируются программно увеличением на 1 предыдущего значения.

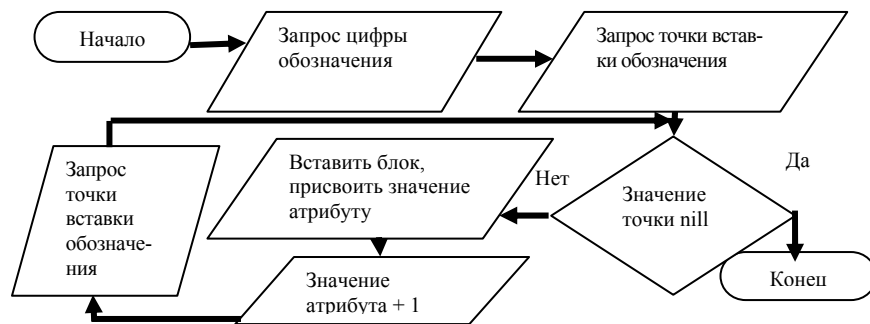


Рис. П7.1. Алгоритм маркировки участков цепей управления

#### Вариант 2

##### 1-й уровень

1. Какие документы составляют основной комплект рабочих чертежей систем автоматизации?
2. Раскройте порядок прохождения проектной документации по проектному предприятию.
3. Какой основной принцип проектирования реализуют комплексные САПР? Раскройте его смысл.
4. Дайте условную запись выражения Автолиспа.
5. Какие требования предъявляют к СУБД? Охарактеризуйте СУБД Imbase.
6. Чем, с точки зрения представления в графическом редакторе, является датчик уровня, выполняемый на схеме автоматизации?

##### 2-й уровень

1. Раскройте последовательность проектирования в САПР CADElectro.
2. Изобразите контур регулирования температуры воздуха в теплице на схеме автоматизации (рис. П7.2). Температура воздуха в теплице измеряется датчиком, сигнал с которого поступает на регулятор, который управляет электродвигательным исполнительным механизмом смесительного клапана. Управление оборудованием ведется в автоматическом и ручном режимах. Оформите работу в пакете САПР.

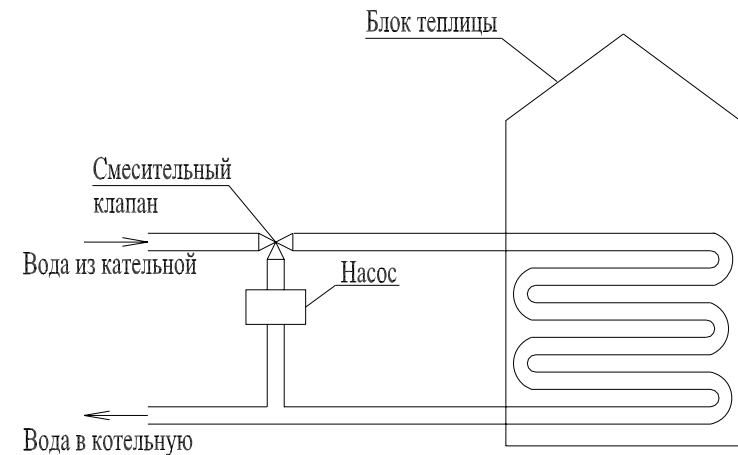


Рис. П7.2. Регулирование температуры воздуха в теплице

### **3-й уровень**

Раскройте принципы разработки задания на проектирование системы автоматизации на конкретном примере.

#### **Вариант 3**

### **1-й уровень**

1. Каковы стадии выполнения проекта автоматизации, и какая документация разрабатывается на каждой стадии?
2. На какие группы подразделяют методы разработки проектного предложения?
3. Дайте характеристику видам представления структуры.
4. Приведите основные команды для работы с блоками.
5. Какие пакеты САПР можно применять в разработке монтажных документов?
6. Перечислите основные свойства примитивов графического редактора САПР.

### **2-й уровень**

1. Дайте характеристику способам выполнения схемы автоматизации. Приведите примеры.
2. Раскройте принципы создания графического меню-библиотеки. Приведите пример описания графического меню-библиотеки.

### **3-й уровень**

Перечислите пользовательские программы, применяемые при автоматизации разработки схем автоматизации. Охарактеризуйте одну из них. Что бы Вы могли предложить для увеличения степени автоматизации при разработке схем автоматизации? Если это программа, то каков алгоритм ее выполнения?

Учебное издание

**Якубовская** Елена Степановна

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И САПР СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

Учебно-методический комплекс

Ответственный за выпуск *О. Ч. Ролич*  
Редактор *Т. В. Каркоцкая*  
Компьютерная верстка *А. И. Стебуля*

Подписано в печать 27.12.2010 г. Формат 60×84<sup>1/16</sup>. Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 11,31. Уч.-изд. л. 10,54. Тираж 100 экз. Заказ 1233.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования  
«Белорусский государственный аграрный технический университет».  
ЛИ № 02330/0552984 от 14.04.2010.  
ЛП № 02330/0552743 от 02.02.2010.  
Пр-т Независимости, 99–2, 220023, Минск.