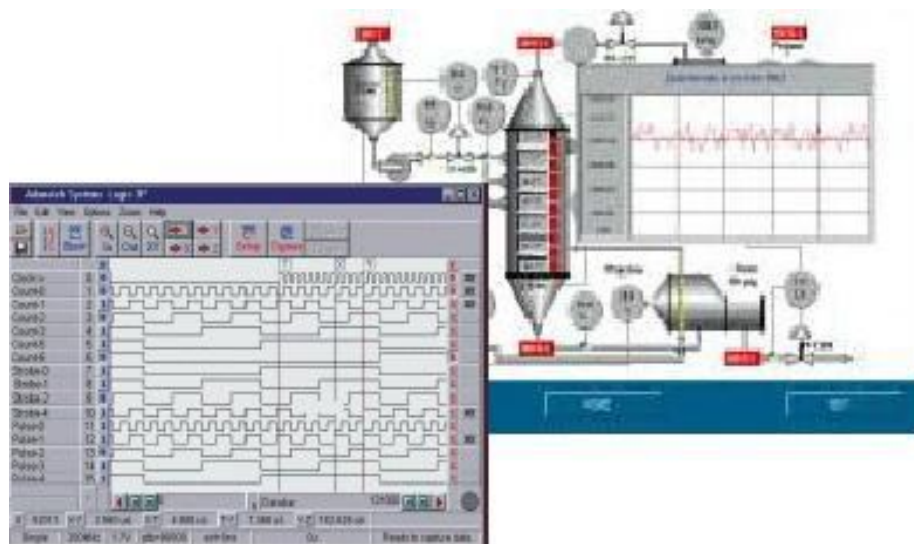


А.В. Тырышкин, А.А. Андраханов

# ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ

Учебное пособие



2007

Федеральное агентство по образованию

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

**Кафедра промышленной электроники**

**А.В. Тырышкин, А.А. Андраханов**

# **ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ**

**Учебное пособие**

**2007**

Рецензент: доцент кафедры промышленной и медицинской  
электроники Томского государственного  
политехнического университета, канд. техн. наук  
С.А. Цехановский

**Тырышкин А.В., Андраханов А.А.**

Электронные промышленные устройства и системы: Учебное по-  
собие. — Томск: Томский государственный университет систем  
управления и радиоэлектроники. — 221 с.

© Тырышкин А.В., Андраханов А.А., 2007  
© ТУСУР, 2007

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
<b>1 СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ</b> .....	<b>10</b>
1.1 Автоматизированные и автоматические системы управления .....	10
1.2 Объект управления .....	11
1.3 Задачи управления .....	13
<b>2 АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ</b> .....	<b>16</b>
2.1 Цикл проектирования системы .....	16
2.1.1 Этап 1 .....	17
2.1.2 Этап 2 .....	19
2.1.3 Этап 3 .....	21
2.1.4 Этап 4 .....	22
2.1.4.1 Мозговой штурм .....	22
2.1.4.2 Синектика .....	24
2.1.4.3 Разработка сценариев .....	25
2.1.4.4 И один в поле воин .....	26
2.1.5 Этап 5 .....	27
2.1.6 Этап 6 .....	28
2.1.7 Этап 7 .....	29
2.1.8 Этап 8 .....	30
2.1.9 Этап 9 .....	31
2.1.10 Этап 10 .....	32
2.1.11 Этап 11 .....	32
2.1.12 Этап 12 .....	33
2.1.13 Этап 13 .....	33
2.1.14 Этап 14 .....	34
2.1.15 Этап 15 .....	34
2.1.16 Этап 16 .....	34
2.2 Принципы проектирования систем управления .....	36
2.3 Дерево вызова процедур .....	39
2.4 Проектирование программных процедур .....	45
2.5 Общие требования к разрабатываемым автоматическим системам .....	49
<b>3 СИСТЕМА ГАРАНТИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ</b> <b>ТЕЛЕФОННОЙ СТАНЦИИ</b> .....	<b>53</b>
3.1 СГЭП? .....	53
3.2 Описание объекта управления .....	54
3.3 Функции персонала по обслуживанию источников питания .....	56
3.4 Техническое задание .....	64
3.5 Разработка структурной схемы СГЭП телефонной станции .....	66
3.6 Разработка дерева вызова процедур .....	68
3.7 Примеры программных процедур .....	71
<b>4 АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ</b> .....	<b>75</b>
4.1 Пирамида управления .....	75

4.2 Область применения автоматизированных систем управления .....	77
4.3 Архитектура автоматизированной системы управления .....	81
4.4 Верхний уровень АСУТП .....	82
4.5 SCADA-система ICONICS GENESIS32 .....	84
4.5.1 GraphWorX32 .....	85
4.5.2 TrendWorX32 .....	86
4.5.3 AlarmWorX32 .....	89
4.5.4 AlarmWorX32 Multimedia .....	90
4.5.5 DataWorX32 .....	91
4.5.6 ScriptWorX32 .....	92
4.5.7 WebHMI .....	92
4.5.8 GenBroker .....	93
4.5.9 ActiveX ToolWorX .....	94
4.5.10 OPC ToolWorX .....	94
4.6 Российская SCADA-система TRACE MODE 5 .....	95
4.6.1 TRACE MODE 5 — лидер SCADA-систем на российском рынке .....	95
4.6.2 Описание TRACE MODE 5 .....	95
4.6.3 Пример применения TRACE MODE 5 в АСУ ТП .....	103
4.7 Средний уровень .....	106
4.7.1 Функции среднего уровня АСУ .....	106
4.7.2 Фирмы-производители аппаратной части среднего уровня .....	107
4.7.3 Состав аппаратной части среднего уровня .....	108
4.7.4 Контроллер ADAM-5510 .....	109
4.7.5 Программирование контроллеров .....	110
4.7.6 Система UltraLogik .....	110
4.7.6.1 Назначение .....	110
4.7.6.2 Архитектура и составные части системы .....	111
4.7.6.3 Сетевые возможности UltraLogik .....	112
4.8 Нижний уровень .....	114
4.8.1 Функции нижнего уровня .....	114
4.8.2 Компания OMRON .....	115
4.8.3 Компания PEPPERL+FUCHS .....	122
4.8.4 Фирма SIEMENS .....	124
4.8.5 Фирма SCAIME .....	126
<b>5 СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ: СИНТЕЗ АВТОМАТИЧЕСКИХ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ .....</b>	<b>126</b>
5.1 Групповое проектное обучение, как прорыв в области комплексной автоматизации .....	126
5.2 Автоматизированная система контроля доступа и табельного учета .....	128
5.3 Структура СКД и ТУ .....	133
5.4 Описание аппаратной части СКД и ТУ .....	136
5.4.1 Общее описание аппаратной части .....	136
5.4.2 Описание Блока Идентификации Ключей .....	140
5.4.3 Описание Блока Контроля Прохода .....	141
5.4.4 Описание блока управления турникетом .....	144
5.5 Описание программной части СКД и ТУ .....	146
5.5.1 Описание Модуля Управления .....	146
5.5.2 Структура модуля хранения информации .....	154

5.6	Взаимодействие аппаратной и программной частей СКД и ТУ .....	155
5.7	Организация работы системы в автономном режиме .....	158
5.8	Синхронизация работы аппаратной и программной частей СКД и ТУ .....	160
5.9	Восстановление данных .....	161
5.10	Итоги выполнения группового проекта .....	162
<b>6</b>	<b>СРЕДСТВА ПОСТРОЕНИЯ АСУ ТП ФИРМЫ «ДЭП» .....</b>	<b>163</b>
6.1	Общие сведения о комплексе ДЕКОНТ .....	163
6.2	Аппаратная часть комплекса ДЕКОНТ .....	168
6.2.1	Модули ввода-вывода .....	168
6.2.1.1	DIN16-xx .....	169
6.2.2	Интеллектуальные датчики .....	172
6.2.3	Сетевой протокол .....	173
6.2.4	Контроллер Decont-182 .....	173
6.2.5	Интерфейсы связи .....	175
6.3	Минипульт .....	177
6.4	Стационарный пульт .....	178
6.5	Топология систем автоматизации .....	179
6.6	Программное обеспечение комплекса .....	180
6.6.1	Введение .....	180
6.6.2	Конфигурирование типовых систем .....	182
6.6.3	Разработка алгоритмов локальной автоматики .....	184
6.6.4	Обработка архивных данных .....	185
6.6.5	Просмотр архивов WDeArchive .....	187
6.6.6	Взаимодействие со SCADA-пакетами .....	188
6.6.7	Рекомендации по выбору программных компонент .....	190
6.7	Полнофункциональная автоматизация .....	195
6.8	Пример построения АСУ ТП на основе ДЕКОНТ .....	196
<b>7</b>	<b>ВЫБОР АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ОПАСНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ .....</b>	<b>203</b>
7.1	Актуальность вопросов безопасности на действующем предприятии .....	203
7.2	Виды опасных производственных объектов .....	203
7.3	Опасные и взрывоопасные производственные объекты .....	204
7.4	Объекты, опасные по воспламенению горючей пыли или газа .....	204
7.5	Классификация взрывоопасных зон .....	205
7.6	Классификация взрывоопасных технологических блоков .....	206
7.7	Маркировка и выбор оборудования, работающего в среде газа .....	207
7.8	Маркировка и выбор оборудования для использования в среде пыли .....	210
7.9	Монтаж взрывоопасного технологического оборудования. Лицензии .....	211
7.10	Основные этапы выбора технических средств .....	212
	<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>214</b>
	<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А .....</b>	<b>216</b>
	<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....</b>	<b>217</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Уважаемый читатель! Авторы исходят из предпосылки, что данное пособие будет изучать (читать, смотреть картинки, просто листать...) подготовленный читатель. Что это значит? Это значит, что читатель должен быть знаком с информатикой, микропроцессорной техникой, с электрическими машинами, средствами сбора и отображения информации и многим другим, включая философию.

С философии и начнем. Существует шуточный тезис о том, что двигателем прогресса является лень. Лень заставляет человека придумывать механизмы, облегчающие работу и машины, заменяющие человека в работе. Это подтверждает известную истину, что в каждой шутке есть доля правды. В данном курсе авторы не «открывают Америк». Вам не придется разбираться со сложными математическими выкладками, не будет сложных научных экспериментов. Задача курса — обобщить полученные ранее знания и выйти на новый уровень понимания техники. Это позволит нам создавать принципиально новые устройства и системы. (Вот мы и повторили с Вами один из законов философии, а именно — закон перехода количества в качество). Продолжим... Создавая различные механизмы и используя возобновляемые источники энергии, человек осуществил масштабную механизацию труда. Практически ушли в прошлое такие понятия, как землекоп, бондарь, посыльный, скорняк, шорник и многие другие. Механизация потребовала создания **механических промышленных устройств**. Примером таких устройств являются часовые механизмы, регулятор Уайта, редукторы, полиспасты и др.

Осуществив повсеместную механизацию, человечество вышло на определенный уровень благосостояния общества, который позволил развивать образование и науку. Следствием явилось как разработка новых возобновляемых источников энергии (гидроэлектростанции, приливные и геотермальные станции, солнечные батареи,...), так и открытие новых не возобновляемых источников энергии. На помощь человеку пришли **электронные промышленные устройства**. Это метрологические устройства; устройства контроля, включая такие большие группы, как устройства ультразвуковой диагностики, гаммадефекто-

скопии, рентгеноскопии; устройства технического зрения; интеллектуальные датчики и электронные исполнительные устройства и т.д. В середине прошлого века было популярным выражение «Научно-техническая революция». Если отбросить политическую окраску этого выражения, то суть будет верна. Человечество совершило очередной скачок в своем развитии (скачок в техническом развитии, но не в нравственном, не в социальном!). Освободившись от физического труда, человек на достигнутом не остановился. Он ставит задачу — освобождение (по крайней мере частичное) от умственного труда. Этот процесс активно пошел с внедрением калькуляторов в процессы вычислений. Развитие микропроцессорной техники позволяет все шире и шире внедрять автоматические **системы** управления.

Давайте на этом прервем наш экскурс в развитие техники и попробуем разобраться с понятием **система**. Это необходимо сделать, т.к. на бытовом уровне системой часто называют объект, который с технической точки зрения системой не является. Типичным примером является понятие «система освещения». Под этим понимается несколько электрических лампочек в помещении, снабженных выключателями. Здесь уместнее использовать термин «устройство» освещения или «сеть освещения». А что такое устройство? Под устройством понимается некий черный ящик, который по известному закону (функции) преобразует входной сигнал в выходной. Включили выключатель — лампочка загорелась. (При условии, что все элементы устройства исправны). Это простейшее устройство. Устройства могут быть как механическими, так и гидравлическими, пневматическими, электрическими, электронными, ... Примерами простейших электронных устройств могут служить логические элементы, дешифраторы, АЦП и другие. Всех их объединяет одно свойство: сигнал на выходе всегда строго определен функцией данного устройства и сигналом, который поступает на вход.

$$S_{\text{ВЫХ}} = f(S_{\text{ВХ}}) \quad (1)$$

Следовательно, поведение устройства легко предсказуемо. Зная мощность электрического чайника и количество в нем воды,



мы легко можем нарисовать кривую изменения температуры воды при включении чайника.

С системами все обстоит несколько иначе. Все читатели знакомы с биологической системой, которая называется «человек». Давайте попробуем мысленно решить следующую задачу. Группа студентов отправилась за город на пикник. Студенты попали под дождь, автобус не пришел... Счастливые, но промокшие и замерзшие студенты вернулись домой глубокой ночью. Вопрос: «Какая температура будет у студента Коли на следующий день?». Ни один терапевт не возьмется за решение такой задачи. Почему? Потому, что температура будет зависеть не только и не столько от внешних факторов (сигналов) — дождь, холод, но и от состояния здоровья (внутреннего состояния системы) студента Коли.

Таким образом, под системой мы будем понимать сложный объект (набор взаимосвязанных компонентов), обладающий внутренней памятью, которая определяет его внутреннее состояние. Температура студента Коли будет либо нормальной, либо повышенной в зависимости от того, как часто он простывает, насколько тепло он всегда одевается, когда он болел последний раз, что он ел и что он пил на природе и т.д. Все эти и многие другие факторы являются предысторией системы и определяют реакцию организма на переохлаждение.

Итак. **Одно и то же** входное воздействие может привести к **различным** реакциям системы. И наоборот. **Различные** входные воздействия могут привести систему к **одному и тому же** состоянию.

В нашем случае, привести температуру тела к нормальному значению можно горячим чаем с малиной, сауной, таблетками, растираниями и т.д.

Возвращаясь к примеру с освещением, следует отметить, что и осветительная сеть может быть не устройством, а действительно системой. И такие системы существуют. Их отличие состоит в том, что они обладают большей функциональностью за счет усложнения электрических схем и алгоритмов. Системы освещения способны поддерживать заданный уровень освещенности. При выходе из строя одной из ламп возможно как включение резервной лампы, так и незначительное повышение напряжения

на оставшихся лампах, для сохранения неизменным интегрально-го светового потока.

Системы освещения способны изменять уровень освещенности в зависимости от возмущающих факторов. Так, например, при выходе из строя основного источника питания возможно включение резервного источника питания меньшей мощности. В этом случае система должна обеспечить номинальную освещенность наиболее ответственных технологических участков и минимально допустимую на остальных участках. Примером такой системы может служить система освещения дизельной подводной лодки. В подводном положении источником энергии является дизель. Освещенность на борту поддерживается номинальной, обеспечивая экипаж необходимый комфорт. В подводном положении источником энергии является аккумуляторная батарея. Режим освещения должен быть экономичным. В случае повреждения отдельных узлов или участков, система переходит в режим аварийного освещения, необходимый для обеспечения наиболее важных работ.

Технические системы, создаваемые человеком, с каждым годом становятся все сложнее. В ряде случаев, созданная система работает, выполняет свои функции, но человек не знает, как поведет себя система при различных стечениях обстоятельств. Ярким и печальным примером является авария на Чернобыльской АЭС.

Физиков-атомщиков интересовало, как поведет себя система при резком снижении мощности реактора. Система, созданная руками и умами человечества повела себя непредсказуемо...

Авторы надеются, что данное учебное пособие позволит расширить представление читателя об электронных промышленных устройствах и компонентах, составляющих электронные системы. Кроме этого, хотелось бы надеяться, что читатель поверит в то, что: создавать системы управления хоть и сложно, но можно, нужно и интересно.

От авторов, с уважением, А.В. Тырышкин.

# 1 СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

## 1.1 Автоматизированные и автоматические системы управления

Уважаемый читатель знает, чем отличается автоматическая система от автоматизированной? Конечно, знает. Очень хорошо. Не спешите перелистнуть главу. Дело в том, что существует много догм, шаблонов, которые «сидят в головах» и мешают творческой работе. Пример с системой освещения уже приводился. Еще пример. Скажите, чему равен К.П.Д. масляных калориферов, которые так активно рекламируют производители и их рекламные агенты? Назовите примерную величину, а затем читайте дальше. Рекламные агенты призывают «не выбрасывать деньги на ветер», покупать их калориферы, т.к. они самые экономичные. И покупатели покупают. И верят, т.к. им со школы внушают мысль, что к.п.д. никогда не бывает равен 100 %. Только меньше! Если Вы с этим согласны, то скажите, что является полезной работой калорифера и что является затраченной работой (энергией)?

А теперь вернемся к системам управления. Как известно, автоматизированной называется система, которая работает под управлением человека. Первые автоматизированные системы представляли собой телемеханические системы. Телемеханические системы объединяют два типа систем: системы телеизмерения и системы телерегулирования. Если система содержит и телеизмерение, и телерегулирование, то ее еще называют системой телеуправления. Упрощенно такую систему можно представить в виде пульта с измерительным прибором и кнопкой, соединенного проводом соответственно с датчиком и исполнительным элементом на объекте управления.

Автоматизированные системы продолжают успешно работать в самых различных отраслях народного хозяйства. Например, управление эскалатором, подъемным краном, бетономешалкой и т.д.

Автоматическая система управляет объектом без участия человека, самостоятельно.

Отсюда возникает ошибочное мнение, что автоматическая система всегда сложнее автоматизированной.

Элементы автоматики, на которых строятся автоматические системы, появились задолго до появления компьютеров. Помните ветряные мельницы. Уже в средние века существовали мельницы, которые автоматически разворачивали свои ветряки навстречу ветру. Это достигалось либо по принципу флюгера, либо за счет дополнительных боковых ветряков, которые начинали вращаться при попадании на них воздушных потоков и поворачивали главный ветряк навстречу ветру.

В тоже время, современные автоматизированные системы содержат в своем составе интеллектуальные датчики, контроллеры, компьютеры. Вычислительная техника позволяет видеть оператору не просто конкретную физическую величину, например температуру подшипника, как это было в телеизмерительных системах. Компьютер может вести журнал событий, регистрировать изменение величины, скорость изменения величины и предупреждать оператора о возможном развитии того или иного процесса.

Выбор типа системы управления должен осуществляться на основе принципа целесообразности. Критериями могут служить:

- экономическая целесообразность;
- вопросы безопасности;
- требуемое быстродействие и другие, включая социально-психологические факторы.

Так, например, современный уровень техники позволяет убрать из метрополитена машинистов электропоездов. Во Франции такой опыт уже имеется. Однако пассажиры требуют, чтобы электропоездом управлял машинист. А для надежности каждый машинист должен иметь помощника машиниста. Так вдвоем и работают. В масштабах страны — это тысячи работоспособных граждан.

## **1.2 Объект управления**

Принципы управления изучает целый ряд наук, таких, как кибернетика, системный анализ, синергетика. С общих позиций управление любой технической системой и даже не только тех-

нической имеет общий характер. Отсюда возникает и имеет широкое распространение мнение, что объект управления для управленца, в общем-то, не имеет значения. В эпоху социализма все студенты знали наизусть тезис теоретика научного коммунизма Ленина о том, что «Государством может управлять кухарка». Тезисы, выдвигаемые лидерами политических партий и государств, не так безобидны, как может показаться на первый взгляд. Ошибочные установки и тезисы приводили к голоду и даже к гибели десятков миллионов людей. Степень ответственности за принятое решение у инженера несколько ниже, чем у лидера государства. Однако, с ростом энерговооруженности общества растет и опасность технических катастроф. Ошибка в управлении — и гибнет такой красавец как «Титаник». Современный лайнер «Куин Мэри-2» имеет водоизмещение в три раза больше, чем у «Титаника», стоимость в 30 раз, да и о пассажирах не нужно забывать, которых тоже больше.

Чтобы управлять реальным объектом, нужно досконально знать этот объект! Тезис о том, что «Лишних знаний не бывает» здесь как нельзя к месту. Для того чтобы создать «Чисто программный» продукт, такой, как «1С-бухгалтерия», мало быть программистом. Даже очень хорошим программистом. Нужно быть еще и очень хорошим бухгалтером. Для того, чтобы управлять дивизией, нужно как минимум знать, а что же представляет собой дивизия? Какие структурные подразделения в нее входят? Какова численность этих подразделений? На сколько обучен командный и рядовой состав подразделений? А еще, боеготовность техники; обеспеченность обмундированием и вооружением; боевой дух подразделений и т.д. Техническая система, казалось бы, не имеет такого разнообразия параметров и характеристик. Но это только на первый взгляд. На взгляд дилетанта. Опытный водитель может часами рассказывать о своем железном кормильце, о его «характере» и «поведении». Сложная техническая система состоит, как правило, из более простых систем (подсистем). Так, например, автомобиль имеет систему питания, систему зажигания, систему торможения и т.д. Эти системы могут в свою очередь тоже состоять из подсистем. Так система торможения современного автомобиля включает подсистемы, исключаящие блокировку колес, занос автомобиля и другие.

В тоже время любая система сама является подсистемой для системы более высокого порядка. Рассмотрим этот тезис на нашем старом примере — в качестве биологической системы. Возьмем человека. Поведение человека изменяется (и должно изменяться.) в зависимости от окружения. Существует даже народная мудрость: «Попал в волчью стаю — вой по-волчьи». Моральную сторону этого тезиса можно оспорить, а вот с точки зрения сохранения системы « в исправном состоянии» тезис верен.

Таким образом, поведение человека зависит от окружающего его общества. Поведение общества зависит от экономического окружения, природно-географических условий. То есть общество тоже является частью системы, которой французские ученые Э. Леруа и П. Тейяр де Шарден дали название «ноосфера». Цепочку можно продолжить еще долго, принимая во внимание тот факт, что даже наша солнечная система является всего лишь подсистемой для системы, называемой метagalactica.

Устройство сохраняет свои функции (вернее, должно сохранять!) независимо от окружающих его устройств в широком диапазоне изменения входных параметров и условий эксплуатации. Этого нельзя сказать о технической системе, что затрудняет управление системой.

Еще одна трудность состоит в том, что система, являясь частью другой системы, не всегда имеет четко выраженные границы. Например, Вы можете сказать хотя бы примерно, сколько у Вас родственников? А ведь эти люди участвуют (или участвовали) в формировании Вашего поведения. А поведение есть не что иное, как реакция на входное воздействие...

Подведем промежуточный итог. Для успешного решения задачи управления неким объектом, необходимо вычленить этот объект из окружающей его системы и максимально возможно изучить его внутреннюю организацию.

### **1.3 Задачи управления**

Зачем нужно управлять объектом, в чем суть управления?

Человек, который не занимается профессионально системами управления, над этими вопросами не задумывается и считает такую постановку вопроса надуманной, а ответ — банальным.

Типичный пример. Студент разрабатывает некую систему управления, например, систему управления микроклиматом в теплице. Он применяет и контроллеры и компьютер последнего поколения... На вопрос: «Что делает система управления?», — гордо отвечает, что система отключает нагреватели, если температура превысит максимальное значение и переходит в некий аварийный режим. Если произойдет авария... Студент искренне недоумевают, когда слышит, что от внедрения такой системы управления можно ожидать только убытки.

Мы не для того проектируем системы, чтобы они аварийно отключались!

**При этом, нужно понимать, что существуют системы, предназначенные именно для работы с аварийными режимами. Например, в энергетике работают системы, которые снимают напряжение с шин питания при возникновении перегрузки, а затем вновь пытаются восстановить напряжение. Для таких систем аварийный режим является и рабочим режимом, для которого система и проектировалась.**

Задача «хорошей» системы управления состоит в недопущении аварийного режима. Как можно это обеспечить?

**ЗАДАЧА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СОСТОИТ В ПРОНОЗИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ СОБЫТИЙ! УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДОЛЖНЫ ПРЕДОТВРАЩАТЬ РАЗВИТИЕ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ.**

Таким образом «умная» система управления должна работать «на будущее», а не устранять ошибки прошлого.

Простейшие задачи ликвидации аварийных ситуаций (короткое замыкание, перегрев и др.) решают ПРОСТЕЙШИЕ УСТРОЙСТВА аварийного отключения. Эти устройства никто с производства снимать не собирается и их значения никто не умаляет. Просто в данном курсе нас интересуют сложные технологические процессы. Наши усилия должны быть направлены на поддержание таких параметров системы, при которых она сохранит рабочее состояние сколько угодно долго.

Читатель может возразить, что любая система со временем изнашивается и рано или поздно она выйдет из строя. Правильно. Правильно, что изнашивается. Но мы раньше уже говорили о том, что мы должны знать наш объект управления досконально.

Следовательно, мы знаем, какие узлы подвержены износу и старению. Поставим датчики, будем осуществлять мониторинг параметров этих узлов и будем точно знать, что подшипник рассыпится через 49 часов, а транспортерная лента порвется через 17. Если мы умные и рачительные хозяева, то мы не будем ждать 17 часов, чтобы ликвидировать аварию. Мы осуществим плановую остановку оборудования и своевременно заменим изношенные узлы.

Рассмотрим задачи управления на примере системы управления микроклиматом в теплице. Давайте привлечем весь наш жизненный опыт и познания в области агротехники. *Без знаний объекта управления не следует приступать к управлению.* Эта мысль повторяется, т.к. это чрезвычайно важно!

Итак, мы владеем теплицей. Мы можем поставить **задачу А**: Получение урожая с минимальными затратами. Возможен такой вариант. Теплица есть. Денег нет. Что вырастет, то и продадим. Большого урожая при этом ожидать не придется. Управление микроклиматом сведется к решению задач типа «лишь бы не замерзло» и «лишь бы не засохло». **Задача Б**: Получение урожая с минимальной себестоимостью. Эта задача принципиально отличается от предыдущей. Если у нас есть свободные деньги, и мы можем позволить себе и аэрацию, и подсветку и подогрев, то урожай может быть получен на порядок больший, и себестоимость продукции окажется даже ниже, чем в варианте А. Управление в этом случае будет заключаться в поиске оптимальных режимов подсветки, подогрева. Это возможно только в том случае, если мы знаем на сколько больше мы получим огурцов, если поднимем температуру с 22 °С до 24 °С или повысим концентрацию углекислого газа в теплице, или повысим влажность на 5 %?

**Задача В**: Получение урожая к заданному времени. Если мы будем выращивать цветы, то желательно, чтобы пик раскрытия бутонов пришелся на 5–8 марта. Десятого марта цветы тоже нужны, но уже в других количествах и по другим ценам. Для решения этой задачи необходимо знать зависимость времени бутонизации от температуры почвы. Этим задачи не исчерпываются. О других задачах можно поговорить с опытным агрономом. К это-



му вопросу мы позже еще вернемся, а пока еще один вариант этой задачи.

**Задача Г:** получение максимального урожая. Эта задача актуальна для специалистов по космической биологии. В данном случае решается задача получения урожая при минимальной площади посевов. При этом площадь и объем являются «более дорогостоящим» ресурсом, чем тепловая энергия или минеральная питательная среда.

Таким образом, для управления промышленным объектом необходимо:

- изучить объект управления;
- определиться, какое управление предпочтительнее — автоматическое или автоматизированное;
- конкретизировать функции управления.

В зависимости от сложности объекта управления и функций, решаемых системой управления, аппаратная часть системы управления может быть реализована следующими средствами обработки цифровой информации:

- комбинационные схемы;
- цифровые автоматы;
- микроконтроллеры;
- промышленные контроллерные комплекты;
- персональные и промышленные компьютеры;
- вычислительные комплексы и компьютерные сети;

В следующих главах рассмотрим затронутые вопросы подробнее.

## **2 АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

### **2.1 Цикл проектирования системы**

Диапазон автоматических объектов огромен. Холодильник является автоматическим устройством, современный чайник так же является автоматическим устройством. Создание такого рода устройств под силу даже умельцам — одиночкам. Берется простейший объект управления, например нагревательный элемент, изготавливается или покупается готовый выключатель, обеспечивающий размыкание контактов при появлении пара и автомат практически готов.

Создание сложной автоматической системы может потребовать привлечения тысяч, а то и десятков тысяч специалистов. Так, например, в создании многоразового космического корабля «Буран» было задействовано 1200 предприятий и около трех миллионов человек.

Для того, чтобы получить представление, каким образом из труда тысяч отдельно взятых рабочих рождается работающая система, рассмотрим последовательность создания системы. Ее еще называют циклом проектирования системы. Этим подчеркивается непрерывность технического процесса. Ни на одной системе, сколь современна бы она ни была, развитие не останавливается. Цикл проектирования системы показан на рисунке 2.1.

Рассмотрим эти этапы подробнее.

### **2.1.1 Этап 1**

Этот этап является в чем-то стихийным, в чем-то революционным. Появляется некая идея по созданию «чего-то такого». На данном этапе главная задача состоит в том, чтобы Заказчик и Исполнитель смогли понять друг друга. Проблема состоит в том, что даже Исполнитель, то есть тот, кто будет создавать систему, на данном этапе не совсем четко понимает, что же он будет создавать. Заказчик, как ни парадоксально, еще меньше понимает в этой проблеме. Действительно! Ведь если бы он был большим специалистом в этой области, чем Исполнитель, зачем бы он обращался к Исполнителю — он бы и сам все сделал. Данный этап характеризуется активными консультациями сторон. Уточняются цели, задачи, даже терминология, так как один и тот же термин в различных областях знаний может иметь различные смысловые значения.

Наглядным примером сложности данного этапа служит известный случай. Генеральный конструктор С.П. Королев ставит перед группой конструкторов задачу создания Лунохода. Конструкторы говорят, что они не понимают, что от них требуется, так как они не знают, что представляет собой Луна. Какова структура поверхности, какова ее твердость? С.П. Королев написал: «Луна твердая» и поставил подпись. На основании этой информации позднее был разработан движитель, который выдержал реальные испытания.

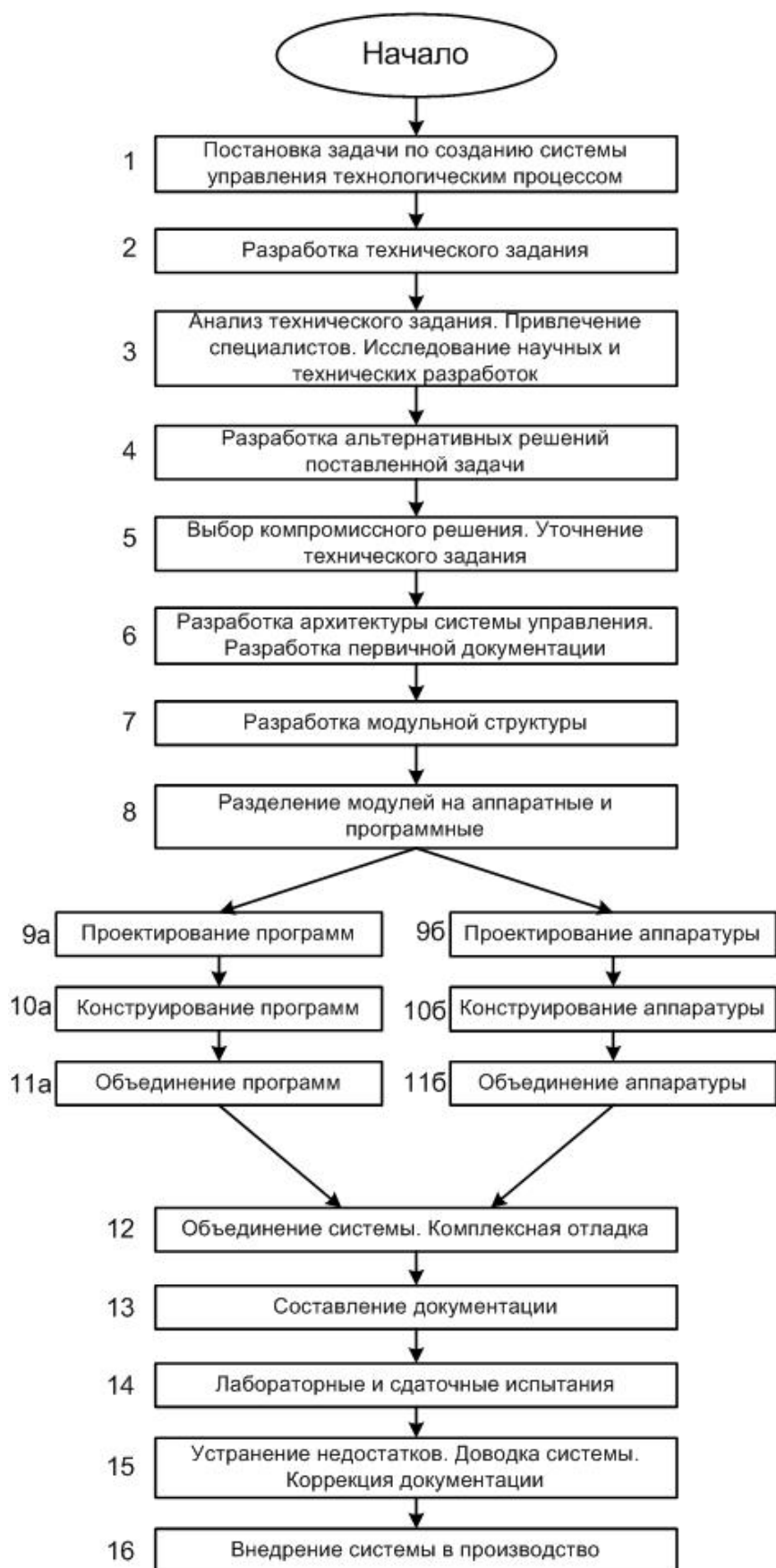


Рисунок 2.1 — Цикл проектирования системы

## 2.1.2 Этап 2

Один из самых сложных и ответственных моментов. На основании проведенных консультаций Исполнитель (именно Исполнитель!) составляет *юридический* документ, называемый «Техническое задание» (ТЗ), который подписывается обеими сторонами и становится неотъемлемой частью двухстороннего договора. Объем данного документа и его наполнение могут существенно различаться в зависимости от объема самой работы по созданию системы и от специфики данной работы. Обычно объем ТЗ колеблется от 1,5–2 страниц до нескольких десятков страниц. Структура документа обычно стандартная:

- Заголовок («Техническое задание»);
- Тема работы;
- Шифр работы (сокращенное название темы — обычно одно слово для удобства работы);
- Область применения;
- Цель работы;
- Краткое описание объекта управления;
- Функции, которые должна выполнять разрабатываемая система;
- Параметры, которые должна обеспечивать система;
- Допустимые условия эксплуатации;
- Требования к надежности системы.

При описании объекта управления указываются только характеристики, те, которые необходимы с точки зрения управляемости объекта. В примере с Луной конструкторов интересовали твердость поверхности, ускорение свободного падения и диапазон температур, но никак не цвет поверхности и диаметр Луны. А вот если мы будем создавать систему распознавания топографических карт, то цвет может оказаться решающей характеристикой.

При описании функций, которые система должна выполнять, необходимо применять принцип необходимой достаточности. Нужно описывать все требуемые функции, но только требуемые!

Этот раздел является в ТЗ основным. Он даже, в отличие от всех остальных разделов, имеет свое название «Функциональная спецификация».

При описании параметров интерес представляют параметры не объекта управления, а параметры, которые должна обеспечивать система управления. К примеру, мы хотим создать систему управления трактором для вспашки полей. То, что трактор способен передвигаться по пересеченной местности со скоростью до 10 км/час, мы должны указать в разделе описания объекта управления. А в данном разделе мы должны, например, указать: «Система должна обеспечивать точность поддержания скорости во всем диапазоне скоростей не менее  $\pm 7\%$ ». То, что трактор имеет шесть скоростей, мы укажем в разделе «Описание», а в данном разделе: «Переключение скоростей «вверх» система должна обеспечивать при достижении двигателем скорости вращения коленчатого вала 80 % от максимально допустимой».

Допустимые условия эксплуатации, это не только температура и влажность. Для трактора это будет допустимое ускорение при вибрации аппаратуры; для корабля — агрессивная среда; для космического корабля — повышенная радиация и т.д. Требуемая надежность системы указывается или в виде срока наработки на отказ, или в виде числа выполняемых операций до отказа, или в виде числа отказов, приведенных к продолжительности работы и т.п.

*Рекомендуется оговаривать в ТЗ возможность изменения, уточнения самого ТЗ по согласованию сторон.* Такая запись может помочь при возникновении конфликтной ситуации или просто в ходе выполнения работы.

Этот момент отдельно оговорен в ГОСТ Р 15.201-2000, пункт 5.6: «На любом этапе разработки продукции при согласии заказчика и разработчика в ТЗ или документ, его заменяющий, могут быть внесены изменения и дополнения, не нарушающие условия выполнения обязательных требований».

Еще раз подчеркнем, что ТЗ является юридическим документом. Это значит, что фразы должны быть конкретными, цифры точными. Недопустимы выражения типа «хорошая точность», «высокое быстроедействие». Следует писать «требуемая точность

поддержания температуры  $\pm 0,3$  °С»; «постоянная времени нагрева не более 2с».

Раздел описания объекта управления должен быть написан в сослагательном наклонении; разделы требуемых функций и параметров — в повелительном наклонении.

### 2.1.3 Этап 3

Этап начинается с момента подписания ТЗ и, как правило, с получения аванса за разработку. В чем состоит анализ ТЗ? Зачем его анализировать, если мы сами его написали?

Рассмотрим пример. Группа сотрудников ТУСУРа совместно со студентами решили создать робот, который бы собирал на болоте клюкву. Основная задача — собрать ягоду. Предположим, что энтузиасты все технические вопросы решили — робот собирает ягоду быстро и без потерь. Задача решена? Конечно же, нет! Во-первых, такой робот не доедет до болота — его остановит Госавтоинспекция. Если доедет, его арестуют экологи. Если экологов объедет, его остановят сотрудники Комитета по использованию природных ресурсов. А еще есть «зеленые», еще есть местные жители, которые сами эту ягоду собирают, а еще санэпидемстанция, налоговая инспекция с налоговой полицией, судебные приставы, лесники, пожарные...

То, что мы сейчас сделали (или почти сделали) называется «превращение проблемы в проблематику». Это полезная работа и необходимая при каждой новой разработке. Чем полнее мы опишем проблематику, тем меньше вероятность возникновения неожиданных препятствий на пути реализации нашей задачи.

Определив круг проблем, которые предстоит решить, можно определить и круг специалистов, необходимых для их решения. Собрать в одной фирме специалистов по всем направлениям науки и техники — задача абсурдная, но временно привлекать узких специалистов для решения конкретных специфических задач можно и нужно. На данном этапе мы можем себе это позволить, т.к. аванс от Заказчика уже получен!

Как правило, проектные организации специализируются на конкретных научных и инженерных направлениях. Поэтому, новые разработки чаще всего являются «доработками» ранее соз-

данных проектов с учетом той специфики, о которой говорилось выше. В этом случае, за этапом 3 может сразу следовать этап 6.

#### **2.1.4 Этап 4**

Рассмотрим вариант, когда проект является пионерным. Это значит, что данная задача ранее вообще не решалась. В XIX веке фотографы представить себе не могли, что стеклянная фотопластинка может быть заменена какой-то пленкой. Почти весь XX век фотографы не могли подумать, что фотоаппарат может работать без фотопленки...

Пионерная задача не может быть решена простым набором известных решений. Необходим качественный скачок, прорыв в новую область знаний. Скачки могут быть грандиозными, если они обусловлены фундаментальными открытиями, такими, как явление электромагнитной индукции или явления фотоэффекта. Чаще скачки маленькие, известны они только узкому кругу специалистов. Даже не скачки, а шажки. Называются они изобретениями.

Благодаря тому, что армия творческих людей огромна, маленькие шажки позволяют уверенно двигаться человечеству по пути технического прогресса.

Как сделать этот шаг, как решить задачу, которая раньше никем не решалась?

Во-первых, необходимы начальные знания. Когда говорят, что не надо изобретать велосипед, имеют в виду, что прежде, чем что-то изобретать не мешало бы узнать о том, что уже изобретено.

Во-вторых, должна быть сформулирована задача.

Полдела сделано. Осталось решить задачу. Рассмотрим методы поиска эвристических решений.

##### **2.1.4.1 Мозговой штурм**

Метод мозгового штурма подробно изложен одним из ректоров ТУСУРа Феликсом Ивановичем Перегудовым. Цитируем: «Техника мозгового штурма такова. Собирается группа лиц, отобранных для генерации альтернатив; главный принцип отбора — разнообразие профессий; квалификации, опыт (такой принцип

поможет расширить фонд априорной информации, которой располагает группа). Сообщается, что приветствуются любые идеи, возникшие как индивидуально, так и по ассоциации при выслушивании предложений других участников, в том числе и лишь частично улучшающие чужие идеи (каждую идею рекомендуется записать на отдельной карточке). Категорически запрещается любая критика — это важнейшее условие мозгового штурма: сама возможность критики тормозит воображение. Каждый по очереди зачитывает свою идею, остальные слушают и записывают на карточки новые мысли, возникшие под влиянием услышанного. Затем все карточки собираются, сортируются и анализируются, обычно другой группой экспертов».

Число альтернатив можно впоследствии значительно увеличить, комбинируя сгенерированные идеи. Среди полученных в результате мозгового штурма идей может оказаться много глупых и неосуществимых, но «глупые идеи легко исключаются последующей критикой, ибо компетентную критику легче получить, чем компетентное творчество [2, с. 418]».

Известно много замечательных примеров успешного мозгового штурма. Приведем лишь один из них, иллюстрирующий пользу запрещения критики.

Во время войны проблема противодействия минам и торпедам противника на море была подвергнута мозговому штурму. Одна из идей заключалась в следующем: «Пусть, как только будет обнаружена мина или торпеда, вся команда станет к борту и дует на нее!». Эта, несерьезная, на первый взгляд, идея не была отвергнута, и при дальнейшем анализе рациональное зерно, содержащееся в ней, было трансформировано в предложение: с помощью мощных насосов создать потоки воды, отталкивающие опасный объект.

Описанный метод мозгового штурма постоянно видоизменяется, модернизируется, сохраняя при этом свои основные принципы. В последнее время популярна разновидность данного метода под названием Brain Writing, что можно грубо перевести как «мозгописание».

Отличие метода в том, что участники не озвучивают свои предложения, а излагают письменно. Предложение в письменном виде идет по кругу, и другие участники дополняют предложение



своими идеями. Пока бумага совершает круг, участник обдумывает новые предложения и пишет с учетом того, что он прочтет при очередном получении бумаги. Преимущество метода в том, что человек письменно излагает мысли более лаконично, конкретно. Сокращается число ненужных слов, которые «зашумляют» информацию.

#### **2.1.4.2 Синектика**

Синектика предназначена для генерирования альтернатив путем ассоциативного мышления, поиска аналогий поставленной задаче. В противоположность мозговому штурму здесь целью является не количество альтернатив, а генерирование небольшого числа альтернатив (даже единственной альтернативы), разрешающих данную проблему.

Суть синектики можно кратко изложить следующим образом. Формируется группа из 5–7 человек, отобранных по признакам гибкости мышления, практического опыта (предпочтение отдается людям, менявшим профессии и специальности), психологической совместимости, общительности, подвижности (последнее, как станет ясно из изложенного ниже, очень важно). Выработав определенные навыки совместной работы, группа ведет систематическое направленное обсуждение любых аналогий с подлежащей решению проблемой, спонтанно возникающих в ходе бесед.

Особые значения синектика придает аналогиям, порождаемым двигательными ощущениями. Это вызвано тем, что наши природные двигательные рефлексy сами по себе высокоорганизованны и их осмысление может подсказать хорошую системную идею. Предлагается, например, вообразить свое тело на месте совершенствуемого механизма, «почувствовать себя им», либо поставить себя на место фантастического организма, выполняющего функцию проектируемой системы, и т.п. Раскрепощенность воображения, интенсивный творческий труд создают атмосферу душевного подъема, характерную для синектики. Отмечаются и психологические затруднения, возникающие у новичков в случае применения этого метода: появление угрызений совести («получаем деньги за приятное времяпрепровождение»); зазнайство по-

сле удачного решения первой проблемы; истощение нервной системы в результате столь интенсивной работы. Успеху работы синектических групп способствует соблюдение определенных правил, в частности: 1) запрещено обсуждать достоинства и недостатки членов группы; 2) каждый имеет право прекратить работу без каких-либо объяснений при малейших признаках утомления; 3) роль ведущего периодически переходит к другим членам группы, и т.д.

### **2.1.4.3 Разработка сценариев**

Так как авторы работают в Университете, который готовит специалистов по управлению не только техническими системами, следует несколько слов сказать и о методе разработки сценариев. Этот метод предпочтителен для поиска решений управления в социально-политической сфере.

В нашей стране хоть несколько и поутихли, но продолжают еще бурлить политические страсти. Политические партии и отдельные лидеры ищут шаги, действия, решения для завоевания расположения электората. Политики пытаются просчитать возможные последствия того или иного предпринятого хода. «Что будет, если...?» Читатели, наверное, помнят, как один политический лидер в прямом эфире выплеснул стакан воды в лицо другому политику. Поступок сам по себе не очень красивый. Но эффект достигнут! О политике заговорили, на него стали больше обращать внимания. Оказывается, это один из наиболее образованных, воспитанных и умных политических деятелей. Для этого, стакана воды не жалко...

Есть примеры и из более ранней истории. Герострат очень точно просчитал последствия своего варварского поступка. Он преследовал только одну цель — прославиться. Остаться в истории на века. Мы написали только одно слово «Герострат» и всем понятно, о ком идет речь. Значит, он достиг цели.

К сожалению, оба примера не достойны подражания... А кто сказал, что политика благородное дело?

Создание сценариев относится к типичным не формализуемым процедурам, представляет собой творческую, научную работу. Тем не менее, и в этом деле накоплен определенный опыт,

имеются свои эвристики. Например, рекомендуется разрабатывать «верхний» и «нижний» сценарии — как бы крайние случаи, между которыми может находиться возможное будущее. Такой прием позволяет отчасти компенсировать или явно выразить неопределенности, связанные с предсказанием будущего. Иногда полезно включать в сценарии воображаемый активно противодействующий элемент, моделируя тем самым «наихудший случай». Кроме того, рекомендуется не разрабатывать детально (как ненадежные и непрактичные) сценарии, слишком «чувствительные» к небольшим отклонениям на ранних стадиях. Важными этапами создания сценариев являются: составление перечня факторов, влияющих на ход событий, со специальным выделением лиц, которые контролируют эти факторы прямо или косвенно; выделение аспектов борьбы с такими факторами, как некомпетентность, халатность и недисциплинированность, бюрократизм и волокита; учет наличных ресурсов и т.д.

Существуют и другие методы поиска эвристических решений, например, морфологический анализ, деловые игры и т.д., но мы, пожалуй, остановимся еще на одном.

#### **2.1.4.4 И один в поле воин**

Странность заголовка обусловлена тем, что в научной литературе нет описания этого метода. Нет и названия этого метода.

Какими бы совершенными не были методы коллективного поиска решений, большинство решений все же созревают в умах конкретных личностей.

Как найти решение, если задача есть, а коллектива для ее решения — нет? Будем обходиться собственными силами. Прежде всего, необходимо как можно конкретнее сформулировать задачу. Мы уже говорили, что четко поставленная задача — это уже наполовину решенная задача. Далее эту задачу необходимо записать. О пользе письма мы тоже уже говорили. А теперь самое простое. Прочитывайте эту задачу как можно чаще. Обязательно прочитывайте задачу перед сном. Не удивляйтесь, если вам придет в голову решение задачи, когда вы о ней, казалось бы, и не думали.

Мы знаем много случаев из истории техники, когда решения возникали «случайно». Архимед «просто лежал» в ванне. Ньютон «просто лежал» под яблоней. Менделеев «просто спал», а потом проснулся и составил знаменитую таблицу.

**Если ничего не читать, не смотреть и не слушать, то сколько ни спи — Менделеевым не станешь. Сопоставлять-то будет нечего! Только один герой проспал тридцать лет и три года и прославился. Вспомним, чем он прославился — смог взять большую дубину... Спасибо, что он ее взял на благо своего народа.**

Если задача постоянно загружена в «оперативную память» мозга, то мозг человека не только фильтрует уже известную информацию, но и занимается активным поиском новой. Иногда приходится слышать «... только вчера поговорили, прихожу, включаю телевизор, а там как раз передача об этом...». Ничего случайного в этом нет. Информация на нас льется постоянно. Мозг научился ее «не замечать». И это правильно, иначе не хватит никаких объемов памяти и никакого быстродействия процессоров. При наличии актуальной задачи, мозг «выхватывает» нужную информацию из огромного информационного потока.

### 2.1.5 Этап 5

Человечеству до сих пор не удалось найти ни одного идеального решения ни одной задачи. Всегда необходимо искать компромиссное решение, которое бы максимально удовлетворило Заказчика при минимальных затратах Исполнителя.

Уточнение технического задания все чаще происходит в следующих случаях:

- у Заказчика возросли требования к функциям, либо параметрам будущей системы;
- современный уровень техники и технологии не позволяет решать поставленную задачу;
- задача в принципе решена быть не может. Например, не существует толщины стальной якорной цепи, которая позволила бы встать кораблю на якорь в районе Марианской впадины;

– в процессе решения задачи возникают новые идеи, позволяющие решить попутно другие задачи без больших дополнительных затрат.

### 2.1.6 Этап 6

Системный анализ предлагает богатый выбор архитектур систем управления [3÷6]. Наибольшее распространение имеют системы управления с иерархическими связями. Рассмотрим структуру управления некоего предприятия (рисунок 2.2).

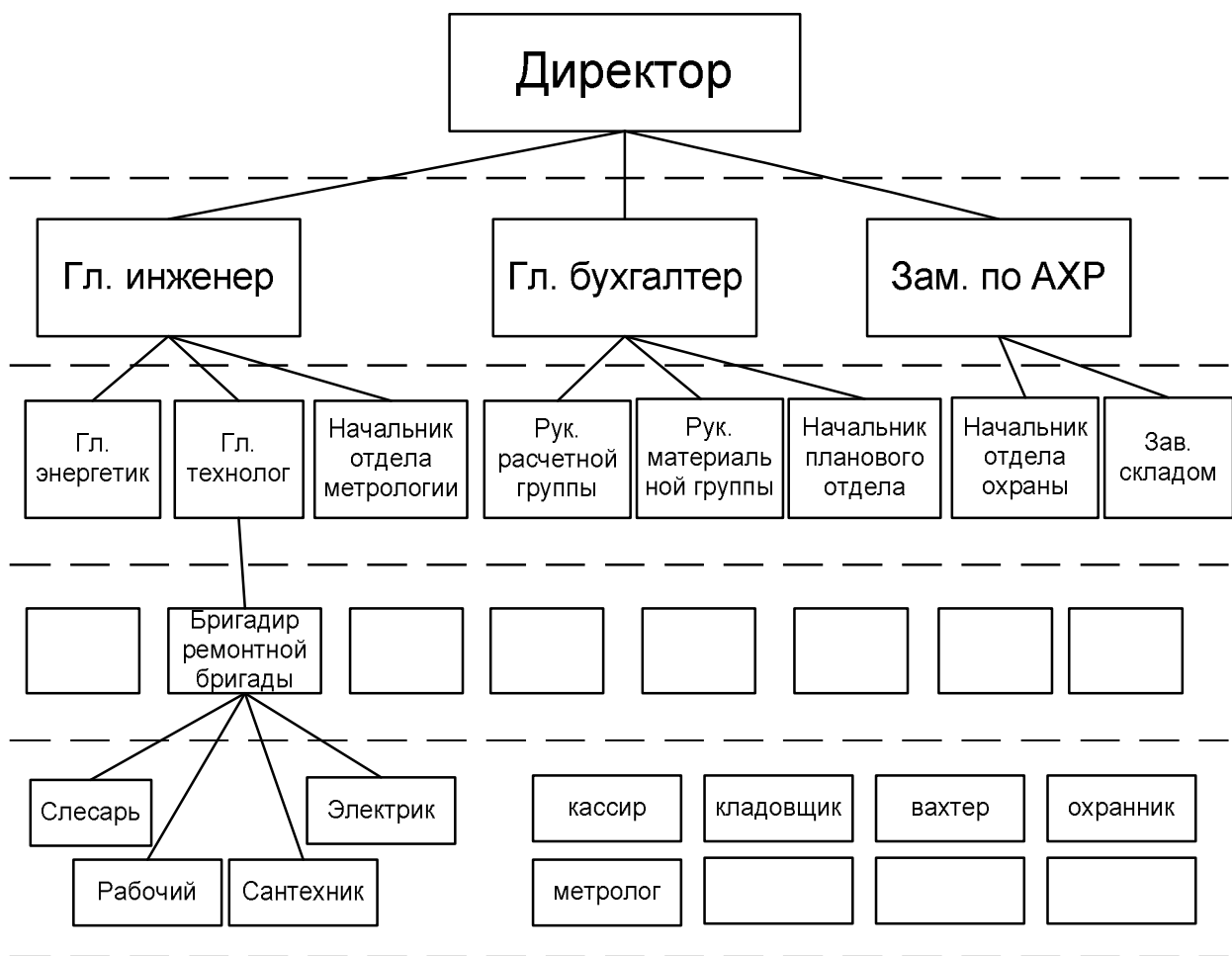


Рисунок 2.2 — Организационная структура предприятия

Такие структуры называют еще древовидными структурами. В нашем примере каждый элемент нижестоящего уровня подчинен одному узлу вышестоящего. Такие структуры называют структурами с «сильными» связями. Если элемент нижестоящего

уровня может быть подчинен двум и более узлам вышестоящего уровня, либо оказываются связанными элементы одного уровня, то такую систему называют иерархической со слабыми связями.

В связи с тем, что иерархическая структура с сильными связями является более жесткой с точки зрения управления и исключает возможность каких-либо некорректных действий, связанных с наличием слабых связей, то мы более подробно остановимся на ней.

К описанию взаимодействия уровней и отдельных элементов мы вернемся при знакомстве с деревом вызова процедур и принципом нисходящего проектирования.

Этапы с 3 по 6 включительно относят к эскизному проектированию системы. Задачей эскизного проектирования является построение системы в самом общем виде, т.е. определяется концепция системы управления.

Заканчивается данный этап составлением первичной документации. Основным документом первичной документации является **«Инструкция пользователя»**. Системы еще нет, а «Инструкция пользователя» уже есть. Противоречия здесь нет. Происходит очередная итерация во взглядах на создаваемую систему Исполнителя и Заказчика. На этом этапе Заказчик видит, что он получит после завершения работы и дает заключение «именно это он и хотел получить», или «Вы меня не правильно поняли. Я не это имел в виду».

### 2.1.7 Этап 7

С этого этапа начинается техническое проектирование.

Архитектура системы управления, построенная ранее в общем виде, наполняется конкретным содержанием.

Для этого, функциям, которые система должна выполнять, рисуют соответствующие блоки. Если конкретная функция довольно сложная, то в дальнейшем она раскладывается на более простые функции; рисуются соответственно блоки более низкого уровня. Работу продолжают до тех пор, пока блок не станет представлять собой простейший элемент системы, легко реализуемый (либо разрабатываемый, либо покупной) на современном уровне развития техники.

### 2.1.8 Этап 8

Появление программных модулей обусловлено развитием вычислительной техники. Еще во второй половине XX века разрабатывались системы управления сложными комплексами на основе аппаратных модулей без использования микропроцессоров. Примером может служить ракетный комплекс противовоздушной обороны. Для наведения ракеты в расчетную (упрежденную) точку, необходимо было решить систему уравнений, состоящую примерно из сорока уравнений! Эти уравнения решались, повторяем, без применения компьютера, только аппаратными средствами.

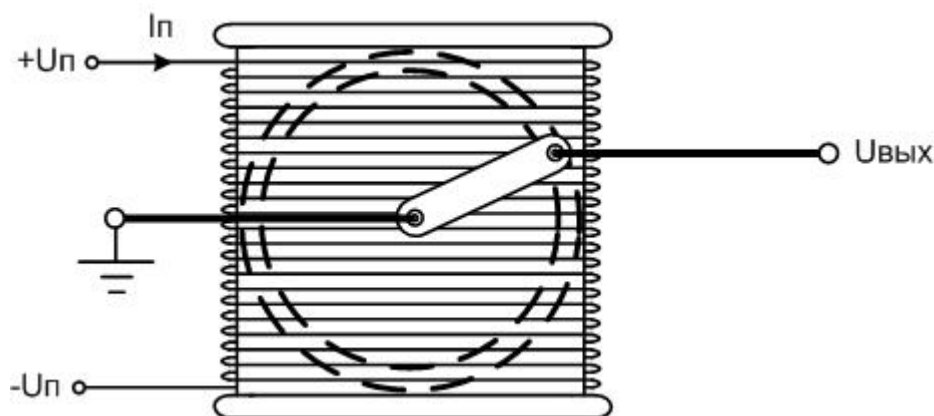


Рисунок 2.3 — Устройство решения тригонометрических уравнений

На рисунке 2.3 показано устройство для вычисления синуса любого угла. На прямоугольную изолированную пластину наматывается виток к витку изолированный провод, пропитывается лаком и запекается. Затем на одной из плоскостей путем шлифовки снимается круговая полоска лака. По этой полоске будет двигаться подвижный контакт. Подвижный контакт закреплен на одном конце бегунка. Второй конец бегунка закреплен на оси, которая совпадает с геометрической осью, проходящей через центр пластинки. От витка, который проходит точно через центр пластинки делается отпайка. Если теперь на вход устройства подать единичные входные положительное и отрицательное напряжения, то с бегунка можно снять напряжение, пропорциональное

синусу угла поворота бегунка с учетом знака. Такому устройству не нужен Windows, оно не боится компьютерных вирусов, мало подвержено электромагнитным помехам.

Этот пример приведен для иллюстрации того, что даже «сугубо компьютерные» функции могут быть реализованы аппаратно.

В учебной литературе можно встретить рекомендацию реализовывать аппаратно только те блоки, которые не могут быть реализованы программно. Это мотивируется тем, что незначительное увеличение программного кода не приводит ни к увеличению габаритов, ни к увеличению стоимости системы. Такое утверждение не бесспорно. В ряде случаев, простейшие функции целесообразно реализовывать аппаратно. Это обусловлено тем, что при сравнении способов реализации необходимо учитывать не только загрузку процессора, но и загрузку информационных линий связи. Пока дадим рекомендацию самого общего плана. То, что может быть реализовано только аппаратно — реализуем аппаратно; в остальных случаях предпочтение отдается программной реализации блоков, если это не противоречит здравому смыслу.

### **2.1.9 Этап 9**

Как только мы определились с программными и аппаратными блоками, процесс разработки раздваивается. Часть специалистов может заниматься только разработкой программ, а другая часть — разработкой «железа».

На этапе 9а разрабатывается дерево вызова процедур и описываются процедуры на языке проектирования. Дерево вызова процедур будет рассмотрено в главе 2.3. Конструкции языка проектирования будут рассмотрены в главе 2.4.

На этапе 9б разработчики занимаются проектированием схем, состоящем из разработки функциональных схем; разработки принципиальных схем и их макетированием. Заканчивается этап изготовлением макетного образца с комплектом документации. Документация, как правило, содержит принципиальные схемы, перечни элементов, схемы электрических соединений.



### 2.1.10 Этап 10

На данном этапе разрабатывается конструкция аппаратных блоков. Разрабатываются печатные платы, корпуса. Решаются вопросы крепления печатных плат и отдельных элементов. Разрабатываются меры по охлаждению отдельных электронных компонентов и блоков в целом.

Параллельно идут работы по созданию программ. На данном этапе процедуры, написанные ранее на языке проектирования, описываются на каком-либо языке программирования. Выбор языка программирования принципиального значения не имеет, однако предпочтение следует отдавать языкам низкого уровня с целью повышения быстродействия системы управления. Заканчивается этап созданием объектных модулей (для программных блоков) и конструктивных блоков (для аппаратных модулей).

### 2.1.11 Этап 11

На данном этапе осуществляют компоновку объектных модулей. Сама по себе процедура компоновки много времени не занимает, и можно было не выносить компоновку в отдельный этап. Много времени может потребовать отладка программы и ее тестирование. Для того, чтобы провести достоверное тестирование, необходимо разработать программу тестирования. Это самостоятельная, причем не простая, работа.

Аналогичная работа на данном этапе должна быть проведена и с аппаратными модулями. Кроме проверки на работоспособность, блоки могут быть подвергнуты климатическим испытаниям, испытаниям на вибростойкость и механическую прочность, и другим. Много хлопот доставляют разработчикам электромагнитные помехи. Работе блока могут мешать помехи, создаваемые самим блоком; создаваемые соседними блоками, а так же эфирные и сетевые.

Если блоки демонстрируют устойчивость к внешним помехам, хлопоты с помехами на этом не заканчиваются. Необходимо, чтобы помехи, создаваемые блоками не превышали предельно допустимых значений, определяемых стандартами (как государственными, так и отраслевыми).

### 2.1.12 Этап 12

Самый сложный и самый интересный, а потому, самый любимый разработчиками, этап. На этом этапе долгий и кропотливый труд по созданию отдельных модулей начинает приносить свои плоды. Система начинает подавать признаки жизни. На данном этапе выявляется максимальное число недоработок. Все, что не было учтено на более ранних этапах, начинает давать о себе знать. Коллектив разработчиков аппаратной и программной частей, которые до этого работали независимо друг от друга, на данном этапе объединяют свои усилия, чтобы максимально эффективно устранить все недоработки. Успех данного этапа во многом определяется тем, насколько корректно были поставлены задачи перед разработчиками в самом начале технического проектирования.

Здесь необходимо подчеркнуть следующий момент. На рисунке 2.1 показана главная ветвь цикла проектирования системы. Однако, на любом из этапов (с 1-го по 12-й) возможен возврат к любому из предыдущих этапов. Этот момент отражен на рисунке 2.1 в этапе 5, когда в результате выработки компромиссного решения происходит уточнение ТЗ. Вследствие каких-либо трудностей в разработке возможны аналогичные возвраты на любой из предыдущих уровней, относительно текущего уровня.

Заканчивается этап первым удачным запуском системы в работу.

### 2.1.13 Этап 13

Наверное, не случайно на этот этап выпал номер 13... Самый скучный этап. Не любят разработчики составлять документацию. Разработчики, как правило, люди творческие, а составление документации — это несколько рутинное занятие. Тем не менее, это один из основных этапов. Продолжительность эксплуатации системы во многом определяется насколько полно и достоверно выполнена документация. Нелюбовь разработчиков к документации общеизвестна. По этой причине, государство законодательно требует создания в проектных организациях специаль-

ных отделов, обеспечивающих соответствие документации требованиям Государственных стандартов.

Каждый документ подписывает разработчик данного документа в соответствующей графе углового штампа и представитель отдела контроля в графе «Н. контроль» (нормоконтроль).

#### **2.1.14 Этап 14**

После завершения работ по запуску и отладке системы, проводятся ее испытания на территории Исполнителя. Испытания первоначально проводятся самими разработчиками. Если система устойчиво работает, на испытания приглашаются представители Заказчика. Присутствие Заказчика необходимо не столько для контроля, сколько для помощи в проведении испытаний. Трудность этапа состоит в том, что система находится в лабораторных условиях, где многие условия и режимы не соответствуют режимам эксплуатации. К примеру, система будет эксплуатироваться в открытом космосе. Это невесомость, космическая радиация и космические температуры, а еще потоки плазмы, метеориты, пыль. Это только то, что мы уже знаем, а мы еще многого не знаем о космосе. В этих вопросах Заказчик всегда более компетентен, чем Исполнитель и может подсказать, как корректнее проимитировать те или иные режимы работы системы. Заканчивается этап протоколом испытаний, который подписывают как представители Заказчика, так и представители Исполнителя.

#### **2.1.15 Этап 15**

Данный этап особых пояснений не требует. Если в процессе испытаний выявлены недоработки, они устраняются и *в обязательном порядке* вносятся в документацию.

#### **2.1.16 Этап 16**

Система создана, отлажена, испытана. Казалось бы, работа закончена, но дело в том, что внешних факторов, влияющих на поведение системы такое разнообразие, что всех их учесть в лабораторных условиях невозможно.

Несколько примеров из практики. В Иркутской области построен зернообрабатывающий комплекс. Все агрегаты по отдельности проверены. Все в исправном состоянии. Начинается последовательный запуск оборудования всего технологического процесса. Доходит очередь до запуска двигателя вентилятора сушильной шахты. Свет тухнет. Все оборудование отключается. В чем причина? Для привода вентилятора использовался обычный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. Как известно, пусковые токи таких двигателей могут превышать номинальный ток в 3,5–5,5 раз. Если мощность сети достаточна, то запуск двигателя длится доли секунды. Если мощность сети ограничена, то пусковой ток приводит к большим падениям напряжения, как на трансформаторе питающей подстанции, так и на линиях электропередачи. Это приводит к тому, что пусковой ток не может развиться до паспортного значения. Следовательно, не достигает необходимого значения и момент на валу двигателя. Ротор хоть и начинает вращаться, но очень медленно. В результате, противоэдс двигателя, обусловленная вращением ротора в магнитном поле, остается незначительной. При этом снижение пускового тока практически не происходит. Круг замкнулся. Двигатель сам себя лишил электроэнергии. Кто бы мог подумать, что завод строится, а электрическая подстанция для его питания — нет?

На одном томском предприятии автоматизированный электропривод «отказался работать» из-за большого перескока фаз. На заводе «Амурсталь» системе электропитания, разработанной томичами, пришлось выдерживать броски тока в 7 раз превышающие номинальное значение. Первоначально система в соответствии с ТЗ разрабатывалась с учетом перегрузки в 1,2 раза, т.е. всего лишь на 20 %, а не на 600 %!

Приведенные примеры можно отнести к предсказуемым. А вот в каком месте технологического оборудования зернообрабатывающего комплекса голубям понравится устраивать гнезда, предсказать труднее. Дело в том, что зернообрабатывающий комплекс работает преимущественно осенью и зимой, а голуби выют гнезда весной и летом... Крысы пытаются грызть изоляцию независимо от времени года. Большой вины разработчиков в появлении такого рода неисправностей нет, однако и полностью

устраниться от ликвидации таких аварий разработчику тоже не удается.

Заканчивается этап подписанием акта передачи оборудования в эксплуатацию. На этом работу по созданию системы можно было бы считать законченной, но мы не случайно говорим о «цикле проектирования системы». Цикл предусматривает возврат в исходную точку процесса. Работы по созданию одной системы еще завершаются, а по созданию следующей начинаются. Для того, чтобы последующие системы были более совершенные, чем предыдущие, Разработчик, как правило, осуществляет авторский надзор за работой системы, или еще говорят «сопровождение производства». Это дает Заказчику определенные гарантии, а Разработчику — опыт и потенциального Заказчика на последующие разработки.

## 2.2 Принципы проектирования систем управления

В начале главы мы нарисовали организационную структуру предприятия. Мы будем к ней обращаться еще неоднократно. На данном этапе следует обратить внимание на то, что каждый из уровней системы выполняет **всю** работу предприятия. Это несколько неожиданный тезис. Давайте попробуем с ним разобраться.

На предприятии существует руководитель. Не важно, как мы его назовем. Для небольшого предприятия — это директор, для крупного — генеральный директор, для больницы — главный врач и т.д. Руководитель (директор) решает на предприятии все вопросы: кадровые, финансовые, вопросы качества, вопросы безопасности и производственной санитарии, социальные вопросы, экологические и т.д. Директор отвечает перед мэром города даже за фасад здания и чистоту прилегающей территории. За все спрашивают именно с директора.

С другой стороны, все что создано человеком — здания, дороги, машины создано руками рядовых рабочих — плотников, маляров, слесарей... Ни один руководитель в создании материальных благ непосредственно участия не принимает.

Из этого противоречия вытекает скрытый антагонизм между руководящими и рядовыми слоями общества. Каждый слой ис-

кренне считает, что это именно он создал все материальные блага. Каждый слой в этом частично прав.

Техническая система несколько проще, чем социальная. Она лишена таких свойств, как амбиции, обиды, зависть... Тем не менее нам необходимо определиться, какому слою нужно отдать предпочтение при создании системы.

Существует три типа подходов к проектированию систем:

- проектирование сверху или нисходящее проектирование;
- проектирование снизу — восходящее проектирование;
- проектирование от центра.

Рассмотрим эти подходы именно в такой последовательности, потому что именно так распределяются приоритеты.

При создании нового предприятия, одновременно с приказом об учреждении предприятия, выходит приказ о назначении директора на это предприятие.

Предприятия в природе еще нет, а директор уже есть. В новых экономических условиях, предприятие может создать любой гражданин, взяв на себя все хлопоты по его учреждению.

Директор, уяснив все свои задачи, формирует слой своих помощников. При этом, на этапе строительства состав помощников может быть один, а на этапе функционирования предприятия — другой. Количественный состав помощников определяет директор, исходя из принципа разумной достаточности. Чем больше помощников, тем глубже они могут вникать в суть решаемых задач, но тем труднее осуществлять руководство ими. Древние римляне считали, что один руководитель может иметь до пяти подчиненных. Для того чтобы помощники не дублировали работу друг друга и не пытались переложить свои функции и ответственность на других, для каждого сотрудника (вернее не для сотрудника, а для должности, которую сотрудник занимает) составляется должностная инструкция.

Помощники, в свою очередь, тоже формируют себе команды, которые позволят охватить весь круг, решаемых задач. Так продолжается до тех пор, пока бригадиры не укомплектуют свои бригады необходимым количеством рабочих. Действия всех звеньев должны быть согласованными, то есть не мешать и не противоречить действиям других звеньев для реализации единой

задачи, определяемой руководителем. Это позволяет исключить ситуацию: «Вы пока копайте, мы потом скажем где».

Рассмотрим пример с информационной системой. Представим себе, что тысячи программистов решили писать программы каждый на своем языке. Создать после этого транслятор, который бы «понял» все эти программы и операционную систему, которая бы поддерживала эти программы, весьма проблематично. Поэтому, при создании программного продукта следует сначала определиться с операционной системой, затем убедиться, что выбранный транслятор поддерживается данной операционной системой и после этого уже писать собственно программу, а не наоборот.

Нисходящее проектирование позволяет выявлять принципиальные ошибки в проекте на самых ранних этапах работы. Это экономит время и деньги на их устранение.

Нисходящее проектирование позволяет начать отладку системы еще до ее полного завершения. К примеру, программа текстового редактора имеет встроенную процедуру исправления грамматических ошибок. Если мы сначала создадим текстовый редактор, то сможем им пользоваться до создания программы исправления ошибок. А если сначала создать программу исправления ошибок, то исправлять-то будет нечего, т.к. нет текста, который нужно редактировать.

Восходящее проектирование применяется для сравнительно несложных задач при условии наличия опыта по созданию аналогичных систем. Некая фирма, к примеру, много лет занимается созданием систем регулирования температуры в хлебопекарных печах. Поступил заказ на создание системы для прокаливания сварочных электродов. Система, по своим функциям, аналогична предыдущим. Отличие заключается в диапазоне температур. Для прокаливания электродов требуется температура до 600 °С, в то время, как выпечки хлеба не более 300 °С.

Проектируемая система будет отличаться типами датчиков и исполнением нагревательных элементов. Изменение типов датчиков может привести к изменению типов устройств сбора информации. Это обусловлено тем, что датчик температуры может выдавать значение измеряемой величины или в виде изменяющегося сопротивления (как, например, для медного датчика темпе-

ратуры), или в виде значения ЭДС (для термопарных датчиков температуры). Кроме этого, датчик температуры может быть интеллектуальным. В этом случае значение температуры будет представлено в цифровом виде. Функции верхнего уровня при этом останутся без изменения. В этом случае принцип восходящего проектирования оказывается наиболее предпочтительным.

Проектирование от центра имеет меньшее распространение. Этот принцип может быть применен при модернизации системы. Существует довольно сложная система. Существует она давно. Персонал хорошо знает эту систему. Постепенно происходит как моральное, так и физическое старение системы. Средств на полную замену системы нет, как в прочем, нет в этом и экономической целесообразности. В этом случае, стараются оставить средний уровень без изменений, приспособив под него современные средства диспетчеризации (верхний уровень) и установив современные датчики и исполнительные элементы (нижний уровень).

### **2.3 Дерево вызова процедур**

Ненадолго вернемся к разделению блоков на программные и аппаратные. Нужно четко различать эти блоки, т.к. они имеют разную природу! Эта простая мысль зачастую не понимается. Обусловлено это тем, что мы сами сказали, что один и тот же блок может быть выполнен как аппаратно, так и программно. Если нам нужно отмерить примерно одну минуту времени, мы можем перевернуть песочные часы, и пусть за эту минуту песочек сыпется, а мы можем обмениваться новостями. Время отмеряется аппаратно, а наш «процессор» — мозг свободен от этой работы. Но! Песочные часы нужно купить. А нам они нужны, если нужно отмерить только одну минуту и ту — примерно? Мы можем, не спеша посчитать от нуля до шестидесяти. Время отмеряется программно. На часах мы экономим, но «процессор» загружен. Новостями мы уже не обмениваемся. Даже если мы не будем проговаривать вслух числа, все равно мозг загружен. Мы просто не осознаем тот объем работы, который выполняет мозг по управлению синтезом звуков. Не случайно ребенок учится говорить больше года. Итак, как только мы провели разделение блоков, они стали различаться принципиально. Аппаратные блоки будут



изготавливать механики, слесари, электронщики, монтажники и т.д. Программные блоки будут разрабатывать программисты. И та и другая работа должна быть скоординированной, т.е. выполняться целенаправленно и согласованно.

Для согласованной работы программистов, все программные блоки должны быть представлены в виде единого программного продукта. Это реализуется через разработку дерева вызова процедур.

На рисунке 2.2 изображена структура предприятия. Если на рисунке прямоугольники заменить точками (узлами) то мы получим картинку, изображенную на рисунке 2.4, а. Потому и называют такую структуру древовидной, что она напоминает корневую систему дерева или перевернутую ветвящуюся крону, кому как нравится.

Если мы теперь мысленно повернем картинку на угол  $90^\circ$ , получим рисунок 2.4, б. Остается несколько видоизменить эту картинку, и мы получим рисунок 2.4в, которым принято изображать дерево вызова процедур.

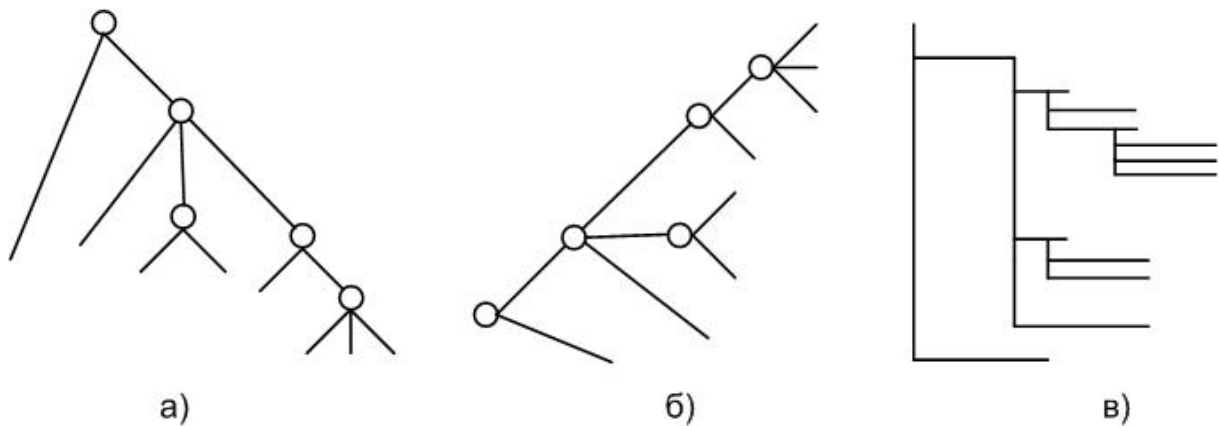


Рисунок 2.4 — Варианты представления иерархической структуры

Если должности сотрудников представить в виде процедур, то мы получим следующее дерево вызова процедур (рисунок 2.5).

Такая картинка должна быть близка и понятна любому пользователю компьютера. Именно так выглядят директории хранимых файлов. Между деревом вызова процедур и деревом каталогов много общего. К сожалению, Windows вводит пользователей в за-

блуждение. Создается впечатление, что из любой программы можно одним кликом мышки обратиться к любому файлу.

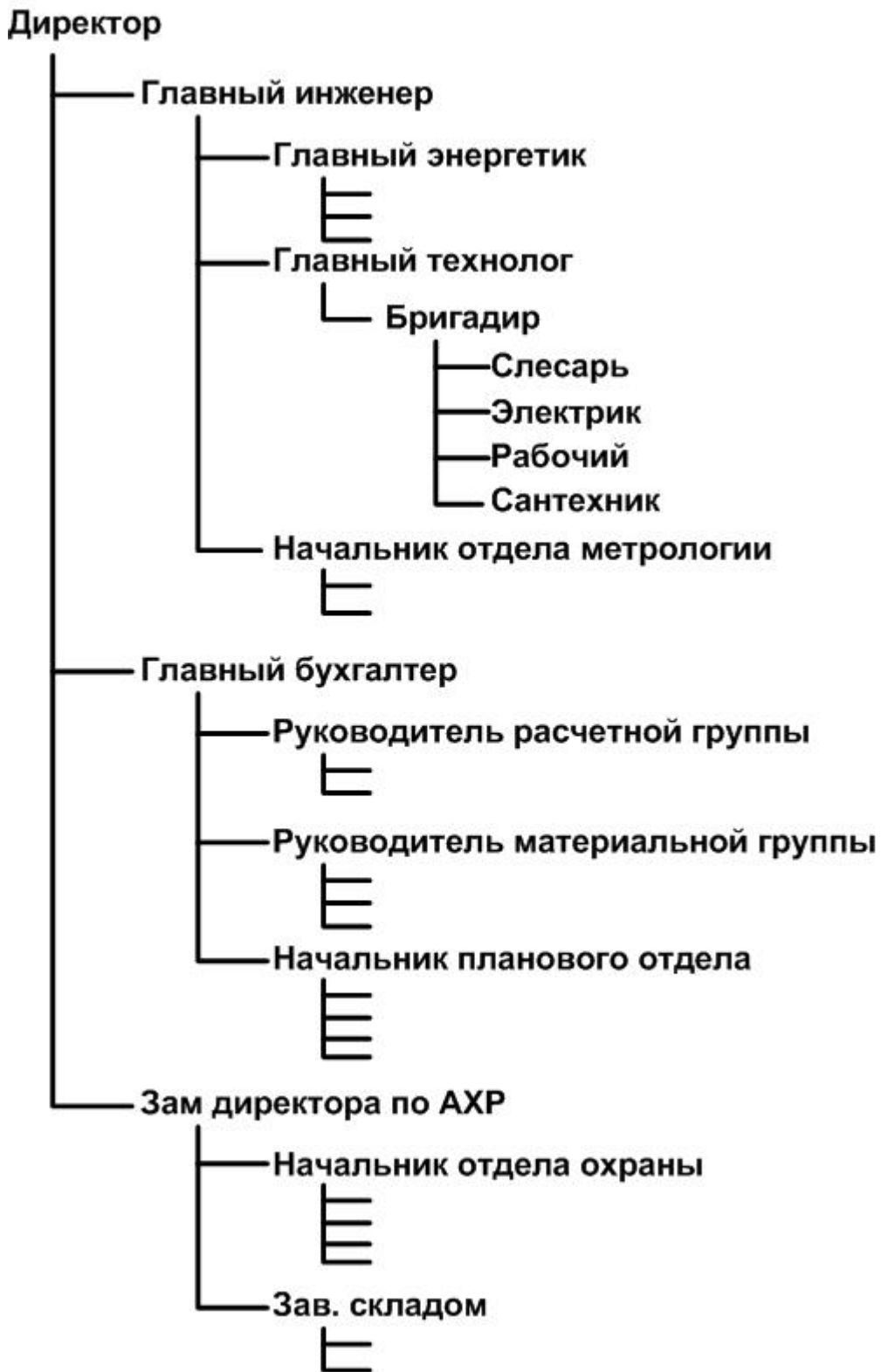


Рисунок 2.5 — Структура предприятия в виде дерева вызова процедур

Технически это действительно так. Это позволяет осуществить удобный интерфейс пользователя. Но мы-то знаем, что для того, чтобы открыть какой-то файл, мы должны последовательно открыть все папки, в которые он вложен, начиная с главной.

На рисунке 2.4 показана подробная трансформация дерева, для того, чтобы не возникло путаницы с иерархией функций. Если на рисунке 2.2 «главнее» та функция, которая расположена в более высоком уровне, то на рисунке 2.4 — та, которая расположена левее, а не выше! Сопоставляя эти два рисунка, отметим еще несколько важных моментов:

1) Любая функция может вызвать другую функцию, если она находится в непосредственном подчинении вызывающей функции.

Уточним:

1.1) Функция не может вызвать другую функцию, находящуюся на более низком уровне иерархии, если между ними есть промежуточные звенья (промежуточные функции);

1.2) Функция не может вызвать функцию, находящуюся на более низком уровне иерархии, если между ними нет непосредственной связи (вызываемая функция подчинена другой функции);

1.3) Функция не может вызвать ни одну из функций, если они расположены на более высоком уровне иерархии;

2) Функция не может вызывать функции, которые находятся с ней на одном уровне иерархии;

3) Вызываемая функция после завершения своей работы должна обязательно передать управление вызывающей ее функции. Следует подчеркнуть, что передача управления происходит независимо от того, выполнена поставленная задача функцией или нет. Если задача выполнена, то вызывающей функции передается управление и выходные параметры вызываемой функции. Если задача не выполнена, вызывающей функции передается управление и код ошибки вызываемой функции;

4) Процедура не может вызывать сама себя.

Приведем примеры, поясняющие эти моменты:

- 1) Директор, выполняя какую-то программу, может вызвать либо гл. инженера, либо гл. бухгалтера, либо зам. директора по АХР. В жизни он может вызвать их всех одновременно и провести совещание; в нашем программном обеспечении вызов может осуществлять только одного подчиненного. Зам. директора по АХР может вызвать либо начальника отд. охраны либо зав. складом и т.д.;
  - 1.1) Гл. инженер не может вызвать электрика; гл. бухгалтер не может вызвать кассира; зам. директора по АХР не может вызвать кладовщика;
  - 1.2) Гл. инженер не может вызвать зав. складом; зам. директора по АХР не может вызвать начальника отд. метрологии и т.д;
  - 1.3) Гл. технолог не может вызвать гл. инженера; начальник отд. охраны не может вызвать зам. директора по АХР;
- 2) Гл. бухгалтер не может вызвать гл. инженера. Слесарь не может вызвать кладовщика;
- 3) На этом пункте остановимся подробнее. Пусть бригадир ремонтников поручил слесарю Коле нарезать резьбу на двадцати анкерных болтах. Слесарь Коля начал работу и сломал плашку (инструмент для нарезания наружной резьбы). У слесаря Коли несколько вариантов поведения. Он может пойти за плашкой к слесарю Пете, может пойти на склад к кладовщице Дусе, может пойти на перекур. А что он должен делать? Он обязан прекратить работу и сообщить бригадиру ремонтников о том, что работа остановлена из-за поломки инструмента. Решение о дальнейших действиях будет принимать бригадир ремонтников. Если бы это правило выполнялось, производство работало бы гораздо эффективнее. Если предприятия при нарушениях этих правил хоть не эффективно, но работают, то программное обеспечение не будет работать вообще;
- 4) Вообще-то процедура может вызывать сама себя. Такая процедура называется рекурсивной.

Нужно понимать, что данное учебное пособие не является фундаментальным трудом, охватывающим все аспекты и проблемы создания автоматических систем. Его назначение — дать начальное представление о цикле проектирования системы управления. В связи с этим, мы сознательно несколько упрощаем отдельные вопросы, чтобы не запутать читателя.

Отличие организационной структуры предприятия от организации программного обеспечения в том, что на предприятии одновременно работают практически все звенья аппарата управления, а в программе работает только одна процедура. Следует оговориться, что здесь и далее по тексту мы рассматриваем однопроцессорные системы управления. Исключение составляют системы, содержащие кроме центрального процессора, процессоры в составе подчиненных контроллеров.

В чем специфика однопроцессорных систем управления?

Во-первых. Процессор должен следить за всеми процессами, происходящими в системе. Так как процессор один, то должен быть организован последовательный опрос всех элементов системы. Следует оговориться, что отдельные устройства могут и не опрашиваться, а взаимодействовать с процессором через механизм прерываний. Однако, и в этом случае в каждый момент времени процессор выполняет только одну операцию. При этом, очередность операций изменяется, но последовательный характер выполнения операций сохраняется.

Во-вторых. Так как опрос всех элементов производится последовательно во времени, следовательно, процессор должен обладать необходимым быстродействием. Быстродействия каналов связи, датчиков и исполнительных элементов мы пока не касаемся.

В-третьих. Программное обеспечение должно быть организовано таким образом, чтобы процессор не задерживался на решении частных задач. Рассмотрим пример. Существует система управления микроклиматом в гостиничном комплексе. Эта система обеспечивает требуемый уровень комфорта в номерах, где проживают люди, и обеспечивает минимальные климатические параметры в номерах, где люди временно не проживают. В какой-то момент времени потребуется подготовить один из номеров к приему жильцов. Если дело происходит зимой, то температура в номере находилась ниже уровня комфортности и процес-

сор должен повысить ее до необходимого значения. Если процессор будет заниматься управлением калориферов и вентиляторов до тех пор, пока не достигнет требуемых параметров в данном номере, во всех остальных номерах люди замерзнут.

Для исключения таких ситуаций, следует аккуратно использовать конструкции цикла. (О конструкциях мы будем говорить в следующей главе). Алгоритм решения этой частной задачи должен быть примерно следующим. Процессор опрашивает датчики температуры. Температура ниже уровня комфортности, тогда он запрашивает статус комнаты. Комната должна быть подготовлена к заселению, тогда необходимо включить нагреватели. После того, как процессор выдал команду на включение нагревателей, он должен перейти к решению очередных задач. Пока процессор занимается другими номерами, другими задачами, подготовка номера уже идет.

## **2.4 Проектирование программных процедур**

Для описания функционирования модулей системы управления будем пользоваться специальным языком проектирования. Это относится в первую очередь, к описанию функционирования программных модулей, хотя в принципе он годится и для аппаратных модулей.

Основная цель языка проектирования — формализовать функциональное описание таким образом, чтобы в дальнейшем можно было без особого труда составить соответствующую данной процедуре программу на конкретном языке программирования.

Язык проектирования должен быть простым и доступным, так, чтобы его мог понять любой человек, и, очевидно, не в последнюю очередь Заказчик, с которым можно было бы обсудить какие-то проблемы, касающиеся функционального построения модулей. В таком случае все описательные конструкции должны быть выполнены на русском языке, не привязываясь к конкретным алгоритмическим языкам, и к конкретным компьютерам.

Мы уже говорили о предпочтительности применения принципа нисходящего проектирования, поэтому разработку программных процедур мы должны начинать именно с главной процедуры. В различных системах эту процедуру называют по-

разному: монитор, супервизор, исполнительная процедура и др. Мы в дальнейшем будем называть ее управляющей процедурой или процедурой управления. Остальные процедуры должны быть на более низком по иерархии уровне, причем каждый последующий уровень имеет все более подробное описание модуля, так что процедуры самого нижнего уровня имеют дело с конкретным переключателем, контактом, элементом схемы.

Управляющая процедура не должна выполнять функции процедур нижнего уровня, не проводить анализ, не управлять вводом-выводом, не работать с конкретными устройствами. Это касается любого управления. Ведь если директор завода или начальник цеха начнут работать на станках, вместо того, чтобы организовать производство, то ничего хорошего из этого не получится.

Следовательно, управляющая процедура должна иметь средства для вызова процедур нижнего уровня, а процедуры нижнего уровня, очевидно, должны иметь средства для общения с управляющей процедурой, для оперативного обмена информацией.

Любая процедура должна быть соответствующим образом конструктивно оформлена. Она должна иметь имя (идентификатор), каким-то образом раскрывающее суть данной процедуры. Необходимо каждую процедуру сопровождать комментарием, в котором следует указать автора разработки; дату проектирования процедуры; имена всех, кто вносил изменения в процедуры; даты внесения изменений; имя модуля, которому принадлежит данная процедура; имена всех процедур, которые вызывает данная процедура; имена всех процедур, которые вызывают данную процедуру и другие данные, которые проектировщик желает зафиксировать. Каждая процедура, кроме того, должна иметь входные параметры, передаваемые в процедуру при ее выполнении, и выходные параметры, являющиеся результатом выполнения данной процедуры. Входные параметры для вызываемой процедуры передаются из вызывающей процедуры, а выходные, наоборот, передаются из вызываемой в вызывающую, так что одни и те же параметры для одной процедуры являются входными, а для другой — выходными.

Каждая процедура имеет начало и конец, что должно отмечаться соответствующим образом: НАЧАЛО ПРОЦЕДУРЫ...

**КОНЕЦ ПРОЦЕДУРЫ.** Между началом и концом расположены операторы процедуры.

Таким образом, конструктивно оформление процедуры имеет следующий вид:

**ПРОЦЕДУРА:** ИМЯ (Входные параметры; Выходные параметры)

Комментарий

**НАЧАЛО ПРОЦЕДУРЫ**

Операторы процедуры

**КОНЕЦ ПРОЦЕДУРЫ**

Если входные или выходные параметры отсутствуют, то в скобках на соответствующем месте ничего не указывается. Если параметров несколько, то они разделяются запятыми. Между входными и выходными параметрами ставится точка с запятой.

В случае, когда одна процедура вызывает другую, конструктивное выполнение выглядит следующим образом:

**ВЫЗОВ:** ИМЯ ПРОЦЕДУРЫ (Входные параметры; Выходные параметры)

Вызываемая процедура должна обязательно иметь оператор **ВОЗВРАТ**, по которому управление передается в вызывающую процедуру. Рассмотрим, как оформляются на языке проектирования конструкции, известные нам из языков высокого уровня.

Конструкции присваивания

**УСТАНОВИТЬ... НА (В)...**

**УСТАНОВИТЬ...**

**СБРОСИТЬ**

Например, **УСТАНОВИТЬ ЗАДЕРЖКУ НА 5 СЕКУНД** или **УСТАНОВИТЬ ЗАПРЕТ ПРЕРЫВАНИЙ**.



## Условные конструкции

ЕСЛИ условие проверки есть «истина»  
ТО выполнить что-либо

ЕСЛИ условие проверки есть «истина»  
ТО выполнить что-либо  
ИНАЧЕ выполнить что-либо другое

Например:

Если  $U_{\text{ВЫХ}} > U_{\text{зад}} + \Delta U$ , то  
ВЫЗОВ: СНИЖЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ

## Конструкции цикла

ВЫПОЛНИТЬ ДЛЯ КАЖДОГО... набора предметов

•  
•  
•

КОНЕЦ

ВЫПОЛНЯТЬ НЕПРЕРЫВНО

•  
•  
•

КОНЕЦ

ВЫПОЛНЯТЬ ПОКА условие проверки есть «истина»

•  
•  
•

КОНЕЦ

Если нам необходимо использовать составной оператор, то применяется конструкция, аналогичная конструкции языка Паскаль.

НАЧАЛО

•  
•  
•

КОНЕЦ

Примеры написания процедур на языке проектирования мы рассмотрим применительно к СГЭП телефонной станции в главе 3.

## 2.5 Общие требования к разрабатываемым автоматическим системам

С методологической точки зрения этот раздел следовало бы поместить в начале главы. Авторы не стали этого делать для того, чтобы быстрее приступить к сути проектирования. Это, по мнению авторов, обосновано, т. к. общие требования к системе, технически грамотному человеку, должны быть интуитивно понятны. После того, как мы рассмотрели цикл проектирования системы, давайте озвучим эти требования.

Первое требование — это УДОБСТВО. Вообще-то, система разрабатывается не для того, чтобы узкому кругу специалистов создать удобства. Вернее, это важно, но не главное для системы. Почему тогда этот параметр озвучен первым?

Когда мы говорим об анализе технического задания, то отметим, что необходимо разработать **проблематику**. Так вот, если тому узкому кругу специалистов система понравится, то у Исполнителя на одну проблему станет меньше. Человеческий фактор на этапе внедрения может оказаться решающим. Удобство системы зависит от того, насколько удачно разработан интерфейс пользователя; насколько снизился уровень шумов и вибрации; влияет ли применение данной системы на параметры микроклимата т.д.

При этом, если внедрение системы существенно повысит благосостояние пользователя, то он согласится на небольшие неудобства.

Здесь следует дать пояснение, о каком Пользователе идет речь? Автоматическая система подразумевает работу без участия человека, следовательно, Пользователя быть не должно?

Мы уже говорили о том, что любая система является составной частью системы более высокого порядка. Пусть, мы создали систему гарантированного электропитания телефонной станции (этот пример мы рассмотрим в следующей главе подробно). В этом случае, с телефонной станции можно убрать всех электриков. СГЭП будет функционировать в автоматическом режиме, но только до тех пор, пока не возникнет аппаратная неисправность, которая не может быть ликвидирована программными средствами. Например, вышел из строя один из стабилизаторов. Это еще не авария, т.к. имеются другие стабилизаторы, но если его не ввести в строй, то возможна авария вследствие недостатка мощности оставшихся стабилизаторов при питании мощной нагрузки в автономном режиме. Система должна обнаружить выход из строя стабилизатора и сообщить на диспетчерский пункт **центральной** телефонной станции. Содержать штат электриков, обслуживающих город, экономически целесообразнее, чем содержать их на каждой станции. В данном случае, Пользователем разработанной автоматической системы будет являться диспетчер центральной телефонной станции.

Следующее требование — **простота** системы. Этот термин является устоявшимся и подразумевает собой простоту системы с точки зрения ее эксплуатации. Сравнить две системы по этому параметру не трудно. Та система проще, которая требует меньшей квалификации персонала, который ее обслуживает. При одних и тех же характеристиках (функциях) системы сделать ее простой сложно, а сложной — проще. Существует обратно пропорциональная зависимость: чем больше в систему «вложено мозгов» при ее создании, тем меньше их требуется при эксплуатации системы. Разработчик всегда должен помнить о том, что эксплуатировать его разработку всегда будет человек меньшей квалификации, чем сам Разработчик. И этот человек с эксплуатацией должен справиться. Важным требованием является **надеж-**

**ность.** Говорить об экономической эффективности системы, ее безопасной эксплуатации, удобстве и т.д. не имеет смысла, если система будет ненадежной. Этот параметр довольно сложный. Его сложно формализовать, сложно проверить, сложно даже задать.

Надежность устройства или системы задают или через время наработки на отказ, или через число циклов срабатывания, или через любой другой параметр, который можно было бы измерить или сосчитать.

Сколько циклов работы должно выдержать устройство? Если искусственный клапан сердца сработал 500 тыс. раз и вышел из строя, то это очень ненадежный клапан. Если детонатор в гранате один раз сработал, значит, это устройство надежное.

С системами оценка надежности еще сложнее. Тем не менее, надежность нужно каким-то образом оценивать и каким-то образом повышать.

Существует два основных способа повышения надежности — это дублирование и резервирование.

Рассмотрим ракетно-зенитный комплекс противовоздушной обороны. Это сложная система, которая включает, в частности, в себя систему наведения и средства поражения.

Давайте систему наведения задублируем, а средство поражения зарезервируем. Для этого, можно обеспечить наведение ракеты путем радиолокации и, параллельно с ней, путем визуального сопровождения. Таким образом, будут работать две независимые подсистемы: радиотехническая и оптическая для выполнения одной и той же функции. Если этого мало, можно поставить еще тепловизионную систему, эхолокационную и т.д. Выход из строя одной из подсистем не приводит к выходу из строя всей системы. Теперь о резервировании. Для поражения самолета террориста достаточно одной ракеты. Для повышения надежности пусковая установка имеет 2–3 ракеты. Если этого мало, то весь комплекс содержит в своем составе несколько таких установок...

Следующее свойство — **живучесть**. Под живучестью понимается не способность выживать при неблагоприятных воздействиях, а способность к «долголетию». Любая система имеет определенный жизненный цикл — от появления идеи до старения системы.

Каких-то 50 лет назад человек создал катушечный магнитофон. Не успели все желающие приобрести это чудо техники, как появились кассетные магнитофоны. Затем появились кассетные плееры, затем плееры на CD дисках, на Flash дисках... Каждый раз устройство уменьшалось в объеме в 10–50 раз, что резко повышало его потребительские качества. Старое изделие снималось с производства, а ведь на него потрачены финансовые и материальные ресурсы. Изделие необходимо разработать, испытать, оснастить производственные цеха, изготовить технологическое оборудование и т.д., а затем снять с производства. Этот процесс неизбежен, тем не менее, время жизни любой разработки желательно увеличивать. Это не значит, что нужно пользоваться устаревшим оборудованием. Это значит, что нужно добиваться, чтобы оборудование дольше не старело. Для этого, при разработке нового оборудования — будь то устройство или система, необходимо:

- использовать современную элементную базу;
- применять научные новинки в области технологии и материаловедения;
- создавать системы с некоторым запасом по ресурсам. Например, в то время когда большинство компьютерных приложений требовали 32 Мегабайтную оперативную память, в компьютер устанавливали память в 64 Мегабайта; когда приложения стали требовать 64 Мегабайта, стали ставить 128 Мегабайт и т.д. Это позволяет компьютерам не устаревать в тот же день, когда его собрали;
- отслеживать направления развития науки и техники, и скорость развития.

Рассматривая предыдущий пример, можно предположить, что следует устанавливать память не с двойным запасом, а с учетверенным или еще больше.

Мы не коснулись такого важного требования, как **экономичность**. Это обусловлено тем, что читатель знаком с этим аспектом из курса экономики.

Кроме рассмотренных качеств, ГОСТ Р 15.201-2000 ПРОДУКЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕ-

НИЯ обращает особое внимание Разработчика на обеспечение следующих требований:

- безопасности, охраны здоровья и окружающей среды (в том числе их сохраняемости в процессе эксплуатации продукции);
- ресурсосбережения;
- установленных для условий использования продукции значений показателей, определяющих ее технический уровень;
- устойчивости к внешним воздействиям;
- взаимозаменяемости и совместимости составных частей и продукции в целом.

Приведенными требованиями можно пока ограничиться. В конечном счете, требования к системе определяет Заказчик при условии, что Исполнитель сможет эти требования реализовать, и при этом система не будет угрожать безопасности человека.

## **3 СИСТЕМА ГАРАНТИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ТЕЛЕФОННОЙ СТАНЦИИ**

### **3.1 СГЭП?**

Системы гарантированного электропитания (СГЭП) широко используются в наше время, однако, как и в уже упоминавшемся случае с системами освещения, следует очень внимательно относиться к слову **система**. Так, например, простейший источник вторичного электропитания с подключенными в буферном режиме аккумуляторными батареями, строго говоря, не является системой, хотя может и называться производителями *системой* гарантированного электропитания. В общем случае, СГЭП представляет собой набор различных источников питания соединенных в единую сеть посредством устройств коммутации и общую систему управления. Источники питания могут быть как первичными (атомный реактор, солнечная батарея, химические элементы и другие) так и вторичные (различные электромашинные и статические преобразователи электрической энергии).

В данной главе авторы ставят цель дать представление о функционировании и проектировании автоматических систем

управления на примере системы гарантированного электропитания телефонной станции.

### 3.2 Описание объекта управления

Структурная схема *объекта управления* СГЭП телефонной станции приведена на рисунке 3.1.

*Объектами управления* являются  $n$  стабилизаторов с приборной панелью, подключенных к шине питания нагрузки напряжением 60 В, аккумуляторная батарея и дизель-генератор.

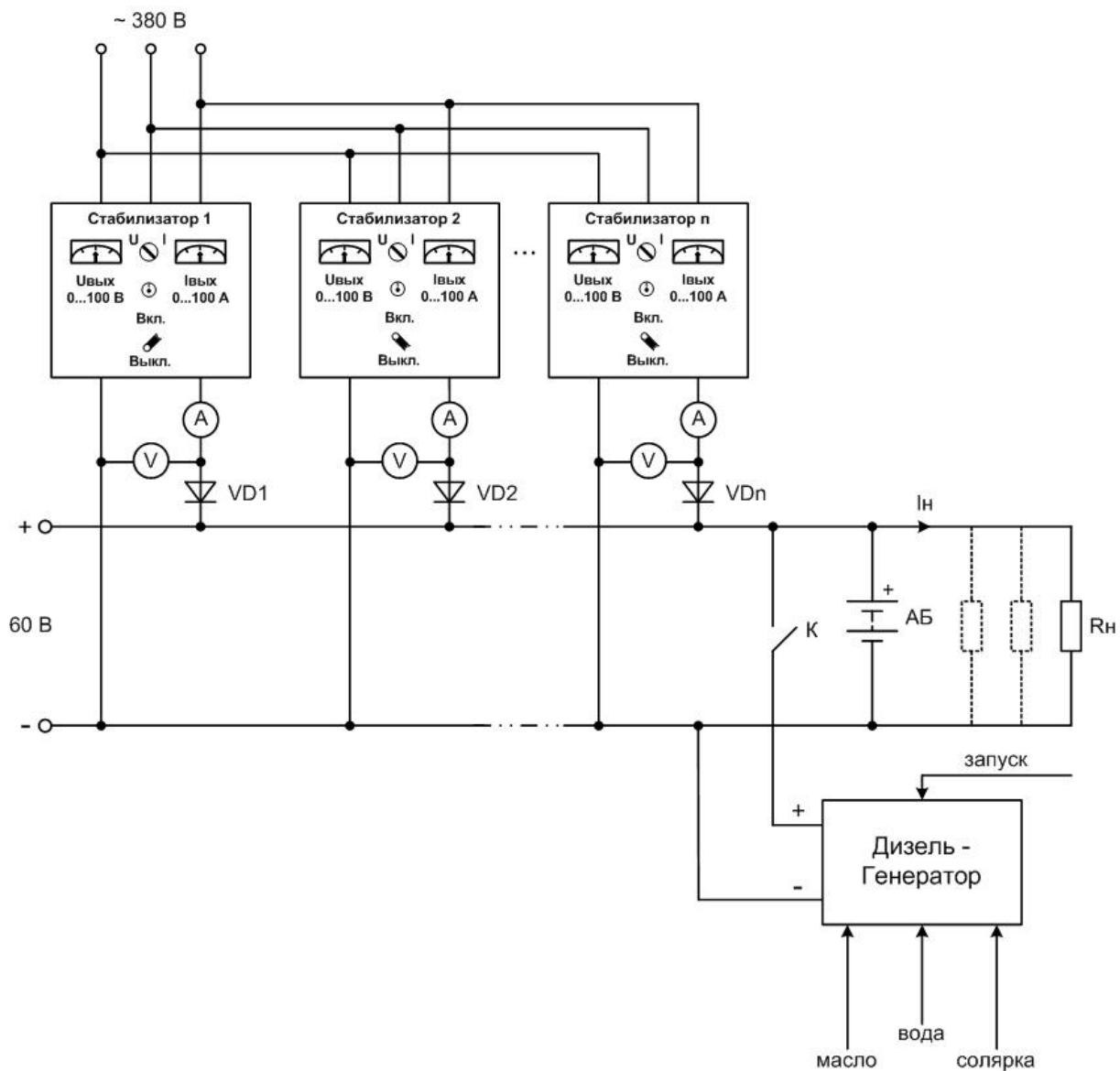


Рисунок 3.1 — Структурная схема объекта управления

Приборная панель стабилизаторов содержит измерительные приборы, показывающие выходные величины стабилизатора ( $U_{\text{ВЫХ}}$ ,  $I_{\text{ВЫХ}}$ ), переключатель режима стабилизации (напряжение/ток) и регулятор выходной величины. Диоды  $VD_1 \dots VD_n$  служат для развязки источников питания по постоянному току.

Источниками питания телефонной станции являются:

- статические преобразователи электрической энергии (на рисунке 3.1 они обозначены как стабилизатор 1... стабилизатор n);
- химическая аккумуляторная батарея АБ;
- дизель-генератор.

Статические преобразователи имеют два режима работы — режим стабилизации напряжения и режим стабилизации тока. Для изменения режима работы достаточно перевести переключатель в соответствующее положение (на рисунке 3.1 он обозначен U/I).

Все преобразователи своими входными и выходными зажимами стационарно подсоединены к соответствующим цепям. Питание преобразователей осуществляется от трехфазной промышленной сети переменного напряжения 380 В с частотой 50 Гц.

Для ввода преобразователя в работу достаточно перевести переключатель «Вкл./Выкл.» в соответствующее положение.

Отечественной промышленностью выпускаются преобразователи для питания телефонных станций на различные рабочие токи от 50 до 500 А. Применение источников на большие токи не всегда целесообразно. Это обусловлено тем, что источники на 500 А имеют вес и габариты, затрудняющие транспортировку и монтаж в уже построенном помещении. С учетом того, что СГЭП, как правило, располагается в цокольном, либо в подвальном помещении, транспортировка еще более усложняется. Кроме того Инспекция электросвязи требует наличия резервных источников питания, Иметь резервный источник на 100 А экономически целесообразнее, чем иметь в резерве источник на 500 А. С учетом вышесказанного рассмотрим схему, имеющую в своем составе несколько преобразователей на ток 100 А и максимальное напряжение 100 В.

Аккумуляторная батарея представляет собой совокупность от 20-ти до 30-ти химических элементов, соединенных последовательно. Каждый элемент представляет собой резервуар с кисло-



той объемом около 150 литров, в который помещены свинцовые пластины. Батарея смонтирована в отдельном, хорошо вентилируемом помещении и стационарно подключена к шинам нагрузки.

Дизель-генератор в нормальном режиме работы СГЭП находится в так называемом «холодном резерве». Это значит, что он готов к работе, но отключен. Если запустить дизель в работу и прогреть его, то он перейдет в «горячий резерв». Если теперь подать номинальное возбуждение на генератор, то он перейдет в рабочий режим. Схемы пуска и подключения дизель-генератора к нагрузке могут быть различными. Мы рассматриваем случай, когда выход генератора организован по цепи постоянного тока и запуск дизеля осуществляется от той же аккумуляторной батареи, что и питание нагрузки. Запуск дизеля производится путем включения генератора в режиме двигателя постоянного тока.

### **3.3 Функции персонала по обслуживанию источников питания**

Для создания автоматической системы управления оборудованием телефонной станции необходимо выяснит функции обслуживающего персонала, который необходимо высвободить. Если нам удастся все выявленные функции возложить на автоматику, то персонал может быть высвобожден. Россия сегодня испытывает дефицит рабочей силы. Кроме этого следует учитывать тот факт, что работа в среде испаряющейся кислоты из аккумуляторов оказывает пагубное воздействие на здоровье человека.

На сегодняшний день численность электриков составляет 6 человек на каждую станцию. Электрики осуществляют круглосуточное дежурство на станции. Попробуем разобраться, в чем же состоит их работа.

Начнем с самой простой задачи. Пусть рассматриваемая телефонная станция на некоторое время оказалась отключенной от промышленной электрической сети (рисунок 3.2, момент  $t_1$ ). Пользователи телефонной станции этого даже не заметили, т.к. питание телефонных аппаратов происходило от аккумуляторной батареи.

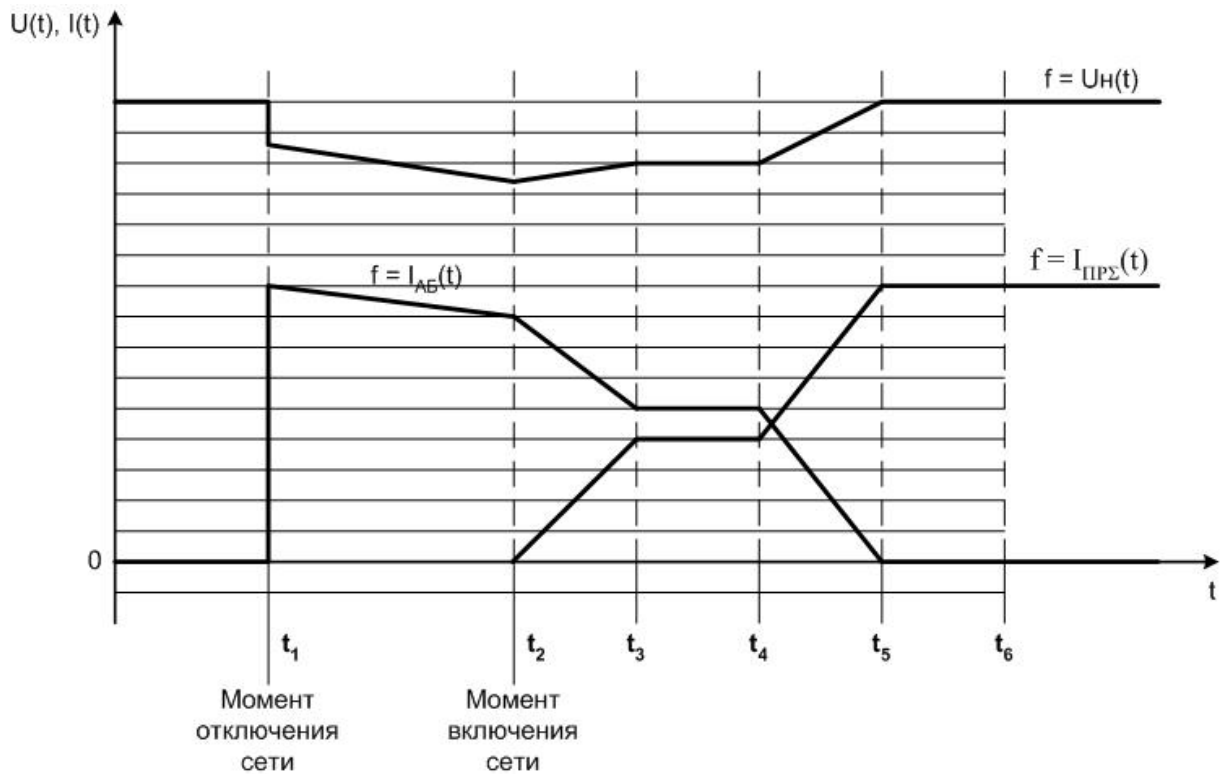


Рисунок 3.2 — Поведение системы при различных состояниях питающей сети

Обратите внимание, что для этого ничего даже включать не пришлось — АБ подключена постоянно. А вот преобразователи отключились. Напряжение на нагрузке скачком несколько снизилось и монотонно продолжает снижаться за счет разряда аккумуляторов. После восстановления электроснабжения (рисунок 3.2, момент  $t_2$ ), необходимо ввести в работу преобразователи, т.к. ресурс АБ ограничен.

Так как потребителям требуется стабильное напряжение, то, казалось бы, необходимо статические преобразователи включить в режим стабилизации напряжения и установить требуемое значение этого параметра. Что произойдет в этом случае? Рассмотрим простую схему предлагаемой электрической цепи — рисунок 3.3.

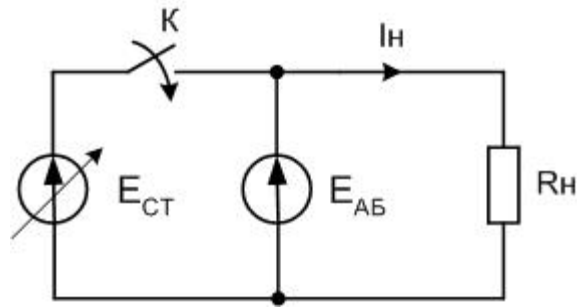


Рисунок 3.3 — Схема силовой цепи

Предположим, что преобразователь является идеальным источником напряжения. Внешняя характеристика источника питания представлена на рисунке 3.4.



Рисунок 3.4 — Внешняя характеристика стабилизатора

Характеристика идеального источника является «абсолютно жесткой», т.е. напряжение на зажимах источника не зависит от величины тока, протекающего через источник. Характеристика аккумуляторной батареи является достаточно жесткой. В этом случае, в схеме рисунок 3.3 ток нагрузки будет потребляться либо от аккумуляторной батареи (если напряжение на аккумуляторной батарее будет больше напряжения преобразователя) либо от преобразователя (если напряжение на аккумуляторной батарее будет меньше напряжения преобразователя). Если предположить, что от аккумулятора потреблялось 250 А, то при включении преобразователя, последний просто выйдет из строя, если не принять никаких мер по его защите. Разделить ток нагрузки между парал-

тельно работающими источниками напряжения с жесткими внешними характеристиками теоретически невозможно.

Для решения этой задачи в схему преобразователя заложена возможность работы в режиме стабилизации тока. Внешне характеристики источников тока приведены на рисунке 3.4. Практически любой источник напряжения может быть преобразован в источник тока путем повышения его внутреннего сопротивления.

Включив преобразователь в режим стабилизации тока (рисунок 3.2, момент  $t_2$ ), можно плавно увеличить ток от нуля до номинального (рисунок 3.2, момент  $t_3$ ), контролируя при этом значение напряжения на нагрузке. В нашем случае напряжение на нагрузке (рисунок 3.2) подрастет на  $1,5 \div 2$  В, но номинального не достигнет. Установив желаемое значение тока первого преобразователя (целесообразно устанавливать ток равный  $0,8 \div 0,9$  от  $I_{max}$ ), можно то же самое проделать со вторым преобразователем. На рисунке 3.2 эти действия отражены на интервале  $t_4 \div t_5$ . Подключение преобразователей в режиме стабилизации тока нужно производить до тех пор (обычно  $2 \div 3$  источника, реже 4), пока напряжение на нагрузке не достигнет или почти достигнет номинального. В этом случае, последний преобразователь необходимо переключить в режим стабилизации напряжения и установить требуемое напряжение (момент времени  $t_6$  на рисунке 3.2). «Перехвата» тока этим стабилизатором в этом случае не произойдет, т.к. предыдущие источники имеют очень мягкие характеристики, и напряжение на их зажимах будет поддерживаться абсолютно равным напряжению на источнике напряжения. На этом работа по решению самой простой задачи заканчивается, но не надолго. Обратите внимание, что ток аккумуляторной батареи изменил свой знак. Происходит заряд батареи. Источники питания работают как на нагрузку, так и на зарядку батареи. Нетрудно предположить, что через некоторое время ток заряда начнет уменьшаться, вследствие повышения равновесной ЭДС аккумулятора. При этом ток, потребляемый от источника напряжения, будет уменьшаться и может достичь нуля. До этого момента напряжение на нагрузке будет оставаться неизменным, а после этого момента источник напряжения просто «запрется» напряжением аккумулятора. С этого момента источник напряжения стоит в горячем резерве, но источники тока работают и обеспечивают задан-

ный им ток! Это приводит к повышению напряжения на зажимах нагрузки и к закипанию электролита в аккумуляторах. Следовательно, при снижении нагрузки нужно уменьшать ток стабилизаторов тока, либо полностью их отключать; при повышении нагрузки необходимо выполнять обратные действия. В течение суток наблюдается несколько пиков нагрузки на телефонную станцию (8, 10, 17 и 20 часов), которые перемежаются спадами нагрузки. График нагрузки зависит от многих факторов и зачастую непредсказуем. Дежурный электрик круглосуточно поддерживает динамический запас тока стабилизатора напряжения.

В случае отключения промышленной сети на продолжительное время, может потребоваться запуск в работу дизель-генератора. А что значит продолжительное время? Сеть отключилась. Прошло сорок минут — это много или мало? Для ответа на этот вопрос необходимо знать, как минимум, значение емкости аккумуляторной батареи, Емкость батареи зависит от начального значения емкости, от срока эксплуатации, от величины плотности электролита, от температуры и от значения тока, которым она разряжается. Есть понятие «ток двадцатичасового разряда». Это тот ток, для которого определяется емкость батареи. Так, например, если говорят, что емкость автомобильного аккумулятора 60 А·ч, это значит, что аккумулятор должен отдавать ток 3А в течение 20 часов. Если разряжать аккумулятор током 6А, то он разрядится раньше, чем за 10 часов. Если разряжать тот же аккумулятор током 1А, то он будет разряжаться более 60 часов.

На рисунке 3.5 приведена зависимость напряжения на зажимах аккумулятора от времени для различных значений кратности тока двадцатичасового разряда  $I_{20}$ .

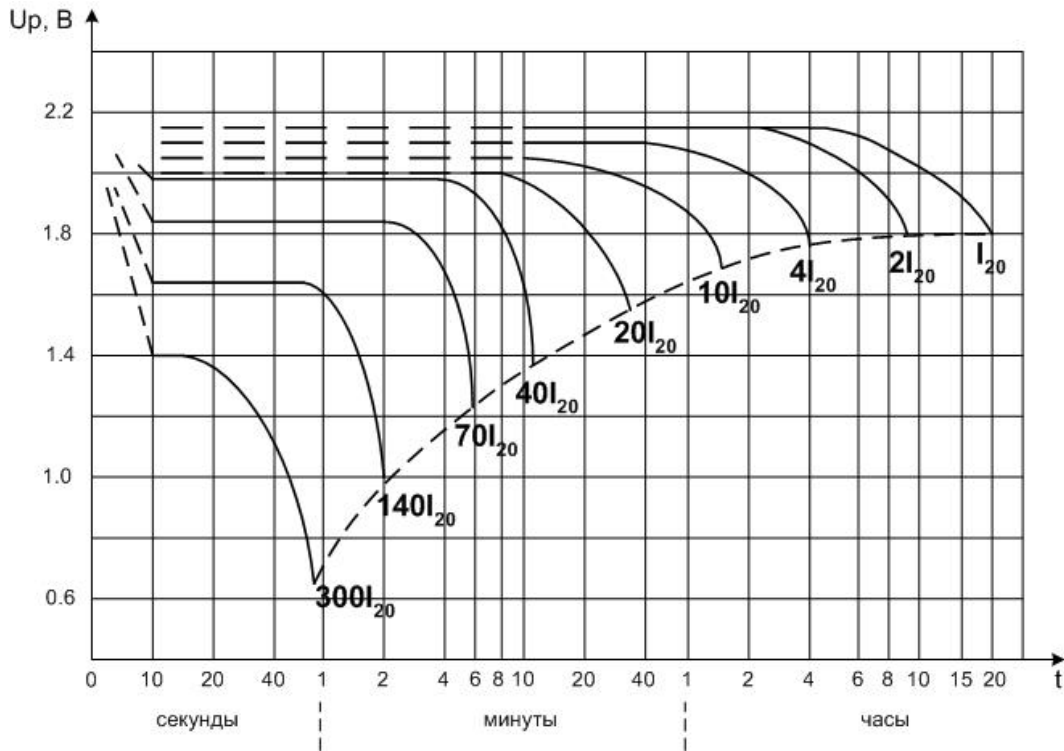


Рисунок 3.5 — Разрядная характеристика свинцовой АКБ

Зная емкость батареи в настоящий момент, можно спрогнозировать допустимое время работы батареи при заданном токе. Термин «спрогнозировать» использован не случайно, т.к. точный расчет произвести невозможно вследствие переменного характера нагрузки. Иметь значение емкости в настоящий момент можно только при условии периодического тестирования батареи. Методика тестирования выходит за рамки нашего курса. Нам только необходимо помнить о том, что обслуживающий персонал обязан проводить тестирование, а, следовательно, и разрабатываемая система управления должна эту функцию выполнять. В очень упрощенном виде, тестирование заключается в отключении вторичных источников питания и измерении тока нагрузки до момента снижения напряжения на аккумуляторе до допустимого значения. После этого емкость определяется как интеграл тока нагрузки по времени. Напомним, что все эти рассуждения мы провели для того, чтобы решить, а когда, собственно, необходимо включать дизель-генератор? Ответа на этот вопрос все еще нет. Допустим, мы знаем емкость батареи на текущий момент, знаем ток нагрузки; можем спрогнозировать время, когда емкость разрядится до допустимого значения. Если мы начнем запускать дизель по исте-

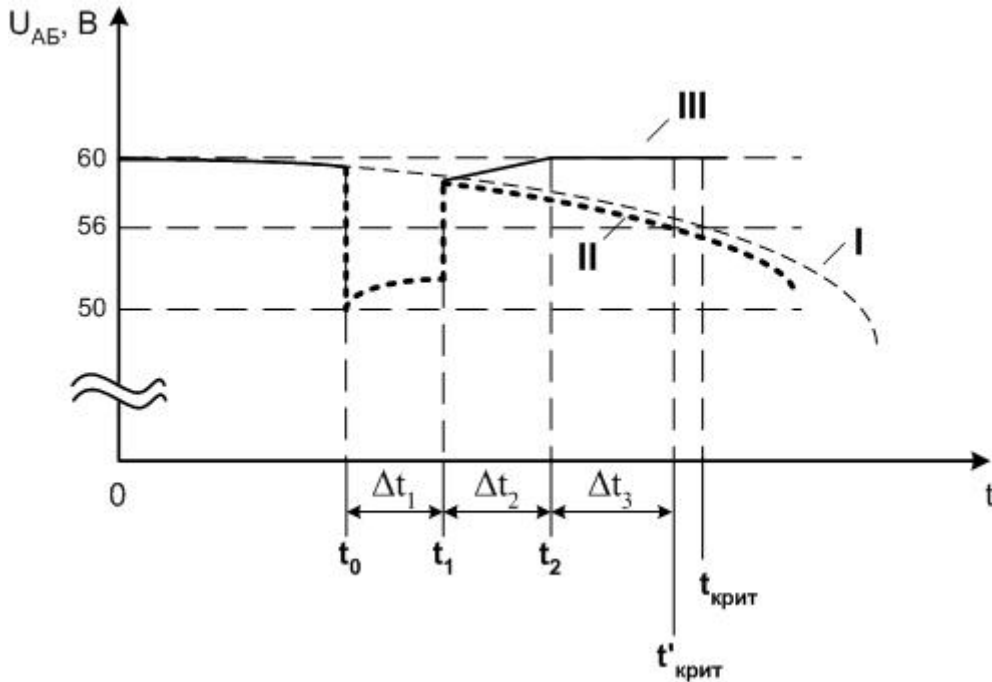
чению указанного времени, то мы оставим город без телефонной связи. Для того, чтобы запитать станцию от дизель-генератора, необходимо дизель запустить, прогреть, вывести на рабочий режим, плавно подать возбуждение на генератор и только после этого нужно будет просто следить за работой дизель-генератора — за его питанием, тепловым режимом, системой смазки и т.д.

Вот теперь, экспериментально получив времена пуска, прогрева и вывода на режим дизель-генератора мы можем как-то скорректировать время запуска дизеля. Мы не оговорили еще ситуации, когда дизель-генератор не запустился... Так как генератор запускается в двигательный режим от той же АБ, что и нагрузка, следовательно он также способствует разряду аккумулятора. При этом ток, потребляемый генератором, может быть соизмерим с током нагрузки. Это необходимо предусмотреть на этапе составления технического задания и согласования с заказчиком допустимого кратковременного снижения напряжения на нагрузке.

На рисунке 3.6 показаны эпюры напряжения на аккумуляторной батарее. Пунктиром показано изменение напряжения на аккумуляторе под действием нагрузки во времени без учета запуска дизель-генератора. В момент времени  $t_{крит}$  еще можно включить в работу статические преобразователи без ухудшения качества связи (Если, конечно, к этому времени восстановится промышленное электроснабжение). Точками показано напряжение на аккумуляторе с учетом попытки запуска дизель-генератора. В момент времени  $t_0$  генератор подключается к аккумулятору в двигательном режиме. Это приводит к «просадке» напряжения. На интервале  $\Delta t_1$  происходит раскручивание дизель-генератора. При этом потребляемый ток уменьшается и напряжение пытается вернуться к начальному значению. В момент  $t_1$  происходит запуск дизель-генератора. Обороты резко возрастают, потребление тока двигателем прекращается. Если не обеспечить номинальное возбуждение генератора, то дизель будет работать, но аккумулятор будет продолжать разряжаться (кривая II на рисунке 3.6). Если ток возбуждения плавно повышать, то ЭДС генератора будет повышаться и может быть выведена к моменту

$t_2$  на номинальное значение. Интервал времени  $\Delta t_3$  на рисунке 3.6 напоминает о том, что необходимо иметь запас времени на запуск дизель-генератора в случае неудачной первой попытки.

С учетом всех рассуждений, момент запуска дизель-генератора  $t_0$  может быть определен более объективно.



- I — эпюра напряжения на АБ без учета включения дизель-генератора;
- II — эпюра напряжения на АБ с учетом одной попытки запуска дизель-генератора;
- III — эпюра напряжения на АБ с учетом запуска дизель-генератора и ввода его в работу.

Рисунок 3.6 — Диаграмма напряжения при запуске дизель-генератора

Тестирование дизель-генератора также является функцией дежурного электрика. Периодичность тестирования аккумуляторной батареи и дизель-генератора должно задаваться главным инженером городской телефонной станции на основании рекомендаций заводов-изготовителей.

Рассматривая оборудование телефонной станции, как объект управления, необходимо учесть и характер нагрузки. Одну особенность мы уже рассмотрели — это постоянное изменение во времени величин нагрузки.



Далее потребителями электроэнергии являются средства связи, следовательно, система электропитания в процессе своей работой не должна мешать процессу передачи информации. В связи с этим, требования к абсолютному уровню напряжения на нагрузке ниже, чем требования к уровню пульсаций напряжения. Связь будет устойчивой и при напряжении 62 В и при напряжении 58 В, а вот высокочастотные помехи (звукового диапазона) недопустимы. В связи с этим, постоянно подключенная аккумуляторная батарея не только обеспечивает бесперебойное питание, но и является мощным фильтром высокочастотных помех.

На этом первоначальное знакомство с объектом управления можно закончить и составить техническое задание.

### 3.4 Техническое задание

Исходя из требований к объекту управления, можно составить следующее техническое задание на проектирование системы.

#### ИСПОЛНИТЕЛЬ

Зам. директора по НР НИИ АЭМ  
Степанов А.К.

#### ЗАКАЗЧИК

Начальник ГТС  
Иванов А.И.

« 12 » 12 2006 г.

« 12 » 12 2006 г.

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ на разработку Системы Гарантированного Электропитания телефонной станции (СГЭП)

**Шифр:** «Эффективность».

**Назначение:** СГЭП предназначена для обеспечения питания потребителей качественным напряжением, независимо от промышленной электросети.

**Цель:** Полная автоматизация электроснабжения телефонной станции.

**Объект управления:** СГЭП предприятия имеет в своем составе источники вторичного электропитания (ИВЭП), обеспечивающие стабилизацию либо напряжения, либо тока; аккумуляторные батареи, дизель-генератор.

Автоматическая система должна обеспечивать следующие **функции**:

- 1) ввод в работу ИВЭП и управление их работой;
- 2) отключение стабилизаторов в случае выхода их из строя;
- 3) тестирование аккумуляторных батарей и дизель-генератора;
- 4) запуск дизель-генератора и управление его работой;
- 5) передача на центральный диспетчерский пункт информации о следующих параметрах системы:
  - 5.1) увеличена нагрузка;
  - 5.2) работоспособность ИВЭП;
  - 5.3) состояние аккумуляторных батарей;
  - 5.4) готовность к запуску дизель-генератора;
  - 5.5) включение звуковой сигнализации;
- 6) Дублирование экстренных сообщений звуковыми сигналами.

Система должна обеспечивать следующие **параметры**:

Номинальное напряжение	62 В
Точность стабилизации по напряжению	0,5 %
Точность стабилизации по току	10 %
Регулирование загрузки стабилизаторов в рабочем режиме	40...70 %
Допустимое снижение напряжения при отключении сети	56 В
Допустимое кратковременное снижение напряжения	50 В
Максимально допустимое время кратковременного снижения напряжения	5 с
Температурный диапазон работы СГЭП	0...+60 °С

В процессе выполнения технического задания может подвергаться изменению по согласованию сторон.

Обратите внимание на последнее предложение в техническом задании. Авторы рекомендуют всегда включать это в разрабатываемые Вами ТЗ. Это позволит:

1) в случае какой-либо сложности реализации или неувязок с параметрами внести соответствующие коррективы с Вашей стороны;

2) обеспечить некоторую свободу действий со стороны Заказчика, что также способствует обоюдной согласованности сторон.

### **3.5 Разработка структурной схемы СГЭП телефонной станции**

Разработку структурной схемы начнем с того, что нарисуем источники питания, являющиеся объектами автоматизации. На рисунке 3.7 эти блоки обведены жирными линиями. После этого следует отобразить аппаратные блоки, необходимые для получения информации об объекте управления и исполнительные элементы. На рисунке 3.7 приняты следующие обозначения:

БОС — блок обработки сигналов;

ДН — датчик напряжения;

ДТ — датчик тока;

СВВ — сигнал включения/выключения;

СПР — сигнал переключения режима;

СРВ — сигнал регулировки выходной величины.

Все, что касается обработки информации и принятия решений, можно свести в один программный блок (модуль). Это обусловлено тем, что программный продукт должен разрабатываться как единый файл, содержащий вложение в виде процедур.

**Здесь следует оговориться, что данное пособие рассчитано на студенческую аудиторию и не претендует на то, чтобы стать настольной книгой всех генеральных конструкторов. В связи с этим, авторы допускают некоторые упрощения с сохранением основных положений и приемов проектирования.**

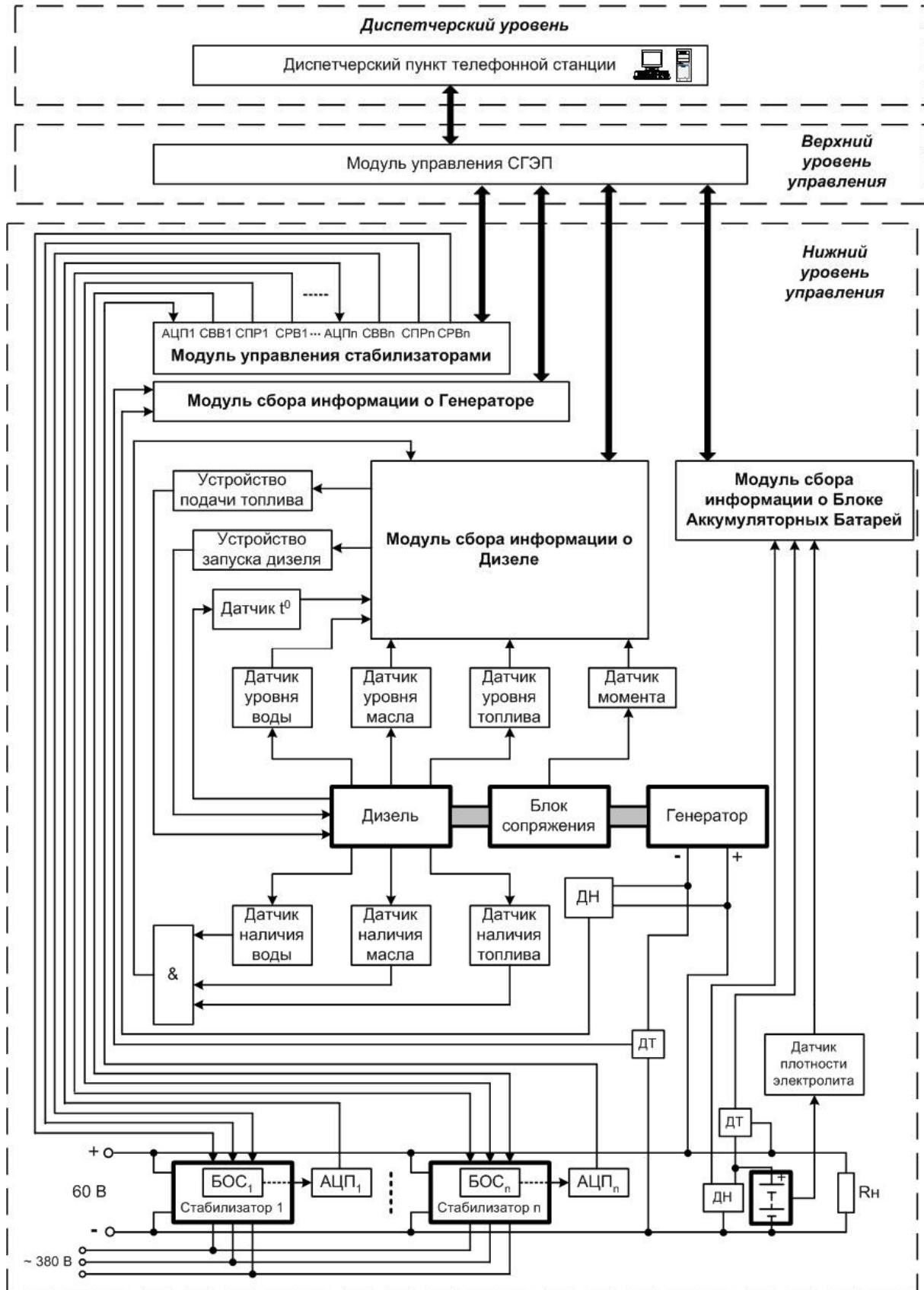


Рисунок 3.7 — Структурная схема СГЭП ТС

На рисунке 3.7 структура СГЭП ТС разбита на специализированные модули (модуль сбора информации..., модуль управления стабилизаторами) для наглядности структурной схемы.

Датчики, исполнительные элемент и модули сбора информации представляют собой нижний уровень управления.

Модуль управления СГЭП, являющийся программным продуктом, представляет собой верхний уровень управления.

Таким образом, автоматическая система управления СГЭП является двухуровневой.

На рисунке 3.7 показан еще и диспетчерский уровень. В главе 1 мы говорили о том, что любая система является частью системы более высокого порядка. В нашем случае, система управления СГЭП реализована, как автоматическая и может функционировать без участия человека. В то же время, автоматической системе может потребоваться либо ремонт, либо добавление расходных материалов. В этом случае, автоматическая система может обратиться к вышестоящей системе. В нашем случае, это **автоматизированная** система управления **городской** телефонной службы. Сообщения о неполадках на любой из телефонных станций в автоматическом режиме поступают на АРМ диспетчера городской службы. Разработка АРМа выходит за рамки нашего ТЗ, поэтому мы перейдем к разработке дерева вызова процедур.

### 3.6 Разработка дерева вызова процедур

В главе 2.3 мы рассмотрели свойства процедур, составляющих дерево вызова процедур. На основе анализа функций, выполняемых персоналом телефонной станции, разработаем дерево вызова процедур СГЭП. Прежде всего, определимся, какие функции должна выполнять наша автоматическая система в самом общем виде. Во-первых, мы должны проверить исправность, т.е. готовность к запуску, аппаратных и программных блоков, входящих в состав системы. Во-вторых, нам необходимо задать требуемые параметры, которые должна поддерживать система.

В-третьих, мы должны в конкретный момент времени заниматься либо управлением блоками электропитания, либо их тестированием. В-четвертых, мы должны периодически отправлять отчеты о работе автоматической системы на диспетчерский пункт.

В соответствии с приведенными рассуждениями, нарисуем первый уровень дерева вызова процедур.

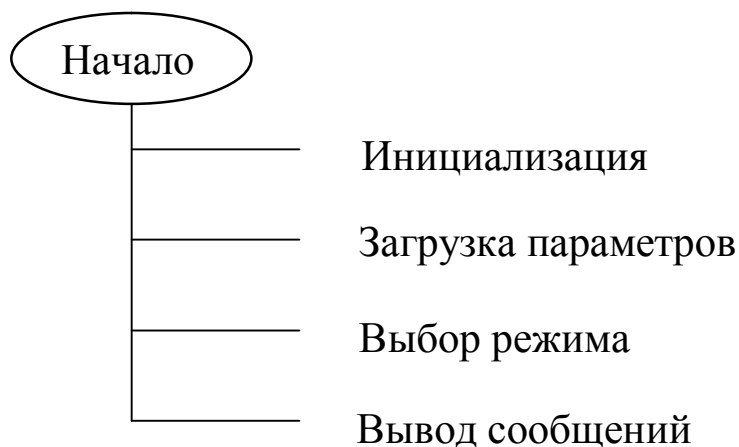


Рисунок 3.8 — Первый уровень дерева вызова процедур

После определения первого уровня дерева проводим конкретизацию функций. Можно сказать, что мы проводим декомпозицию с целью конкретизации. Если говорить еще проще, то мы сложные функции разбиваем на более простые. При этом нужно только понимать, что сложная функция при этом не исчезает! Она только становится проще за счет передачи части своих полномочий подчиненным функциям.

Так, например, функция ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ может включать в себя функцию ДИАГНОСТИКА (которая проверяет аппаратуру и программное обеспечение) и СБРОС (которая устанавливает все задатчики в начальное значение). Функция ЗАГРУЗКА ПАРАМЕТРОВ может включать функцию ЗАГРУЗКА ИЗ ПАМЯТИ (устанавливаются неизменяемые параметры) и функцию ЗАГРУЗКА С ПУЛЬТА (устанавливаются параметры, определяемые пользователем).

Аналогичные действия производим со всеми процедурами, входящими в дерево. Если функции (процедуры) при этом продолжают оставаться довольно сложными, то после определения второго уровня, определяется третий, четвертый и т.д. уровень. Разбиение продолжается до тех пор, пока функция не будет представлена в виде простейших действий.

На рисунке 3.8 представлено дерево вызова процедур СГЭП. В этом дереве не все процедуры детально расписаны,



Рисунок 3.8 — Дерево вызова процедур СГЭП ТС

чтобы не загромождать рисунок. Основное внимание уделено главной функции поддержания требуемого уровня напряжения питания на зажимах нагрузки. Это обусловлено тем, что от СГЭП в первую очередь требуется поддержание электрических параметров, а не вывод сообщений. Диагностика программного обеспечения тем более не интересует Заказчика, а требуется только для решения задач Разработчика. В реальном проекте все функции должны быть расписаны до простейших. В нашем примере к таким функциям (процедурам) относятся СБРОС ЗАДАТЧИКОВ, ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА, УВЕЛИЧЕНИЕ УСТАВКИ ЗАДАТЧИКА и др.

### 3.7 Примеры программных процедур

В главе 2.4 мы познакомились с конструкциями языка проектирования. Опишем на этом языке несколько процедур. Главная процедура, которая показана вертикальной чертой с меткой «Начало» называется еще ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПРОЦЕДУРОЙ. С нее и начнем описание:

Процедура: ИСПОЛНИТЕЛЬНАЯ (;)

Процедура является главной в системе гарантированного электропитания телефонной станции.

Разработчик: доц. каф. ПрЭ Тырышкин А.В.

Дата создания: 05.11.2007 г.

Начало процедуры.

Вызов: ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ (; диагноз)

Вызов: ЗАГРУЗКА ПАРАМЕТРОВ (; параметры)

Выполнять непрерывно

Вызов: ВЫБОР РЕЖИМА (; режим)

Вызов: ВЫВОД СООБЩЕНИЙ (; сообщения)

Конец

Конец процедуры.

Следует обратить внимание на несколько ключевых моментов.



Во-первых, данная процедура не содержит команды ВОЗВРАТ т.к. она является резидентной и завершается только при выключении системы.

Во-вторых, в процедуре указаны вызовы на все процедуры первого уровня и не упоминается ни одна из процедур нижележащего уровня.

В-третьих, процедура ЗАГРУЗКА ПАРАМЕТРОВ находится вне цикла, следовательно, она будет выполняться только один раз при запуске системы. Если мы хотим, чтобы система позволяла осуществлять коррекцию параметров в течение всего времени работы, следует скорректировать дерево вызова процедур

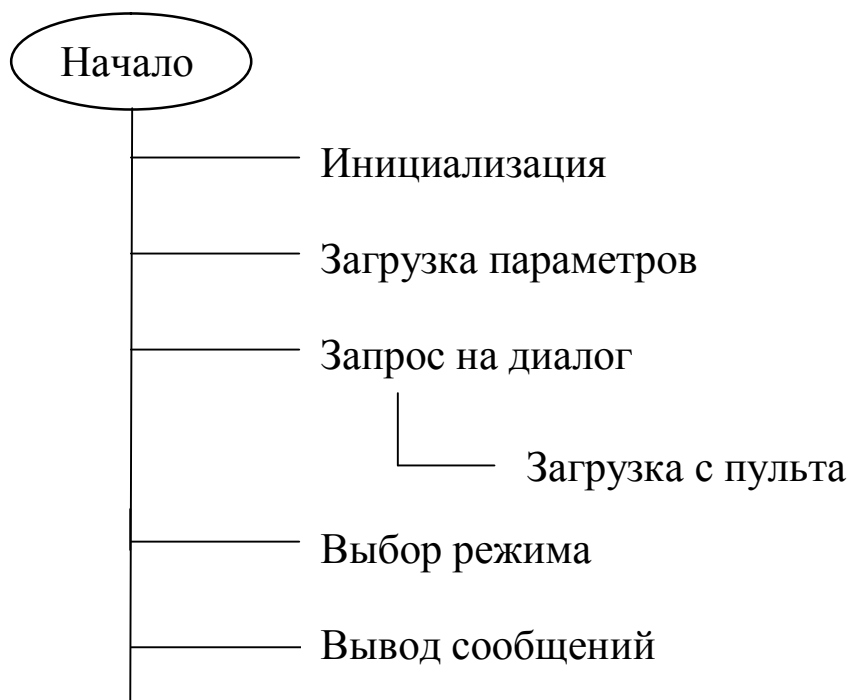


Рисунок 3.9 — Фрагмент дерева вызова процедур с учетом возможности коррекции параметров

В этом случае исполнительная процедура примет вид:

Начало процедуры.

Вызов: ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ (; диагноз)

Вызов: ЗАГРУЗКА ПАРАМЕТРОВ (; параметры)

Выполнять непрерывно

Вызов: ЗАПРОС НА ДИАЛОГ (; флаг)

Вызов: ВЫБОР РЕЖИМА ( $t_{\text{тест}}$ ; режим)

Вызов: ВЫВОД СООБЩЕНИЙ (сообщения;)

Конец  
Конец процедуры.

Опишем процедуру ВЫБОР РЕЖИМА

Процедура: ВЫБОР РЕЖИМА ( $t_{\text{тест}}$ ; режим)

Процедура обеспечивает опрос таймера с целью проведения периодического тестирования аккумуляторов и дизель-генератора.

Разработчик: доц. каф. ПрЭ Тырышкин А.В.

Дата создания: 05.11.2007 г.

Начало процедуры

Вызов: СЧИТЫВАНИЕ ТАЙМЕРА (; значение  $t$ )

Если  $t >$  или  $= t_{\text{тест}}$ , то

Начало

Вызов: ТЕСТИРОВАНИЕ АККУМУЛЯТОРОВ  
(; протокол тестирования)

Вызов: ТЕСТИРОВАНИЕ ДИЗЕЛЯ  
(; протокол тестирования)

Конец

Иначе

Вызов: РАБОТА

Возврат

Конец процедуры.

Эта процедура написана с некоторым упрощением. Во-первых, осуществляется текущее измерение времени, следовательно, тестирование будет осуществляться либо каждые сутки (при задании времени  $0 < t_{\text{тест}} < 24$ ), либо никогда (при задании  $t_{\text{тест}} > 24$ ). Для того чтобы тестирование происходило один раз в десять или тридцать дней, необходимо измерять не текущее время, а интервал времени от момента последнего тестирования. Можно также измерять не только текущее время, но и текущую дату. Во-вторых, данная процедура будет осуществлять тестирование аккумуляторов и дизель-генератора с одинаковой периодичностью.

Опишем еще одну процедуру:

Процедура: ОСНОВНОЙ РЕЖИМ ( $U_{\text{зад}}$ .)

Процедура обеспечивает стабилизацию напряжения на шинах питания при наличии сети 3х380 В, 50 Гц.

Разработчик доц. каф. ПрЭ Тырышкин А.В.

Дата создания: 05.11.2007 г.

Начало процедуры:

Вызов: ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ (; значение  $U$ )

Если  $U < U_{\text{зад}}$ , то

Вызов: НАПРЯЖЕНИЕ ПОВЫСИТЬ

Если  $U > U_{\text{зад}}$ , то

Вызов: НАПРЯЖЕНИЕ ПОНИЗИТЬ

Возврат

Конец процедуры.

Здесь также необходимо дать комментарии. Во-первых, сравнение напряжений происходит два раза «если меньше» и «если больше». Ошибки здесь нет, так как возможен третий вариант: «ровно». Во-вторых, жесткое задание значения регулируемого параметра не всегда оправдано. В цифровой системе управления любой параметр описывается с какой-то дискретизацией. При дискретном увеличении напряжения, оно может оказаться «чуть выше заданного», а при дискретном уменьшении — «чуть ниже». В этом случае система будет то повышать, то понижать напряжение с частотой измерения. В нашем случае, это приведет к модуляции питающего напряжения, от которого зависит качество связи. Таким образом, мы повышали качество и получили прямо противоположный результат. Для исключения модуляции необходимо задать зону нечувствительности  $\Delta U$ . В этом случае, фрагмент процедуры будет выглядеть следующим образом:

Если  $U < U_{\text{зад}} - \Delta U / 2$ , то

Вызов: НАПРЯЖЕНИЕ ПОВЫСИТЬ

Если  $U > U_{\text{зад}} + \Delta U / 2$ , то

Вызов: НАПРЯЖЕНИЕ ПОНИЗИТЬ

На этом наше знакомство со СГЭП ТС можно закончить. Оставшиеся функции авторы предлагают описать читателям самостоятельно.

## **4 АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

В предыдущих главах мы рассмотрели структуру предприятия для иллюстрации структуры автоматической системы. Рассмотренная СГЭП хотя и является довольно сложной технической системой, однако она решает всего лишь одну задачу: обеспечить бесперебойное питание телефонной станции качественным напряжением.

Управление современным предприятием являет собой довольно сложный, многогранный процесс. Рассмотрим иерархическую структуру управления таким предприятием.

### **4.1 Пирамида управления**

Классическая пирамида управления предприятием приведена на рис. 5.1. Выделим в ней четыре уровня: принятие стратегических решений, тактическое управление, оперативное управление и низовой уровень — уровень АСУ ТП. Чтобы понять, как взаимодействуют между собой уровни в такой управленческой структуре, рассмотрим задачи, решаемые на каждом из них.

Пользователями информации уровня принятия стратегических решений являются владельцы компаний и топ-менеджеры. Здесь описываются и оптимизируются базовые бизнес-процессы предприятий, определяются организационная структура и основные персоналии, ответственные за те или иные процедуры. Для эффективного управления компанией необходимо выработать показатели эффективности бизнеса, что позволит принимать ключевые решения и определять стратегии развития.

Пользователями уровня тактического управления являются менеджеры высшего и среднего звена, которые принимают тактические решения, например, в области производства или логистики. Для этого здесь формализуются бизнес-процессы, разраба-

тываются инструкции. Важнейшими функциями данного уровня являются планирование и бюджетирование.

Пользователями уровня оперативного управления являются прежде всего менеджеры производства (начальники производств, цехов, технологи и др.).

К основным задачам этого уровня относятся следующие: контроль и управление производственным процессом и загрузкой оборудования, контроль исполнения заказов, управление движением сырья и материалов, а также задача управления основными фондами предприятия.

Низовой уровень — это технологический уровень, на котором собираются данные с цехового оборудования, обрабатываются и обобщаются. Это базовый уровень с точки зрения получения информации о фактическом выполнении производственных заказов и отдельных операций по ним. Здесь же происходит управление базовыми процессами — технологией производства.



Рисунок 4.1– Пирамида управления предприятием

Функции уровней пирамиды управления реализуются теми или иными аппаратно-программными средствами. Можно сказать, что эти средства различаются в зависимости от уровня.

В верхней части пирамиды находится ПО, позволяющее работать с системной взаимосвязанных показателей в масштабах всего предприятия или холдинга, стандартизировать управление качеством и оптимизировать бизнес-процессы. Обычно эти программные средства являются надстройкой нижележащего уровня тактического управления и обрабатывают данные этого уровня.

Сам уровень тактического управления представлен ERP-системами. Акроним ERP расшифровывается как «планирование ресурсов предприятия» (enterprise resource planning). Они решают задачи взаимоотношений с клиентами и поставщиками, задачи логистики, финансов, объемно-календарного планирования производства, управления запасами и т.д. Набор функций ERP-систем чрезвычайно мощный и полностью покрывает задачи, решаемые на этом уровне.

Уровень оперативного управления реализуется с помощью систем MES (manufacturing execution system). Классический подход при рассмотрении системы класса MES предполагает 11 функций, которыми такая система должна располагать. Эти функции были определены ассоциацией Manufacturing Execution System Association (MESA), позднее переименованной в Manufacturing Enterprise Solution Association.

Наиболее распространенной MES-системой является Factelligence.

Подробное рассмотрение верхних уровней управления выходит за рамки нашего курса. Этими вопросами насыщены такие дисциплины, как «менеджмент», «Управление персоналом», «Управление качеством» и другие.

Нас интересует управление технологическими процессами.

## **4.2 Область применения автоматизированных систем управления**

Когда мы используем термин «область», то интуитивно ощущаем хоть и большое, но все-таки ограниченное пространство. Ограничить область АСУ практически невозможно. Автоматизированные системы применяют, начиная с коммунального хозяйства [7, стр. 20–22] и заканчивая сепарацией алмазов [8, стр. 44–50]. Рас-

смотрим факторы, которые требуют автоматизации процессов управления объектами.

1) Большое **количество регистрируемых параметров**, которые необходимо учесть при управлении технологическим процессом. Для управления городской водопроводной станцией потребовался учет 159 дискретных, 72 аналоговых и 12 счетных входов [7, стр. 20–22]. Управляющие сигналы водопроводной станции формируются на 56 дискретных выходах.

2) Наличие **вредных факторов** для человека. Так, например, при упомянутой выше сепарации алмазов используется рентгеновское излучение, а при консервации древесины — канцерогенные вещества. Естественно, в таких процессах человек должен быть максимально удален от технологического оборудования.

3) Необходимость повышения **производительности труда**. Завод по производству комбикормов выпускает ежедневно 600 т. готовой продукции. Завод имеет в своем составе более 500 механизмов. Вариантов транспортных потоков — более 2000. Управление осуществляет один человек! [9, стр. 109].

4) Наличие **опасных факторов**. Опасные виды работ присутствуют практически во всех сферах человеческой деятельности. Опасно находиться в районе взрывных работ; вблизи разлива и проката металла; вблизи высоковольтной коммутационной аппаратуры; под водой; в шахтах; в районах лесных пожаров и т.д. На всех этих объектах нужно выполнять работу. Самая надежная защита во всех указанных случаях — расстояние.

5) Наличие необходимости **ведения архивов**. Человек начал вести летописи с тех времен, когда зародилась письменность. С тех пор человек с каждым годом пишет все больше и больше. Без архивных записей не могут работать ни синоптики, ни астрономы, ни врачи. На всех диспетчерских пунктах ведутся рабочие журналы. У пожарных, у службы Скорой помощи, у энергетиков, у авиадиспетчеров и т.д. Однако, эти журналы имеют несколько недостатков:

– человек не может записать в журнал много информации — у него просто не хватает времени, поэтому записывается ограниченное количество параметров и с большой периодичностью;

- человек может исказить информацию. Это может произойти не умышленно, а может и преднамеренно;
- журнал может быть утерян (украден, сожжен...);
- человек не всегда заранее знает, какая информация может оказаться наиболее востребованной;
- человек не всегда может вести журнал при возникновении аварийной ситуации;
- человек может забыть сделать запись.

Автоматизированная система может быть лишена всех этих недостатков. Современные автоматизированные системы контроля ведут непрерывную запись событий в архив. Естественно, возможности любой памяти ограничены. Поэтому запись информации ведется по кругу. Новая информация пишется поверх самой старой информации. Информация некоторое время (от записи до перезаписи) хранится и может быть передана на верхний уровень управления. Передача, как правило, осуществляется не всей информации, а только самой важной. В случае возникновения аварийной ситуации, лишней информации не бывает, и она оказывается на момент аварии вся записанной. С некоторой задержкой времени запись информации прекращают. Таким образом, в памяти оказываются записанными все параметры системы до аварии, в момент аварии и после аварии. Допустим, объем памяти позволяет вести непрерывную запись параметров в течение сорока секунд. Настроим систему таким образом, чтобы параметры записывались в течение 25 секунд после аварии. Тогда после остановки системы мы сможем прочитать информацию от 15 секунд до аварии и до 25 секунд после аварии.

6) **Необходимость независимой, объективной экспертной оценки.** В темное время суток необходимо включать освещение. Если оператор, который включает уличное освещение, сидит в освещенном помещении, то ему кажется, что за окном темно. Мощность осветительной сети города может колебаться от сотен киловатт до десятков мегаватт. Преждевременное включение освещения приносит большие убытки, а запоздалое — может привести к авариям.

7) **Удаленность объекта** управления от оператора. Районы добычи нефти и газа в России находятся в малообжитых местах.



Это Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский округа, это шельф акватории Северного Ледовитого океана, это Васюган и т.д.

Содержание штатного обслуживающего и оперативного персонала на добывающих объектах требуют создания либо постоянных, либо вахтовых поселений. Это, в свою очередь, требует строительства жилья, прокладки дорог, создания инфраструктуры, т.е. требует колоссальных капиталовложений. Сырье мало добыть. Его нужно предварительно переработать, а затем транспортировать к потребителям.

Например, на обслуживание только Лугинецкого месторождения Томской области работает около 500 человек. Значит каждый месяц нужно увезти на вахту 500 человек и привезти с вахты столько же... Для этого требуется около 100 тонн авиационного топлива. Удаленные объекты — это не только объекты добычи, переработки, транспортировки углеводородов. Это метеостанции. Это пожарные и водомерные посты, гляциологические посты и т.д., включая космические станции и спутники.

#### **8) Высокая оперативность и быстродействие.**

Эти два параметра хотя и относятся к временным характеристикам, однако имеют некоторое отличие. Под оперативностью обычно понимают работу в реальном времени, то есть система работает примерно так, как она бы работала под управлением оператора. Когда скорости оператора не хватает, на помощь приходит автоматика. Понятие «быстродействие» гораздо шире. Специалисты различных областей деятельности этот термин понимают по разному. Если тепловая защита отключила аварийный участок энергосистемы за 1–2 секунды, то это высокое быстродействие. Но такое «быстродействие» недопустимо для электромагнитной защиты. В данном случае речь идет о миллисекундах. Электронные системы защиты, предназначенные для предотвращения выхода из строя полупроводниковых устройств должны обеспечивать быстродействие на уровне наносекунд.

В прошлом веке осталось обращение к оператору телефонной станции «Барышня, дайте Смольный!». Интернет-телефония обеспечивает скорость соединения абонентов выше, чем оператор, а количество соединений в секунду сравнивать просто неприлично... Высокое быстродействие требуется от систем управ-

ления военной техникой. Насколько здесь важно быстрое действие, говорить тоже не приходится.

9) **Малые габариты.** Техника пришла на помощь медицине. Появились аппараты искусственного дыхания, искусственного кровообращения, искусственная почка и т.д. Если бы каждым из этих аппаратов управлял человек, то такая бригада не поместилась бы ни в одну операционную. Все эти аппараты работают либо под управлением автоматических, либо под управлением автоматизированных систем. В авиации и космонавтике габариты и вес тоже играют не последнюю роль.

### **4.3 Архитектура автоматизированной системы управления**

Архитектура АСУ технологического процесса принципиально не отличается ни от автоматической системы управления, рассмотренной в главе 3, ни от архитектуры управленческой пирамиды предприятия. Чаще всего это иерархическая архитектура. На вершине пирамиды находится оператор, управляющий технологическим процессом. Внизу пирамиды находятся датчики и исполнительные элементы. Простейшая автоматизированная система управления этим и ограничивается. В этом случае говорят, что система управления двухуровневая. С повышением сложности технологического процесса количество контролируемых параметров возрастает, растет число исполнительных элементов. На помощь оператору приходят устройства сбора, предварительной обработки и архивирования информации. Эти устройства занимают средний уровень пирамиды между верхним и нижним. В этом случае АСУТП будет трехуровневой. Существуют и многоуровневые системы АСУ. В этом случае, существует центральный диспетчерский пункт, из которого осуществляется управление операторами нижележащих уровней. Типичным примером является система управления современной подводной лодкой. Это единый технологический комплекс, содержащий большое количество автоматических систем, включенных в многоуровневую АСУ объекта. На рисунке 4.2 представлена типичная трехуровневая АСУ ТП.

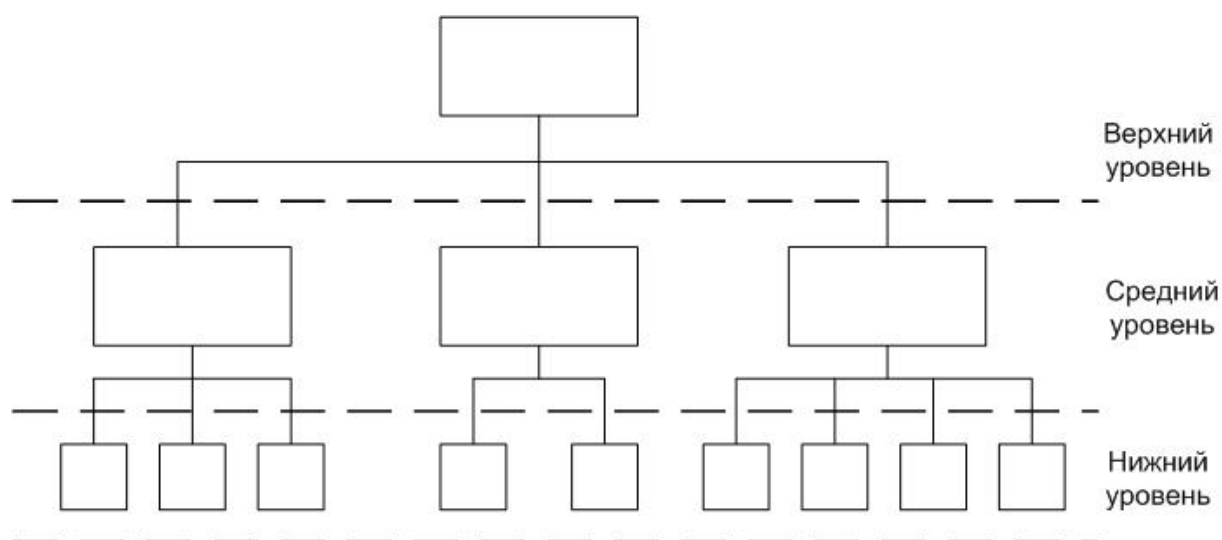


Рисунок 4.2 — Трехуровневая структура АСУ ТП

#### 4.4 Верхний уровень АСУ ТП

Верхний уровень представляет собой автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора. В прошлом веке АРМ оператора (диспетчера) представлял собой пульт управления, снабженный измерительными приборами, регистрирующими приборами, сигнальными лампами и органами управления — тумблерами, потенциометрами, галетными переключателями т.д. Перед оператором находилась мнемосхема объекта. Уровень детализации мнемосхемы определялся бюджетом предприятия. Подробные и наглядные мнемосхемы могли себе позволить гидроэлектростанции и другие крупные электростанции (атомные, тепловые); исследовательские центры и специализированные производственные комплексы.

В настоящее время мнемосхемы заменяются проекционными панелями, где чаще всего визуализация процессов осуществляется посредством жидкокристаллических мониторов.

Изображение на мониторе является буквально видимой частью «айсберга», которым является АСУ. Ядром АРМа является программное обеспечение компьютера. В качестве операционной системы, как правило, используются программные продукты фирмы Microsoft. Это обусловлено не столько высокими потребительскими свойствами, сколько историческими реалиями. Фирме Microsoft удалось продержаться на лидирующих позициях

некоторое продолжительное время. Это привело к тому, что многие прикладные программы создавались именно под ОС этой фирмы. Пошел необратимый процесс взаимозависимости прикладных программ и операционных систем Microsoft. Эта фирма продолжает отслеживать потребности рынка и продолжает упреждать действия конкурентов. В последнее время операционная система Windows CE все больше проникает на рынок промышленных и встраиваемых систем. Этот процесс обусловлен такими качествами Windows CE, как низкие требования к аппаратным ресурсам системы, возможность размещения в ПЗУ, компактность, предоставление пользователю привычного дружественного интерфейса Windows, поддержка программного интерфейса Win32 API, возможность разработки и отладки прикладного ПО на обычном компьютере. В промышленных и встраиваемых системах на базе Windows CE могут создаваться, в первую очередь, операторские панели и пульта управления, а так же встраиваемые устройства, использующиеся в качестве человеко-машинного интерфейса. В связи с этим многие ведущие производители программного обеспечения для систем АСУТП, в частности, фирма «Iconics», уже представили версии своих SCADA-систем, работающие под управлением Windows CE.

Следует отметить, что это не означает монопольного господства фирмы Microsoft в области промышленной автоматизации. Так, например, вычислители NetCore под управлением ОС Linux демонстрируют высокую надежность при решении задач управления технологическими процессами.

Мы упомянули о SCADA-системе. Что это такое? SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition System) система сбора данных и оперативного диспетчерского управления, функционирующая в составе АСУТП конкретного объекта.

Полномасштабная SCADA-система является довольно дорогостоящим продуктом. В связи с этим, попытки создания SCADA-систем предпринимались и предпринимаются различными фирмами. Известная фирма Wonderware предлагает SCADA-систему InTouch. Отличительной особенностью этой системы является мощный человеко-машинный интерфейс (HMI). Графическая библиотека этой системы содержит тысячи уже созданных изображений производственных элементов. Система содержит

даже программу панорамирования (pan-and-zoom) и ручное позиционирование объектов с использованием координат экрана. Бесплатная библиотека драйверов поддерживает 2197 единиц оборудования (данные на 08.11.2006 г.).

#### **4.5 SCADA-система ICONICS GENESIS32**

Лидером в создании SCADA-систем среди зарубежных фирм в настоящее время является компания Iconics. Ее программный продукт GENESIS32 может удовлетворить самого взыскательного разработчика АСУТП. Ниже приведена характеристика и состав блоков системы для релиза 6.1.

GENESIS32 является комплексом 32-разрядных приложений для Windows 95, Windows 98, Windows NT, Windows 2000, построенных в соответствии со спецификацией OPC. GENESIS32 предназначен для создания программного обеспечения сбора данных и оперативного диспетчерского управления верхнего уровня систем промышленной автоматизации. В состав GENESIS32 также входит среда разработки и исполнения сценарных процедур VBA, обеспечивающая возможность разработки части программного обеспечения средствами Microsoft Visual Basic for Applications 6.0 (Visual Basic для приложений), входящего в популярный пакет MS Office 2000. Все программные компоненты реализованы на базе многопоточковой модели и поддерживают технологию ActiveX.

В состав GENESIS32 входят следующие клиентские приложения, соответствующие OPC:

- GraphWorX32;
- TrendWorX32;
- AlarmWorX32;
- ScriptWorX32 (входит в поставку. Но устанавливается отдельно).

Указанные приложения могут заказываться и применяться как в составе комплекса, так и автономно.

Кроме того, фирма Iconics поставляет перечисленные далее дополнительные приложения и инструментальные средства разработки:

- WebHMI;
- DataWorX32;
- библиотека символов Symbols32 Library;
- ActiveX ToolBox;
- AlarmWorX32 Multimedia;
- OPC-серверы, разработанные Iconics;
- OPC-серверы, разработанные третьими фирмами;
- OPC ToolWorX;
- ActiveX ToolWorX.

Все приложения, входящие в комплекс GENESIS32, могут использоваться бесплатно для разработки проектов. Имеется уникальная возможность активизации временной 30-дневной лицензии, позволяющей:

- создавать проекты любого уровня сложности с неограниченным количеством точек ввода-вывода;
- запускать и тестировать проекты в режиме Исполнение (run-time).

Рассмотрим кратко возможности компонентов, входящих в GENESIS32 6.1.

#### **4.5.1 GraphWorX32**

GraphWorX32 является инструментальным средством, предназначенным для визуализации контролируемых технологических параметров и оперативного диспетчерского управления на верхнем уровне АСУТП, который полностью соответствует требованиям к клиенту OPC и поддерживает технологии ActiveX и OLE.

##### **Основные характеристики GraphWorX32:**

- Многопоточковое 32-разрядное приложение.
- Возможность обмена данными с любыми серверами OPC;
- Мощные инструменты для создания экранных форм и динамических элементов отображения.
- Возможность встраивания элементов управления ActiveX и объектов OLE.

- Встроенная среда редактирования сценарных процедур Microsoft Visual Basic for Applications.
- Динамизация элементов отображения со временем обновления графической информации 50 мс.
- Поддержка шаблонов экранных форм, содержащих наиболее часто используемые слои графических объектов.
- Возможность встраивания в HTML-страницы и другие контейнеры OLE (MS Word, MS Excel, MS Access и др.).
- Возможность просмотра браузерами Интернет, такими как MS Internet Explorer.
- Обширная библиотека элементов отображения, ориентированных на построение мнемосхем промышленных объектов.
- Возможность встраивания графиков TrendWorX32 и экранов AlarmWorX32.
- Средства импорта графических метафайлов (WMF) и растровых изображений (BMP).
- Встроенный редактор выражений для выполнения математических, функциональных, логических и других операций над данными.

#### **4.5.2 TrendWorX32**

Пакет TrendWorX32 обеспечивает накопление и представление текущих данных в виде графических зависимостей от времени. Кроме того, TrendWorX32 является мощным средством архивации, накапливаемой информации в базе данных, с возможностью последующего извлечения и просмотра на графиках. Полностью соответствует спецификациям OPC доступа к текущим и историческим данным.

#### **Основные функциональные возможности TrendWorX32:**

1) Представление значений контролируемых параметров, получаемых от серверов OPC, на графиках различных типов в реальном масштабе времени. Поддерживаются следующие виды графиков:

- зависимость от времени;
- логарифмическая зависимость от времени;

- гистограмма;
- круговая диаграмма;
- зависимость одного параметра от другого.

2) Возможность настройки параметров графика, добавления, удаления и редактирования перьев во время исполнения:

- возможность построения графических зависимостей на основе данных пользователя с помощью сценариев VBA или внешних приложений;

- архивирование значений контролируемых параметров в базе данных MS Access, MS SQL Server, Oracle и Microsoft Data Engine (MSDE) при помощи сервера архивации данных TrendWorX32 SQL Server;

- вычисление статистических характеристик выборок значений контролируемых параметров;

- извлечение значений контролируемых параметров из архивов и представление в виде графиков различных типов;

- возможность одновременного просмотра текущих и исторических данных в одной области построения;

- вывод графиков на печатающее устройство;

- разработка и исполнение сценарных процедур на встроенном языке Visual Basic для приложений;

- возможность вставки элементов просмотра графиков TrendWorX32 ActiveX в различные контейнеры ActiveX;

- встроенное средство генерации отчетов в базах данных и MS Excel TrendWorX32 Reporting. Возможность сохранения отчетов в формате HTML;

- MSDE Manager — новый модуль GENESIS32 6.1, облегчающий управление базами данных и их конфигурирование.

### **Сервер архивации данных TrendWorX32 SQL Server.**

TrendWorX32 SQL Server предназначен для приема данных от OPC-серверов, записи в базу данных MS Access, MS SQL Server 7.0, Oracle или Microsoft Data Engine (MSDE) с использованием заданных алгоритмов архивации и предоставления данных клиентским приложением, соответствующим спецификации OPC Historical Data Access 1.0 (OPC HAD — спецификация OPC доступа к историческим данным).



Конфигурация TrendWorX32 SQL Server создается при помощи приложения TrendWorX32 Configurator и помещается в конфигурационную базу данных Microsoft Access.

В рамках конфигурации TrendWorX32 SQL Server для баз данных, в которых предполагается архивировать текущие данные серверов OPC, создаются объекты доступа к данным с использованием стандартной подсистемы Microsoft Data Access Components (MDAC). При этом каждому объекту доступа к данным в конфигурационной базе данных соответствует так называемая группа базы данных.

Каждая группа базы данных содержит, по крайней мере, одну группу архивируемых тегов, ссылающихся на теги в серверах OPC, информация о которых должна сохраняться в базе архива. Опрос тегов OPC выполняется с использованием периода сбора данных, установленного для содержащей их группы.

Запись значений тегов в базы данных производится в соответствии с алгоритмом архивации, установленным для содержащей их группы, с использованием стандартной технологии ActiveX Data Objects (ADO).

Извлечение данных из базы архива может выполняться следующими способами:

- с использованием элемента просмотра графиков TrendWorX32 Viewer ActiveX в режиме просмотра исторических данных;
- с помощью приложения генерации отчетов TrendWorX32 Reporting;
- с помощью управляющего элемента TrendWorX32 SQL Tool, вставленного в любой контейнер ActiveX, включая GraphWorX32, TrendWorX32, AlarmWorX32, приложение на Visual Basic, C++, Delphi и т.п.;
- с помощью любого клиента OLE DB, написанного на языках Visual Basic, VBA, Visual C++ ит.п.;
- с помощью любого клиента применяемой базы данных с использованием SQL-запросов.

### 4.5.3 AlarmWorX32

AlarmWorX32 является набором программных компонентов, предназначенных для обнаружения аварийных событий, оповещения оперативного персонала, приема подтверждений восприятия информации об аварийных событиях и регистрации информации об авариях в базе данных.

#### **Основные функциональные возможности Alarm WorX32:**

- 1) обнаружение аварийных событий по множеству признаков и критериев, настраиваемых пользователем;
- 2) передача информации об обнаруженных авариях клиентским приложениям, расположенным на разных узлах локальной или глобальной сети;
- 3) простое оповещение персонала об обнаруженных аварийных ситуациях путем прерывистого отображения информации об аварии и звукового сигнала;
- 4) голосовое оповещение персонала об обнаруженных аварийных ситуациях;
- 5) оповещение персонала путем автоматического дозвона по коммутируемым каналам связи (пейджер, e-mail, факс) с передачей сообщений об аварийных событиях и приемом подтверждений восприятия от ответственных лиц;
- 6) персональное планирование оповещения для привлечения к мероприятиям по устранению аварийности ситуации только дежурного персонала;
- 7) анализ аварийных событий и действий ответственного персонала;
- 8) объединение всех аварийных событий и подтверждений восприятия системных сообщений ответственным персоналом в сводке аварийных событий;
- 9) отображение вспомогательной информации для аварийных событий, позволяющей локализовать и устранить причины аварии;
- 10) связь с аппаратными средствами системы через интерфейсы OPC;
- 11) возможность запуска сервера обнаружения аварий в качестве службы Windows NT;

12) возможность записи информации о событиях в журнал Windows NT;

13) мощное средство конфигурирования признаков аварийных событий;

14) управляющий элемент ActiveX просмотра текущих аварийных событий;

15) управляющий элемент ActiveX просмотра архива событий.

### **Сервер архивации событий Alarm Logger.**

AlarmWorX32 SQL Logger 6.0 предназначен для фильтрации и приема сообщений о событиях от серверов OPC Alarms and Events, записи в базу данных MS Access, MS SQL Server 7.0

Конфигурация AlarmWorX32 SQL Logger создается при помощи приложения Alarm Logger Configurator и помещается в конфигурационную базу данных Microsoft Access.

В рамках конфигурации Alarm Logger для баз данных, в которых предполагается архивировать события OPC Alarms and Events, создаются объекты доступа к данным с использованием стандартной подсистемы Microsoft Data Access Components (MDAC 2.1.2).

Информация о событиях получается от серверов OPC Alarms and Events на основе одной или нескольких подписок, играющих роль фильтров для событий различных типов.

Просмотр и анализ событий из базы архива событий может выполняться с использованием элемента просмотра архива событий AlarmWorX32 Reporter ActiveX, с помощью любого клиента OLE DB, написанного на языках Visual Basic, VBA, Visual C++, или с помощью любого клиента применяемой базы данных с использованием SQL-запросов.

### **4.5.4 AlarmWorX32 Multimedia**

AlarmWorX32 Multimedia является мультимедийным приложением, поддерживающим технологию OPC, которое предназначено для оповещения оперативного персонала об аварийных и других событиях, связанных с контролируемым технологическим процессом и состоянием технических средств АСУ ТП.

При определении в соответствующей базе данных параметров аварийных событий, связанных с ними действий, ответственных лиц и их графика работы, порядка подтверждения получения, для доставки сообщения адресату могут быть назначены самые разные программные и аппаратные средства: e-mail, телефон, пейджер, SMS, звуковое сообщение, передача текстового сообщения средствами Internet, всплывающие окна, видеоизображение.

AlarmWorX32 Multimedia может использоваться не только с GENESIS32, но и с другими OPC SCADA-системами, а также в собственных разработках.

#### **4.5.5 DataWorX32**

DataWorX32 является OPC-сервером, который предназначен для организации единого моста между множеством клиентских и серверных компонентов системы.

##### **Основные функциональные возможности DataWorX32:**

- централизация параметров контролируемого процесса, обслуживаемых множеством серверов OPC, в едином списке;
- оптимизация запросов множества клиентов OPC к одним и тем же параметрам в разных серверах OPC;
- организация списка глобальных переменных с возможностью непосредственного обмена данными между клиентскими приложениями GENESIS32;
- возможность выполнения арифметических, функциональных, логических и других операций над глобальными переменными;
- возможность оперативного изменения привязки глобальных переменных к источникам данных в серверах OPC;
- резервирование серверов OPC на узлах локальных и глобальных сетей с автоматическим перенаправлением запросов клиентских приложений в случае выхода из строя основных узлов.

### 4.5.6 ScriptWorX32

ScriptWorX32 является мощным средством разработки и исполнения сценарных процедур Microsoft Visual Basic for Applications (VBA) версии 6.0. ScriptWorX32 содержит мультизадачную среду параллельного исполнения сценариев с поддержкой симметричных многопроцессорных архитектур. VBA-сценарии, разрабатываемые пользователем, могут выполнять операции обмена данными с серверами OPC.

#### **Основные функциональные возможности ScriptWorX32:**

- 1) многопоточное 32-разрядное приложение;
- 2) возможность работы в операционных системах Windows NT, Windows 95/98 и Windows 2000;
- 3) в состав входит контейнер сценариев VBA 6.0;
- 4) одновременное исполнение сценариев VBA 6.0;
- 5) ускорение разработки сценариев при помощи Мастера сценариев;
- 6) исполнение сценариев по расписанию или периодически;
- 7) исполнение сценариев при выполнении условий вычисляемых на основе значений тегов OPC-серверов;
- 8) диагностика текущих состояний сценариев;
- 9) возможность компиляции сценариев в многопоточные библиотеки динамической компоновки (DLL);
- 10) наличие глобальных сценариев для интеграции с другими приложениями;
- 11) открытый интерфейс OLE Automation.

### 4.5.7 WebHMI

WebHMI предназначен для предоставления данных и графической информации о контролируемом технологическом процессе любого клиентского приложения комплекса GENESIS32 любому компьютеру, на котором установлен браузер Microsoft Internet Explorer. WebHMI основывается на архитектуре Microsoft DNA и использует технологии ActiveX и DCOM. Помимо просмотра информации о контролируемом процессе, WebHMI обеспечивает возможность оперативного диспетчерского управления,

что позволяет строить недорогие распределенные системы верхнего уровня.

#### **Основные функциональные возможности WebHMI:**

- 1) возможность работы в операционных системах Windows NT, Windows 95/98 и Windows 2000;
- 2) «тонкий» Web-клиент;
- 3) позволяет использовать на операторских станциях бесплатный Microsoft Internet Explorer для просмотра графических мнемосхем контролируемого процесса;
- 4) работа с графической информацией и данными GENESIS32 с «нулевой инсталляцией» на операторских станциях;
- 5) публикация управляющих элементов ActiveX и HTML-страниц требует наличия Microsoft Internet Explorer 4 или 5;
- 6) передача данных OPC через Интернет;
- 7) администрирование действий пользователей и приложений на уровне NT.

#### **4.5.8 GenBroker**

Для преодоления ограничений технологии DCOM, используемой при сетевом обмене между серверами OPC и приложениями GENESIS32, создан модуль GenBroker. Использование протокола TCP/IP для получения данных от OPC-серверов позволяет увеличить скорость и надежность обмена, обеспечить простоту конфигурации коммуникаций в Intranet/Internet при использовании WebHMI и сервиса удаленного доступа с помощью модемов (RAS).

#### **Основные функциональные возможности GenBroker:**

- 1) регулируемый тайм-аут, восстановление соединения;
- 2) использование протокола TCP/IP для получения данных от OPC-серверов через Intranet/Internet;
- 3) поддержка множества доменов NT/2000;
- 4) поддержка промежуточных узлов;
- 5) поддержка Firewall-доступа.

### 4.5.9 ActiveX ToolWorX

ActiveX ToolWorX предназначен для быстрой разработки управляющих элементов ActiveX, являющихся клиентами OPC, с возможностью последующего использования в приложениях-контейнерах, подобных GraphWorX32.

### 4.5.10 OPC ToolWorX

OPC ToolWorX является инструментальным средством быстрой разработки серверов и клиентов OPC, которое позволяет производителям серийного оборудования для промышленной автоматизации в кратчайшие сроки перейти к использованию более передовой технологии обмена данными и обслуживания устройств в среде Windos.

OPC ToolWorX содержит комплекты разработки серверов и клиентов OPC.

Каждый комплект имеет в своем составе примеры исходных текстов двух серверов OPC, документацию, тестовое клиентское приложение, а так же средство генерации интерфейсов диспетчеризации OLE Automation с тестовым примером на Visual Basic.

#### **Основные функциональные возможности OPC ToolWorX:**

- 1) модель свободных потоков;
- 2) DLL автоматизации OLE;
- 3) мастера для генерации приложений Visual C++;
- 4) навигатор тегов OPC;
- 5) возможность создания внутризадачных серверов для Windows CE.

Студенты специальности «Промышленная электроника» Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники выполняют небольшой проект в среде GENESIS32 в курсе «Электронные средства сбора и отображения информации». Поэтому, пример практического применения SCADA-системы в АСУ ТП приведем для российской SCADA-системы TRACE MODE 5.

## **4.6 Российская SCADA-система TRACE MODE 5**

### **4.6.1 TRACE MODE 5 — лидер SCADA-систем на российском рынке**

Система TRACE MODE российской фирмы АдАстра имеет с 1992 г. более 4000 инсталляций в России. Эта система использована во многих крупномасштабных проектах. Она работает в системах автоматического управления Центральным пультом диспетчерского управления Красноярской ГЭС, на перекачивающих станциях АО Транснефть и РАО Газпром, системах непрерывной разливки стали Оскольского металлургического комбината, в региональных диспетчерских системах ПЭО Татэнерго, на объектах Центрального Банка России, в системах контроля радиационной безопасности, на космодроме Байконур и во многих других проектах [10].

По сообщению фирмы-производителя, TRACE MODE 5 — одна из наиболее мощных SCADA-систем в мире, имеет цену значительно ниже зарубежных аналогов. Именно лучшее соотношение «цена-производительность» делает TRACE MODE абсолютным лидером рынка SCADA-систем России (49 % рынка по состоянию на 1999 год) [10].

### **4.6.2 Описание TRACE MODE 5**

TRACE MODE 5 для Windows NT представляет собой SCADA-систему нового поколения, имеющую следующие основные отличия [11]:

- 1) обеспечение единых инструментальных средств (единой линии программирования) как для разработки операторских станций, так и для программирования контроллеров;
- 2) разработка распределенной АСУ ТП как единого проекта;
- 3) технология автопостроения проекта;

Рассмотрим эти особенности подробнее.

Традиционно SCADA-системы понимались как инструмент разработки программного обеспечения для рабочих мест диспетчеров, т.е. для верхнего уровня АСУ ТП. Программирование промышленных контроллеров или интеллектуальных датчиков



производилось иными программными средствами или специальными программаторами, поставляемыми с оборудованием. Это было не особенно удобно, однако в условиях большого рыночного разнообразия процессоров и шин неустоявшихся стандартов, использование специфических программаторов казалось единственным выходом. Но ситуация изменилась: с момента массового распространения IBM PC совместимых контроллеров (PC-контроллеров) появилась возможность унифицировать программное обеспечение для операторских ПК и промышленных контроллеров. Эта возможность была впервые реализована в TRACE MODE 4.20, где были введены функции программирования контроллеров и выпущена специальная исполнительная система для контроллеров — Микро МРВ. Был создан единый инструмент для решения всех задач АСУ ТП — от программирования датчиков и контроллеров до создания операторских станций. К настоящему времени с использованием технологии сквозного программирования выполнен целый ряд ответственных проектов. В новой версии TRACE MODE для Windows NT технология сквозного программирования АСУ верхнего и нижнего уровня АСУ ТП была усовершенствована. Наибольшие изменения коснулись средств разработки. Редактор базы каналов TRACE MODE 5 приведен в соответствие со стандартом международной электротехнической комиссии (МЭК) IEC\_1131/3, регламентирующим синтаксис языков программирования промышленных контроллеров. В соответствии с требованиями стандарта программирование логических задач может осуществляться визуальными интуитивно понятными инженерам-технологам методами в виде функциональных блоков (язык Техно FBD) или с применением языка инструкций (язык Техно IL). Реализованные в инструментальной системе TRACE MODE 5.0 язык функциональных блоков (Техно FBD) и язык инструкций (Техно IL) существенно расширены по сравнению с базовыми требованиями стандарта, включают набор из более чем 150 элементарных и библиотечных функций. Среди встроенных алгоритмов PID, PDD, нечеткое позиционное регулирование, ШИМ-преобразование, динамическая балансировка, алгоритмы массового обслуживания, блоки моделирования объектов, произвольно программируемые алгоритмы, арифметические, алгебраические, логические, тригонометрические, статистические

функции, а также функции расчета технико-экономических показателей (ТЭП) и т.д. Существенным развитием стандарта является добавление ряда функциональных блоков, ориентированных на контроль и управление типовыми технологическими объектами (клапан, задвижка, привод и т.д.). Кроме того, проектировщик имеет возможность наращивать библиотеки языков своими собственными функциями, учитывающими особенности задач, решаемых в его проектах. Созданная для каждого узла проекта информационная база отлаживается в редакторе с помощью 3 уровней эмуляции (отдельные программы на Техно FBD, пересчет канала и пересчет всей базы) в двух режимах — пошаговом и непрерывном [11].

В обычных SCADA-системах разработка проекта привязана к одной операторской станции. Поэтому при разработке сетевых комплексов сначала создаются базы данных реального времени для отдельных ПК, и лишь потом они объединяются в сеть. Однако современные промышленные АСУ «живут» и развиваются десятки лет, имеют тенденцию к интеграции, как между собой, так и с АСУ финансово-хозяйственных служб. За это время меняется технология, добавляются и заменяются датчики, вводятся новые функции и т.д. Вместе с этим неизбежно развивается и модифицируется программное обеспечение АСУ. Поддерживать и развивать системы, состоящие из многих обособленных ПК и контроллеров, каждый из которых ничего не «знает» о других, и трудно, и дорого. В TRACE MODE 5 распределенная АСУ, включающая и ПК, и контроллеры, рассматривается как один проект. Поэтому каждый узел (ПК или контроллер) в распределенной АСУ ТП, работающей под управлением TRACE MODE 5, имеет информацию об остальных узлах системы и в случае его модификации автоматически обновляет соответствующие базы данных. При этом АСУ можно создавать как в архитектуре «клиент-сервер», так и распределенную — технология разработки АСУ ТП как единого проекта будет одинаково эффективна [11].

Автопостроение — это группа оригинальных технологий, реализованных в TRACE MODE 5. Суть автопостроения заключается в автоматическом генерировании баз каналов операторских станций и контроллеров, входящих в проект АСУ ТП, на основе информации о числе точек ввода/вывода, номенклатуре

используемых контроллеров и УСО, наличии и характере связей между ПК и контроллерами. В соответствии с этим в TRACE MODE 5 реализованы [11]:

– *автопостроение баз каналов для связи с УСО в PC-контроллерах.* Пользователю достаточно указать марку и количество PC-контроллеров, используемых в проекте, и запустить автопостроение — TRACE MODE сформирует базу каналов для каждого контроллера и произведет настройку на УСО автоматически. Технология автопостроения поддерживается в IBM совместимых контроллерах марки MicroPC, ADAM, PCL, МФК, «Крузиз» (производитель ПИК «Прогресс», г. Москва), MIC2000 фирмы Advantech;

– *автопостроение баз каналов для связи с обычными контроллерами.* Эта процедура автоматически генерирует базы каналов операторских станций и производит настройку на наиболее распространенные в России контроллеры;

– *автопостроение связей между узлами ПК-ПК, ПК-контроллеры, контроллеры-контроллеры* осуществляет создание, автоматическое поддержание и обновление коммуникаций (например, сетевых, RS-485, Profibus и т.д.) между узлами распределенной АСУ ТП;

– *автопостроение при импорте баз технологических параметров.* В наиболее технологически «культурных» организациях разработке проекта предшествуют детальная проработка проекта и составление баз технологических параметров. Часто для этих целей используются распространенные базы данных и электронные таблицы, например Excel, Access и др. TRACE MODE 5 допускает импорт этих баз и осуществляет автопостроение соответствующих баз каналов.

Технология автопостроения является революционным шагом в разработке систем реального времени, так как снимает огромную часть рутинной работы по «набивке» и конфигурированию баз параметров. Благодаря автопостроению разработка АСУ ТП сводится к следующим несложным процедурам:

1) размещение в рабочем поле редактора базы каналов TRACE MODE 5 (например, на плане объекта) значков (объектов) контроллеров и операторских ПК;

2) указание наличия информационного обмена между узлами;

- 3) запуск автопостроения проекта;
- 4) задание математической обработки данных и алгоритмов управления.

Подобная техника в корне отличается от той, что используется в некоторых других SCADA, предлагавших программирование «от картинки». Программирование «от картинки» позволяет быстро создавать малые системы, но ввиду слабой структурированности проектов приводит к сложностям при разработке крупных систем.

Разработка графического интерфейса операторской станции осуществляется в объектно-ориентированном редакторе представления данных. Аналогично Редактору базы каналов Редактор представления данных позволяет создавать мнемосхемы для всех узлов распределенной АСУ ТП.

Редактор позволяет всем узлам устанавливать общие настройки, определяющие стиль подачи информации (например, цвет фона и текстуру). Для облегчения разработки все экраны в графических базах TRACE MODE собраны в группы, исходя из их функционального назначения. Например, в одну группу можно собрать мнемосхемы, в другую экраны настройки регуляторов, в третью — обзорные экраны и т. п. Можно также разбивать экраны на группы, исходя из стадий или участков автоматизируемого процесса. Среди графических элементов, которые могут быть размещены на экранах графических баз, выделяются следующие три типа [11]:

- статические элементы (неизменяемые элементы мнемосхем);
- динамические формы отображения и управления (кнопки, тренды, гистограммы, анимация и т.д.);
- графические объекты.

Графические объекты могут включать себя неограниченное количество статичных элементов рисования и динамических форм отображения. Они вставляются в экраны в виде одного элемента. Графические объекты TRACE MODE являются мощным механизмом тиражирования готовых решений в области создания фрагментов графического представления информации и органов интерактивного управления.

Оформленные в виде объектов типовые графические фрагменты могут затем добавляться в любые будущие проекты. С другой стороны, любой фрагмент экрана графической базы может быть перенесен в объект и затем использован на других экранах и в других графических базах. Для отладки проекта в редакторе представления данных предусмотрено два режима эмуляции работы монитора реального времени (непрерывный режим и пошаговый режим). Эти режимы используются для контроля реальной работы форм отображения после их размещения на экранах. Первый из них реализует постоянный пересчет базы каналов текущего узла, а второй — однократный пересчет. Кроме того, пользователь может связаться с контроллерами прямо из редактора TRACE MODE и проводить отладку на реальном объекте.

TRACE MODE позволяет создавать многоуровневые, иерархически организованные, резервированные АСУ ТП (рисунок 4.3) [11]. Связь между узлами в распределенной АСУ ТП на базе TRACE MODE может осуществляться с использованием одного из следующих протоколов: TCP/IP, IPX/SPX, NetBeui, M\_Link, DDE/NetDDE, AdvancedDDE, OPC, открытый формат TRACE MODE для связи с любым УСО. Эти же протоколы используются для передачи данных в СУБД уровня АСУП предприятия.

Поддержка TRACE MODE большого количества стандартных протоколов обмена делает возможным свободный переток информации между уровнями управления предприятия и создает условия для обеспечения его информационной прозрачности. АСУ ТП уровня управления технологическими процессами и оборудованием создается на основе «Микромонитора реального времени» TRACE MODE (Микро МРВ). Эта программа размещается в РС-контроллере и осуществляет сбор данных с объекта, программно-логическое управление технологическими процессами и регулирование параметров по различным законам (PID, PDD, ШИМ, позиционный, нечеткий регуляторы и т.д.), а также ведение локальных архивов. Программа ведет постоянный контроль работоспособности УСО, сетевых линий и в случае их выхода из строя автоматически переходит на резервные средства. Микро МРВ обеспечивает автоматическое восстановление функционирования в случае «зависания» процессора путем «безударного рестарта» системы. При помощи Микро МРВ можно созда-

вать дублированные или троированные системы с горячим резервом.

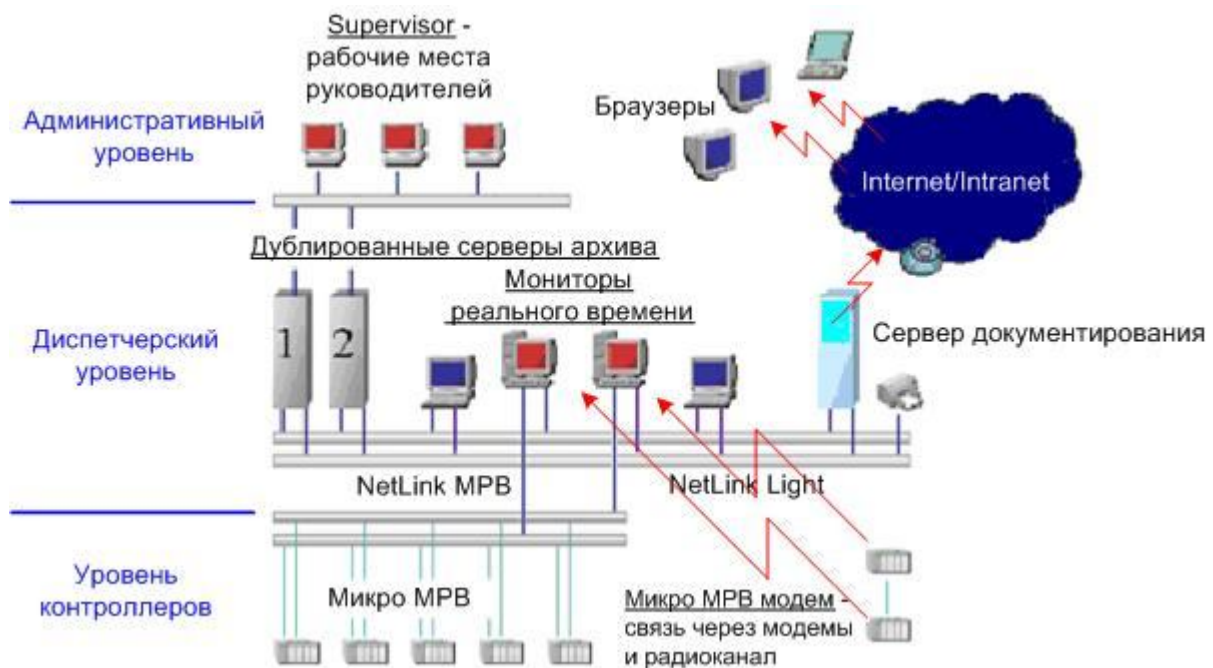


Рисунок 4.3 — Распределенная многоуровневая АСУ ТП

Основу диспетчерского уровня управления составляют Мониторы реального времени (MPB). MPB TRACE MODE — это сервер реального времени, осуществляющий прием данных с контроллеров, управление технологическим процессом, перераспределение данных по локальной сети, визуализацию информации, расчет ТЭП и статистических функций, ведение архивов. В монитор реального времени встроены средства настройки временных параметров как системы в целом, так и ее отдельных задач. По результатам текущей диагностики или в соответствии с переменным регламентом контроля и управления может быть запрограммирована или введена интерактивно процедура перераспределения временных ресурсов вычислительного ядра, могут изменяться приоритеты отдельных задач. Минимальное время реакции MPB составляет 0,001 с. Архивирование информации MPB может осуществляться с дискретностью 0,001 с. Возможно осуществлять on\_line редактирование проекта (не прерывая работы в реальном времени). Существуют специальные сетевые мониторы реального времени NetLink MPB и NetLink Light, предна-

значенные для создания дополнительных рабочих мест диспетчеров и операторов-технологов. NetLink MPB является функциональным аналогом Монитора реального времени с одним исключением — источником данных для NetLink MPB служат не контроллеры, а MPB или Микро MPB.

TRACE MODE предоставляет средства для разработки автоматизированных рабочих мест руководителя (административный уровень АСУ ТП). На административном уровне АСУ ТП используются модули Supervisor. Supervisor предоставляет руководителю информацию о ходе и ретроспективе технологического процесса, статистических и технико-экономических параметрах предприятия. Эта информация может обновляться в режиме, близком к реальному времени (задержка 10–30 с). Кроме того, Supervisor дает возможность просматривать ретроспективу (осуществлять playback) процесса, как фильм на видеомагнитофоне. Графический playback архива дает в руки руководителя инструмент контроля работы диспетчерского комплекса и всего предприятия в целом.

Ни один диспетчерский комплекс не может обойтись без развитой системы архивирования данных. Система архивирования данных TRACE MODE обеспечивает непрерывную запись значений всех параметров технологического процесса с точностью до 0,001 с, автоматическое резервирование и восстановление данных в локальных и глобальных архивах, ведение протокола аварий и тревог; связь с базами данных (DDE/NetDDE, SQL/ODBC, OPC), генерирование отчетов о технологическом процессе и публикацию данных в Internet/Intranet. Кроме перечисленных собственных архивов, TRACE MODE поддерживает сохранение данных в стандартном журнале событий Windows NT. Для обеспечения надежного сохранения истории технологического процесса служит специальный исполнительный модуль TRACE MODE — глобальное информационное хранилище (регистратор изменений). Регистратор изменений обеспечивает:

- запись 64000 и более параметров с дискретностью до 0,001 с;
- поддержку режима горячего резервирования сервера;
- автоматическое восстановление данных после сбоя.

Генерирование отчетной документации о ходе технологического процесса осуществляет сервер документирования. Сервер способен принимать данные от удаленных узлов, обрабатывать

их в соответствии со «сценариями» и генерировать на их основе отчеты произвольной формы. Готовые отчеты могут быть записаны в файл, выведены на печать, экспортированы в любые СУБД или опубликованы в Internet (рисунок 4.4) [11].

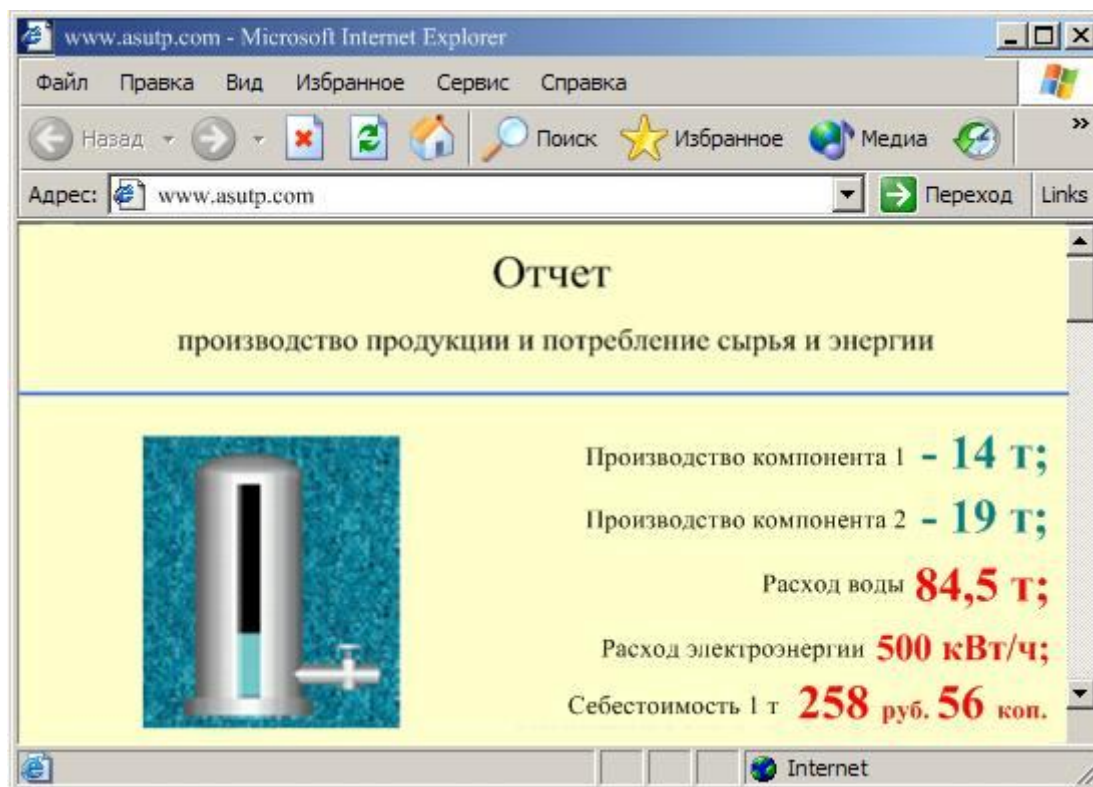


Рисунок 4.4 — Просмотр данных о работе предприятия через Интернет

#### 4.6.3 Пример применения TRACE MODE 5 в АСУ ТП

Рассмотрим применение SCADA-системы TRACE MODE 5 в АСУ ТП, внедренной на предприятии ОАО «Северсталь» [12, стр. 3-7]. Система осуществляет мониторинг ТП грануляции продукта доменного производства — доменного шлака. На доменной печи вторичный продукт доменной плавки — шлак перерабатывается на установках грануляции шлака (УПГШ). Образующийся продукт — граншлак используется как в строительстве, так и в сельском хозяйстве в виде удобрения. Установка придоменной грануляции шлака состоит из двух установок: левой и правой грануляции, которые получают жидкий шлак с температурой порядка 1400 °С при выпуске чугуна из 4-х чугунных леток. Каждая установка состоит из 2-х технологических линий, которые при-



нимают расплавленный шлак попеременно. Установки придоменной грануляции шлака перерабатывают порядка 5000 т/сутки.

Автоматизированная система состоит из двух рабочих станций операторов грануляции под управлением Trace Mode, рабочей станции мастера грануляции с прикладными программами, двух шкафов с контроллерами ADAM 5000E, периферийного оборудования и сетевого оборудования, включающих линию оптической связи, трансиверы, активное сетевое оборудование, полевую промышленную сеть RS-485.

Помимо локального мониторинга процесса грануляции система передает данные о ТП на сервер доменного цеха для централизованного контроля за работой УПГШ. Используя OPC-обмен, система принимает ранее недоступные на рабочих местах операторов УПГШ параметры работы доменной печи с управляющих SCADA-систем АСУТП доменной печи №5. Теперь, находясь на любой гранустановке, технолог имеет весь объем технологической информации о работе обоих агрегатов УПГШ и собственно доменной печи (рисунок 4.5) [12].

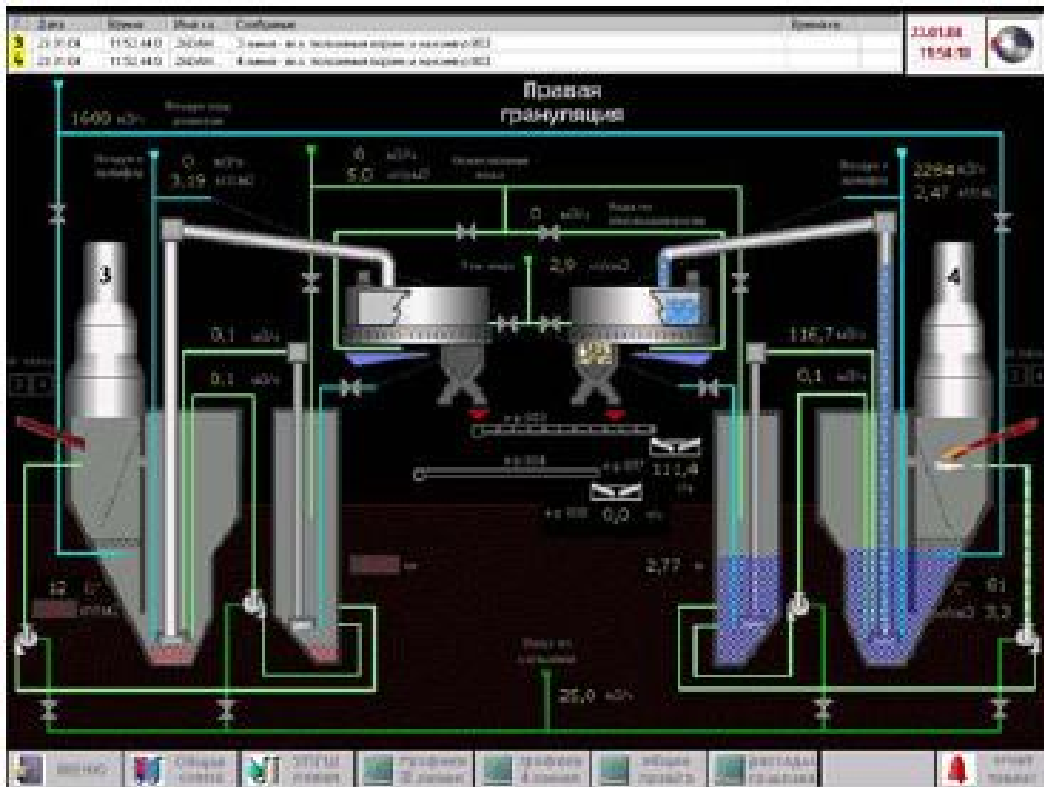


Рисунок 4.5 — Основной технологический экран контроля процесса грануляции и обезвоживания шлака

Благодаря возможностям анимации Trace Mode технолог в наглядном виде представляет весь процесс грануляции и получает необходимые данные по всем этапам процесса грануляции, расходы энергоносителей по агрегатам, отслеживает весь процесс производства граншлака вплоть до поступления его на склад (рисунок 4.6). На уровне мастера (уровень АСУП) система позволяет вести учет и анализировать удельные расходы сжатого воздуха по циклам работы оборудования, сменам, месяцам. При использовании анализа полученных данных появилась возможность реально оценить энергозатраты на производство шлака. Система позволила выявить узкие места в работе оборудования:

- сократить до минимума работу оборудования в холостых режимах;
- определить целесообразность включения в работу одного либо нескольких насосов в зависимости от количества принимаемого на грануляцию шлака.

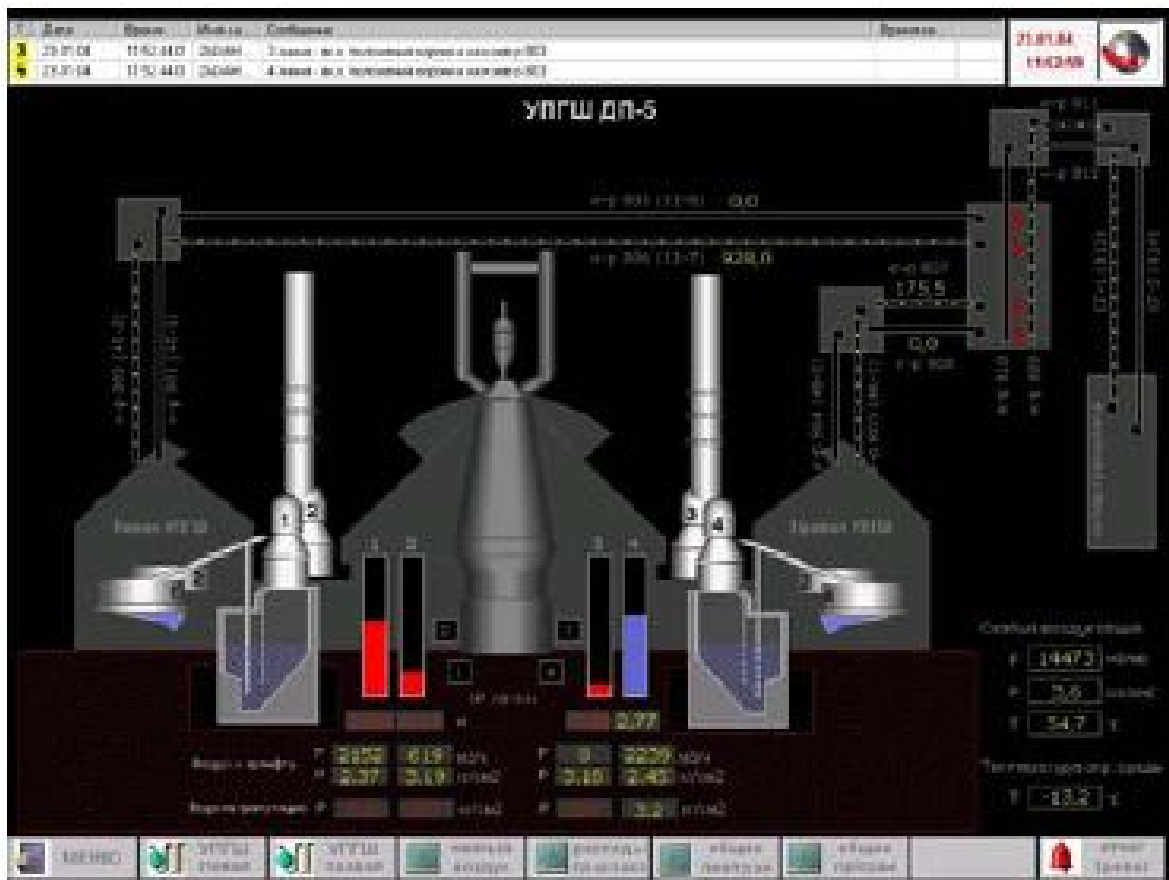


Рисунок 4.6 — Контроль работы основных технологических параметров левой и правой гранустановки. Поступление шлака на склад

С внедрением системы были выведены из работы самопишущие приборы, появилась возможность централизованного контроля работы обеих гранустановок с любого пульта оператора, а также из кабинета мастера грануляции. Система оптимизирует потребление сжатого воздуха на установках грануляции шлака и позволяет оперативно управлять величиной расхода воздуха в зависимости от условий технологического процесса. За счет оптимальной настройки параметров сжатого воздуха, используемого для работы оборудования, и снижения непроизводительных потерь из-за цикличности работы установок, его расход снижен в среднем на 250 м<sup>3</sup>/ч [12].

На этом рассмотрение верхнего уровня АСУТП можно закончить, так как аппаратная часть этого уровня не должна вызывать вопросов у нашего читателя.

## **4.7 Средний уровень**

### **4.7.1 Функции среднего уровня АСУ**

Средний уровень, как правило, представляет собой один или несколько программируемых контроллеров, соединенных с блоками сопряжения. Контроллер:

- обеспечивает взаимодействие с верхним уровнем АСУ;
- осуществляет, посредством блоков модулей аналогового и блоков дискретного ввода, сбор информации;
- осуществляет выдачу сигналов управления посредством блоков аналогового вывода и дискретного вывода;
- осуществляет обработку полученной информации в соответствии с заранее заданной программой;
- производит архивирование сигналов;
- при потере связи с верхним уровнем управления может перейти на автоматический режим в минимальной конфигурации. В этом случае контроллер должен выполнять те функции, которые жизненно необходимы для функционирования технологического процесса;

- обеспечивает самодиагностику и поддерживает диагностирование системы верхним уровнем управления;
- обеспечивает минимальную индикацию состояния контроллера (подано ли питание на контроллер; идет ли передача данных и др.).

Эти функции контроллера не исчерпываются и не являются строго обязательными — это наиболее употребляемые функции.

#### **4.7.2 Фирмы-производители аппаратной части среднего уровня**

Наиболее активно работают на Российском уровне такие производители контроллерных комплектов, как:

- Advantech,
- Lippert,
- Octogon Systems,
- Siemens,
- VMIC,
- WAGO.

Информацию о продукции этих фирм можно узнать на сайте [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru).

Приятно отметить, что российские производители систем управления и сбора данных активно развиваются и наращивают как функциональный состав блоков, так и объемы производства. Фирма с «не нашим» названием Fastwel является российской. Отечественные разработчики АСУ с нетерпением ждут на рынке полноформатных комплектов оборудования, где бы вместо опции «Help» всегда стояла опция «Помощь». К успешным российским фирмам следует отнести Московскую фирму ДЭП. Аббревиатура означает «Дизайн, электроника, программирование». В 2006 году фирма вышла на уровень производства примерно 5000 блоков в квартал.

Не остались в стороне от этого процесса и Томичи. Томская фирма ЭлеСи (Электронные системы) является одним из лидеров в области автоматизации управления магистральными газопроводами. Системы управления ЭлеСи проектирует, изготавливает и

производит пуско-наладку с использованием электронных компонентов собственного изготовления.

### 4.7.3 Состав аппаратной части среднего уровня

Кроме, собственно, контроллера, средний уровень может содержать самые различные модули. Прежде всего это упомянутые выше:

- модули аналогового ввода;
- модули аналогового вывода;
- модули дискретного ввода;
- модули дискретного вывода.

Исполнение модулей может быть как универсальным, так и специализированным. Например, блоки аналогового ввода могут быть специализированы для подключения:

- терморезисторов;
- термопар;
- источников тока (как правило, 0–20 мА, 4–20 мА);
- источников напряжения (0–10 В, 2–10 В, –10 В – +10 В).

При этом модули могут специализироваться под конкретный диапазон изменяемой величины. Это позволяет снизить стоимость блока и повысить точность измерения входной величины в ущерб универсальности блока. На это следует обращать особое внимание на этапе проектирования системы, чтобы в дальнейшем не тратить время и деньги на заказ и замену других блоков. Как правило, производители или их дилеры, оказывают бесплатные консультации по выбору требуемых модулей и даже бесплатно проводят эскизное проектирование. Это следует использовать, особенно при отсутствии большого опыта подобной работы.

Кроме модулей ввода/вывода, фирмы предлагают:

- 1) модули преобразователей интерфейсов (например, RS-232 в RS-422/485 и, наоборот, RS-485 в RS-232);
- 2) модули сопряжения интерфейсов RS-232/422/485 с волоконно-оптическими линиями связи;

3) репитеры (повторители) для ретрансляции (усиления) цифровых сигналов, а также для разделения (изоляции) сегментов сети, расположенных в безопасной и опасной зонах;

4) модули релейной коммутации;

5) концентраторы Ethernet;

6) коммутаторы Ethernet;

7) модули GPS;

8) модемные модули и другие...;

Одной из ведущих зарубежных фирм-производителей средств автоматизации технологических процессов является фирма Advantech. Ассортимент выпускаемой продукции перекрывает весь спектр аппаратных устройств среднего уровня. Базовым контроллером этой фирмы является контроллер ADAM-5510.

#### **4.7.4 Контроллер ADAM-5510**

Программируемый микроконтроллер ADAM-5510 предназначен для использования в локальных и распределенных системах автоматизации в качестве автономного контроллера. Он обеспечивает прием и выдачу аналоговых и дискретных сигналов, первичное преобразование сигналов по запрограммированным пользователем алгоритмам и обмен информацией по последовательным каналам связи на базе интерфейса RS-485. Контроллер имеет открытую архитектуру и может программироваться как с помощью традиционных языков программирования (С, ассемблер), так и с помощью языков логического программирования в соответствии со стандартом МЭК-61131 (в настоящий момент поддержка ADAM-5510 реализована в системах программирования UltraLogik и Paradym-31). Таким образом, ADAM-5510 удачно сочетает в себе качества программируемого логического контроллера (PLC) с простой и открытой архитектурой IBM PC совместимых компьютеров:

- процессор: 80188, 16-разрядный;
- память ОЗУ: 256 кбайт;
- флэш-ПЗУ: 256 кбайт;
- операционная система: ROM-DOS;
- часы реального времени встроенные;

- сторожевой таймер встроенный;
- количество обслуживаемых модулей ввода-вывода — 4;
- 2 последовательных порта: RS-232 и RS-485;
- напряжение изоляции 3000 В.

### **4.7.5 Программирование контроллеров**

Студенты специальности «Промышленная электроника» изучают как язык С, так и Assembler для процессоров фирмы Intel, поэтому принципиальных затруднений с программированием контроллеров возникать не должно. Подробнее остановимся на одной из современных специализированных систем разработки программного обеспечения сбора данных и управления для промышленных контроллеров — UltraLogik.

### **4.7.6 Система UltraLogik**

#### **4.7.6.1 Назначение**

Система UltraLogik предназначена для разработки программного обеспечения сбора данных и управления, исполняемого на IBM PC совместимых контроллерах и промышленных компьютерах с открытой архитектурой.

Система программирования UltraLogik разработана в соответствии со стандартом Международной Электротехнической Комиссии (МЭК) IEC 61131 и в качестве основного языка программирования использует язык функциональных блоковых диаграмм Function Block Diagram (FBD).

Система предоставляет пользователю механизм объектного визуального программирования, когда программа собирается из готовых функциональных блоков. Кроме этого, UltraLogik предоставляет возможность выполнять программные модули, написанные на других языках программирования, таких как Си, Паскаль, Ассемблер. При этом внешне такая программа выглядит как обычный функциональный блок, назначение входов и выходов которого определяет пользователь.

UltraLogik является мощной и в то же время простой в использовании инструментальной системой, которая на порядки

сокращает время проектирования программ для контроллеров и промышленных компьютеров. Широкий выбор функциональных блоков и демонстрационных проектов, реализующих всевозможные алгоритмы регулирования, позволит даже начинающему пользователю создавать с помощью UltraLogik изящные и оптимальные программы.

Пользователю нет необходимости изучать устройство конкретного контроллера. Контроллер в системе представляется как «черный ящик», связанный с объектом управления посредством формальных устройств аналогового и дискретного ввода-вывода. Настройка системы на различные типы контроллеров и модулей ввода-вывода производится в диалоговом режиме.

Контроллеры и промышленные компьютеры, программируемые на UltraLogik, могут объединяться в сети передачи данных на базе интерфейса RS-485 и Ethernet. При этом обеспечивается возможность организации обмена данными между контроллерами в многоточечном мультимастерном режиме. Разработчику программного обеспечения достаточно указать, какие переменные проекта должны передаваться в сеть и приниматься из сети, задать сетевой адрес для каждого узла и выбрать тип сетевого интерфейса. После компиляции проекта сетевые драйверы будут автоматически скомпонованы с кодом проекта.

UltraLogik не содержит ограничений на количество разработанных проектов в виде систем исполнения (run-time) и может использоваться для разработки любого количества программ.

#### **4.7.6.2 Архитектура и составные части системы**

UltraLogik состоит из двух частей:

- системы программирования, работающей в среде Microsoft Windows 95/98;
- системы исполнения, работающей в среде MS-DOS версии 3.3 и выше. Система программирования содержит собственно средства подготовки программ и средства их отладки.

Средства подготовки программ объединяет Менеджер проекта, который содержит:

- редактор переменных;



- конфигурацию контроллера;
- редакторы программ;
- компиляторы.

Подсистема отладки содержит загрузчик программ, эмулятор контроллера, набор сетевых драйверов, средства осциллографирования, удаленной и пошаговой отладки.

Встроенный эмулятор предназначен для предварительной отладки программы непосредственно в среде UltraLogik без целевого контроллера. В этом режиме работа контроллера эмулируется специальной программой, выполняемой на компьютере системы программирования. Программа эмуляции работает в режиме «резинового» времени, то есть отсчеты времени производятся через интервалы, устанавливаемые пользователем.

UltraLogik позволяет моделировать физические и технологические процессы и включает в себя библиотеку моделей процессов.

Исследование поведения моделируемого объекта совместно с эмулятором позволяет производить эффективное обучение в области теории регулирования. Средства осциллографирования переменных позволяют оценивать переходные характеристики процессов, подбирать коэффициенты регулирования и отлаживать программу. Наличие в составе системы функциональных блоков, обеспечивающих работу с массивами, позволяет организовать регистрацию и анализ быстропеременных процессов.

#### **4.7.6.3 Сетевые возможности UltraLogik**

Проекты, созданные с помощью системы UltraLogik, могут взаимодействовать друг с другом и со SCADA –системами двумя основными способами.

В случае если контроллеры имеют аппаратные средства поддержки стандартных промышленных сетей Fieldbus, например, от фирмы Hilscher, обмен данными между контроллерами, пассивными УСО и системами верхнего уровня может осуществляться с помощью этих сетей. В системе UltraLogik реализована поддержка унифицированного CИF-интерфейса, что делает возможным применение в качестве среды обмена данными такие

популярные промышленные сети, как PROFIBUS, CAN, ModBus, Interbus и др.

Кроме того, возможность работы с сетевыми платами Fieldbus позволяет включать в состав каналов ввода-вывода не только локально установленные платы, но и распределенные УСО, такие как WAGO I/O, Siemens ET200 или стандартные элементы с AS-интерфейсом.

В случае, когда в распоряжении разработчика остаются только стандартные последовательные порты с интерфейсом RS-232, RS-422/485 или адаптер Ethernet, сетевое взаимодействие между контроллерами и системами визуализации может быть реализовано с помощью собственного программного сетевого протокола системы UltraLogik — сети UltraNet.

В нижнем уровне для различных типов интерфейсов система имеет различные сетевые драйверы:

- IPXNet — драйвер для сетей Ethernet, работающих по протоколу IPX/SPX;

- PLCNet — драйвер для сетей PLCnet с интерфейсом RS-485.

В сети могут быть активные участники — Master и пассивные — Slave. В качестве активных участников могут выступать системы верхнего уровня (MMI, SCADA-системы), система отладки (собственно UltraLogik), а также контроллеры, если они имеют переменные со статусом Удаленная (Remote). Любой активный участник может опрашивать и изменять переменные любого другого участника сети точно так же, как собственные локальные. Таким образом, UltraLogik реализует классическую схему принципа распределенного управления технологическим процессом независимо от территориального расположения контроллеров.

Особенностями UltraLogik являются:

- визуальное программирование;
- встроенная поддержка процессоров и модулей ввода-вывода Octagon Systems, Fastwel, контроллеров серии ADAM 5510;
- средства разработки драйверов для любого устройства;
- библиотека поддержки модулей-преобразователей серии G5 и 70L/73L (Grayhill);

- поддержка сторожевого таймера;
- встроенные алгоритмы дискретного и аналогового управления и регулирования, в т.ч. П, ПИ, ПИД-законы;
- калибровка входных измерительных каналов;
- широтно-импульсная модуляция аналоговых переменных;
- простое подключение к популярным SCADA-системам;
- моделирование процессов;
- эмуляция контроллера на системе программирования;
- удаленная сетевая отладка программы и осциллографирование переменных с любых узлов;
- подключение программных модулей, написанных на других языках;
- подключение любых типов контроллеров;
- библиотека функциональных модулей, в т.ч. математических, статистических;
- библиотека функциональных модулей, определяемая пользователем;
- инспектор программ;
- встроенная сетевая поддержка работы контроллеров;
- неограниченное количество переменных и каналов ввода-вывода.

В состав системы программирования UltraLogik входят бесплатные компоненты:

- DDEserv-DDE-сервер для связи сетей IPXNet и PLCNet с любыми Windows-приложениями;
- Ultranet.dll — специализированный драйвер для связи сетей IPXNet и PLCNet со SCADA-системой Genie.

## **4.8 Нижний уровень**

### **4.8.1 Функции нижнего уровня**

Элементы нижнего уровня выполняют, как правило, две функции. Одни элементы осуществляют измерение физических величин; другие элементы выполняют непосредственное подключение /отключение исполнительных элементов — электро-

двигателей, соленоидов, тяговых электромагнитов и т.д. Если сигналы с датчиков не требуют никакой обработки, то они могут идти непосредственно на элементы среднего уровня. Например, если сработал датчик максимального накопления емкости (**такой датчик называют датчиком верхнего уровня, но авторы не стали применять устоявшуюся терминологию, чтобы не запутать читателя различными значениями термина «уровень»**), то он поступает, как правило, на модуль дискретного ввода. Модули ввода мы отнесли к элементам среднего уровня автоматизированной системы. Если сигнал с датчиком не может быть передан на средний уровень (например, аналоговый сигнал очень маленькой или очень большой амплитуды), то он предварительно обрабатывается на нижнем уровне. Он может быть пропорционально усилен, или наоборот ослаблен путем подключения делителя. После этого, он может быть передан на блок аналогового ввода.

Исполнительные элементы могут быть также как простейшими, так и более сложными. В первом случае, это просто управляемые контакты соответствующей нагрузочной способности. К более сложным относятся устройства плавного пуска; плавного торможения; устройства, ограничивающие максимальное усилие и т.д.

Ниже дан обзор продукции нижнего уровня автоматизации ведущих мировых производителей.

#### **4.8.2 Компания OMRON**

Японская компания OMRON была основана в 1933 году в городе Киото как фирма по разработке, производству и продаже компонентов по автоматизации. В настоящее время OMRON является международной корпорацией и признанным мировым лидером в разработке и производстве всех необходимых компонентов для построения систем АСУ ТП.

Фирма выпускает большое количество различных моделей реле, предназначенных для решения разнообразных задач коммутации, защиты, передачи информации и др., производятся реле для печатного монтажа.

Фирма предлагает такое оборудование, как промышленные панельные счетчики, таймеры, ПИД-регуляторы, механические датчики угла поворота. Для решения задач управления электроприводами фирмой выпускаются несколько моделей частотных преобразователей (инверторов) серии SYSDRIVE, позволяющих управлять практически любыми электроприводами.

Отдельную группу можно выделить выпускаемыми фирмой датчики. Среди них широкую известность получили фотоэлектрические датчики, индуктивные и емкостные датчики приближения, которые выпускаются в различных конструктивных исполнениях, что дает возможность их применения в обширном спектре задач.

Помимо основной продукции, фирма OMRON производит широкую гамму различного вспомогательного оборудования, такого как кнопки, промышленные выключатели, контакторы, промышленные источники питания и многое другое.

Например, инвертор SYSDrive 3G3RV имеет функцию сверхточной регулировки скорости и большую глубину регулирования. Может работать с полным моментом в области нулевых частот. Пусковой момент до 150 % при 0,5 Гц.

Фирма производит фотоэлектрические датчики. Основная функция — определение наличия объекта. Выпускаются в пластиковом или металлическом корпусах, имеются модификации для монтажа в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

К основным достоинствам этой серии можно отнести малое время срабатывания, возможность определения цвета, формы, положения объекта, а также возможность обнаруживать и осуществлять идентификацию меток. Помимо этого, большинство моделей позволяет регулировать чувствительность. Некоторые модели имеют режим запоминания. Стандартным является наличие светодиодных индикаторов режима работы (включен/выключен/ожидание) и захвата. Часть датчиков имеет встроенные функции самонастройки и самодиагностики. Все датчики имеют защиты от короткого замыкания и переплюсовки.



Рисунок 4.8 — Индуктивные датчики приближения фирмы Omron

OMRON производит индуктивные и емкостные датчики приближения (см. рисунки 4.7 и 4.8).

Индуктивные датчики выпускаются нескольких моделей, различающихся между собой по конструкции и зоне срабатывания. Производятся прямоугольные и цилиндрические датчики. Все модели предназначены для детектирования объекта в зоне чувствительности датчика. Датчики имеют ключевой выход PNP- или NPN-типа. Питание

датчиков осуществляется напряжением постоянного или переменного тока. Большинство моделей поставляется с уже предустановленными соединительными кабелями. Также доступны модификации для подключения через разъем. Все модели имеют светодиодный индикатор питания и срабатывания, некоторые из них имеют регулировку чувствительности.

Индуктивные датчики приближения имеют следующие характеристики:

- зона чувствительности: 0,8–20 мм;
- напряжение питания: 10–40 В постоянного тока, 20–264 В переменного тока;
- схема подключения: 2-, 3-проводная;
- частота срабатывания: 0,1–3 кГц;
- тип выхода: ключевой, PNP- или NPN-типа;
- материал изготовления: ABS-пластик, никелированная ла-



Рисунок 4.7 — Емкостные датчики приближения фирмы Omron

тунь, нержавеющей сталь;

- степень защиты: IP66-IP674;
- диапазон рабочих температур:  $-25 \dots +70$  °С.

Датчики уровня также выпускаются 2-х типов: емкостные и индуктивные. Их характеристики:

- тип измеряемых субстанций: любые плоские поверхности, проводящие и непроводящие материалы, проводящие жидкости;
- диапазон измерений: 0,2–3 м; 0–100 пФ; 4–300 кОм;
- тип выходного сигнала: токовый 4–20 мА или замыкание контактов реле;
- диапазон рабочих температур:  $-20 \dots +55$  °С;
- питание: внешнее 110–220 В или 24В (в зависимости от варианта исполнения).

Актуальной задачей в системах автоматизации и управления является измерение линейных и угловых перемещений, для ее решения в настоящее время широко используются преобразователи, созданные с применением различных физических принципов [13]. К наиболее известным методам измерения параметров положения относятся:

- потенциометрический;
- емкостной;
- индуктивный (индуктивные дифференциальные преобразователи линейных перемещений/угловых перемещений — LVDT/RVDT, планарные индуктивные катушки);
- использующий эффект Холла;
- использующий магниторезистивный эффект;
- на основе явления магнитострикции;
- оптический.

Для решения задач измерения значительных перемещений (более 1 м) используются кодирующие преобразователи. Кодирующие устройства (шифраторы) представляют собой преобразователи, на выходе которых в цифровой форме представляются воспринимаемые ими перемещения. Линейные перемещения воспринимаются линейным, а угловые — угловым или поворотным кодирующим устройством. На рисунке 4.9 показаны различные линейные и угловые поворотные кодирующие устройства, созданные на основе различных принципов кодирования: с помо-

щью щеточного кодирующего устройства, с помощью оптического устройства, с помощью магнитного устройства.

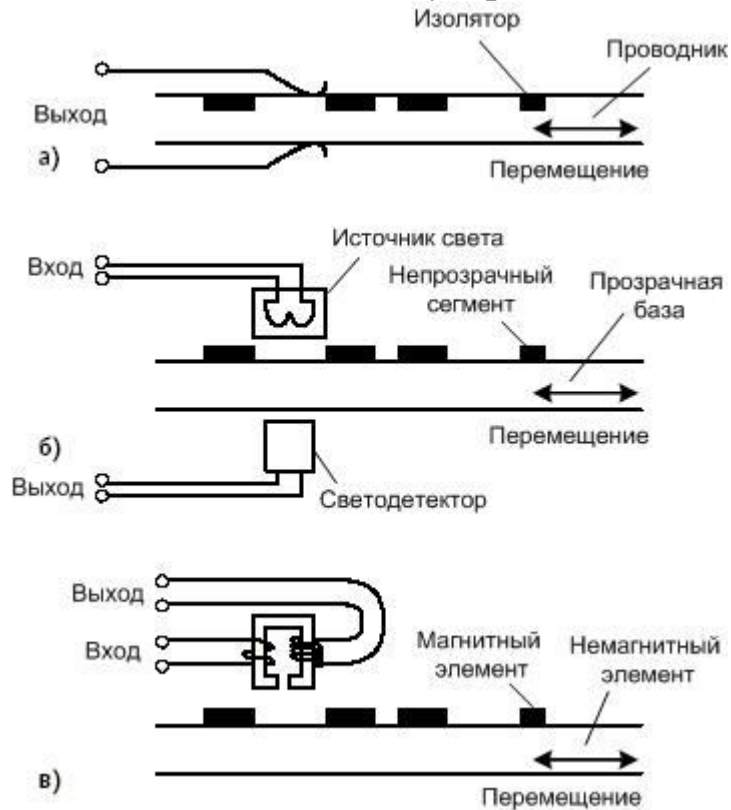


Рисунок 4.9 — Различные принципы кодирования перемещений

На практике в средствах механизации, промышленной робототехнике, средствах числового программного управления и других промышленных системах управления и контроля широко используются два основных типа оптических угловых (поворотных) кодирующих устройств: шифраторы приращений (рисунок 4.10) и абсолютные шифраторы (рисунок 4.11).



Рисунок 4.10 — Шифраторы приращений фирмы Omron:  
а — модель E6B; б — модель E6C2



Шифратор приращений индицирует только перемещение при движении от начального состояния, а абсолютный шифратор индицирует абсолютное положение. В абсолютных шифраторах углового положения используется электромеханический способ аналого-цифрового преобразования, предполагающий непосредственное преобразование угла поворота вала в соответствующий цифровой выходной сигнал, который может быть использован для обработки и интерпретации информации любым измерительным комплексом.



Рисунок 4.11 — Абсолютные шифраторы фирмы Omron:  
*а* — модель E6C2-A; *б* — модель E6CP

Абсолютные шифраторы применяются в тех случаях, когда устройство бездействует в течение продолжительных интервалов времени или перемещаются с небольшой скоростью. Примерами таких устройств могут быть задвижки управления подъемом воды, телескопы, грузовые краны и т.д.

Шифраторы приращений могут быть классифицированы следующим образом.

Одноканальные (тахометрические шифраторы), применяемые для измерения скорости или частоты, не могут быть использованы для определения направления перемещений. Выходной сигнал обычно представляет собой периодическую импульсную последовательность.

Двухканальные шифраторы, генерирующие сдвинутые относительно друг друга по фазе на  $90^\circ$  выходные периодические импульсные последовательности, позволяют с помощью внешних логических цифровых устройств определять направление вращения вала и таким образом делают возможным двунаправленное позиционирование.

Трехканальные шифраторы приращений генерируют так называемый нулевой импульс, который вырабатывается один раз за оборот вала и который также называется сигналом реперной точки, маркерным сигналом, сигналом исходной точки, Z-сигналом.

Подробнее об устройстве шифраторов и их принципах работы можно познакомиться на сайте: [www.cta.ru](http://www.cta.ru) или из периодической печати [13].

Ниже, в качестве примера, приведены характеристики шифратора приращений и абсолютного шифратора фирмы OMRON. Шифратор приращений E6C2:

- Разрешение: 10–2000 импульсов/об;
- Выходные фазы: A B&Z (реверсивные);
- Сдвиг между фазами:  $90 \pm 45^\circ$ ;
- Максимальная частота разрешения: 100 кГц (100000 импульсов/об.);
- Выход NPN, открытый коллектор;
- Предельная частота вращения: 5000 об/мин;
- Напряжение питания % 5–24 В;
- Потребляемый ток: до 80 мА;
- Предельная нагрузка на входной вал:
  - радиальная 4 кгс;
  - осевая 3 кгс.
- Начальный момент сопротивления вращению: 100 гс.
- Степень защиты: IP64.
- Габаритные размеры:
  - наружный диаметр 50 мм;
  - длина 40 мм;
  - диаметр входного вала 6 мм.

Абсолютный кодировщик E6C2-A:

- разрешение: 256, 360, 720, 1024 импульсов/об.;
- выходной код:
  - код Грея двоичный;
  - двоичный при 256 отсчетах/об.;
  - 96-разрядный при 360 отсчетах/об.;
  - 10-разрядный при 720, 1024 отсчетах/об.

- Максимальная частота разрешения: 20 кГц (20000 импульсов/об.);
- Выход: NPN, открытый коллектор;
- Предельная частота вращения: 8000 об./мин;
- Напряжение питания: 12–24 В;
- Потребляемый ток: до 70 мА;
- Предельная нагрузка на входной вал: радиальная — 8 кгс, осевая — 3 кгс;
- Начальный момент сопротивления вращению: 100 гс;
- Степень защиты: IP64;
- Габаритные размеры:
  - наружный диаметр 50 мм;
  - длина 38 мм;
  - диаметр входного вала 8 мм.

#### **4.8.3 Компания PEPPERL+FUCHS**

Компания PEPPERL+FUCHS (подразделение автоматизации производственных процессов) работает на рынке промышленной автоматизации с 1945 года и в настоящее время является хорошо известным, динамично развивающимся предприятием. Pepperl+Fuchs добилась всемирного признания как производитель датчиков, систем идентификации и систем передачи данных. С тех пор как в 1959 году специалистами фирмы был изобретен первый индуктивный бесконтактный датчик положения, разработано еще много новых изделий.

Вместе с недавно включенной номенклатурой продукции фирмы Visolux (Berlin) компания предлагает обширную программу с более чем 8000 изделий, специально разработанных в соответствии с условиями применения в различных отраслях машиностроения, технических средствах перемещения материалов, автомобильной промышленности, печатном оборудовании и др. Торговая марка Pepperl+Fuchs охватывает область технических решений для индуктивных, емкостных, магнитных и ультразвуковых датчиков, а торговая марка Visolux дополняет этот сектор рынка фотоэлектрическими датчиками и датчиками для систем управления воротами, лифтами.

Бесконтактные датчики положения не имеют физической связи с объектами. О присутствии тела они судят с помощью того или иного принципа обнаружения, реализуемого в соответствующих преобразователях. В номенклатуре Pepperl+Fuchs представлены индуктивные датчики положения, емкостные датчики положения, соответствующие магнитные преобразователи, фотоэлектрические датчики для определения положения.

При выборе типа датчика необходимо руководствоваться следующими правилами. Если объект выполнен из металла, следует применять индуктивный датчик. В случае, когда объект сделан из пластика, или бумаги, или это жидкость (нефть или вода), гранулы или порошок, необходимо применять емкостной датчик. Магнитные преобразователи пригодны для обнаружения объектов, снабженных магнитами (электромагнитами или постоянными магнитами).

Датчики выполнены из различных материалов, таких как нержавеющая сталь, латунь, покрытая никелем или тефлоном, специальные пластмассы, выдерживающие воздействие кислот, морской воды, горячей воды и устойчивые к истиранию. Конструкции корпусов: цилиндрические, прямоугольные, щелевые и кольцевые. Датчики запитываются от сетей переменного или постоянного тока, имеют дискретные или аналоговые выходы.

Фотоэлектрические датчики применяются для бесконтактного обнаружения, определения местоположения, сортировки или подсчета разнообразных объектов в автомобильной промышленности, машиностроении, полиграфии, при обработке материалов, упаковке, в робототехнических системах автоматизации механосборочных операций, контроля качества, доступа и др.

Visolux предлагает одну из полных линий продукции для этих применений:

- Датчики распознавания цвета или контрастности для обнаружения минимального различия в цвете или контрастности;
- Световые сканирующие устройства с прецизионным подавлением фона для задач обнаружения объектов в сложных условиях;

- Стекланные и пластиковые волоконно-оптические световоды для построения каналов связи, обеспечивающих передачу сигналов на большие расстояния с большой скоростью;
- Датчики с применением лазерной технологии для решения задач обнаружения с высоким разрешением;
- Устройства с пластиковыми или металлическими корпусами пригодны для применения даже в самых тяжелых условиях окружающей среды.

Фирма PEPPERL+FUCHS выпускает также считыватели штрих-кода, около сорока моделей ультразвуковых датчиков, большой ряд дешифраторов и другие средства автоматизации производственных процессов.

#### 4.8.4 Фирма SIEMENS

Фирма SIEMENS давно известна на российском рынке как производитель электроприборов. В последнее время фирма выпустила ряд преобразователей частоты 4-го поколения под торговой маркой MICROMASTER. Преобразователи выпускаются четырех типоразмеров:

- MICROMASTER 410 (для двигателей мощностью 0,12÷0,75 кВт);
- MICROMASTER 420 (для двигателей мощностью 0,12÷11,00 кВт);
- MICROMASTER 430 (для двигателей мощностью 7,5÷90,00 кВт);
- MICROMASTER 440 (для двигателей мощностью до 200,00 кВт).

Общие характеристики преобразователей:

- Совместимость со всеми типами асинхронных и синхронных двигателей российского и зарубежного производства;
- Параметрируемые, гальванически изолированные, переключаемые (PNP/NPN) дискретные входы;
- Автоматический перезапуск после пропадания сетевого напряжения;
- Возможность пуска при вращающемся двигателе («подхват на лету»);

- Полная электронная защита преобразователя и двигателя от пониженного и повышенного напряжения, перегрузки по току, перегрева преобразователя и двигателя, утечки на землю, блокировки и опрокидывания двигателя и изменения параметров;
- Встроенный интерфейс RS-485;
- Программное обеспечение запуска в эксплуатацию в среде Windows 95/98/NT/2000;
- Разрешение Госгортехнадзора России на применение;
- Диапазон рабочих температур от  $-10$  до  $+50$  °С;
- Степень защиты корпуса IP 20.

В зависимости от исполнения, преобразователи могут иметь те или иные дополнительные функции. Наиболее важные функции приведены ниже:

- Встроенный ПИД-регулятор (с автонастройкой) для автоматического регулирования потока, давления или температуры с помощью внешнего датчика;
- Высокая перегрузочная способность;
- Мгновенное ограничение тока (FCL) для работы без отключения двигателя;
- Встроенный электронный тормозной блок;
- Встроенные логические функции;
- Управление силовыми контакторами при переходе на прямое питание двигателя от сети;
- Управление силовыми контакторами для реализации многодвигательного режима при ПИД-регулировании технологического параметра;
- Контроль изменения момента в заданном диапазоне для выявления отказа привода (обрыв приводного ремня, «сухой» ход насоса и т.д.);
- Режим энергосбережения, ограничивающий работу привода на малой частоте ПИД-регулировании технологического параметра.

Из огромной номенклатуры изделий, выпускаемых фирмой SIEMENS особого внимания заслуживают также измерители давления; измерители расхода; пирометры; а так же широкий ряд коммутационных аппаратов.

#### **4.8.5 Фирма SCAIME**

Эта фирма не имеет столь широкого спектра изделий, как вышеописанные. Фирма специализируется на средствах измерения веса, и здесь ей нет равных! Изделия фирмы позволяют измерить вес от 0,2 граммов до 200 тонн. Ошибка измерения колеблется в диапазоне от 0,05 % до 0,013 % в зависимости от типа датчика.

Все датчики сохраняют свои параметры в диапазоне температур от  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ . При этом температурная погрешность в диапазоне от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  компенсируется автоматически.

### **5 СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ: СИНТЕЗ АВТОМАТИЧЕСКИХ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ**

#### **5.1 Групповое проектное обучение, как прорыв в области комплексной автоматизации**

На кафедре “Промышленная электроника” ТУСУР с 2004 года начата работа по созданию модели современного предприятия. Упрощенная модель представляет собой комплекс из офиса, цеха и склада. При этом вид деятельности предприятия не конкретизируется. Это позволяет любую задачу по автоматизации технологического процесса решать в рамках нашей модели. Небольшие группы студентов разных курсов обучения могут разрабатывать конкретные АСУ, используя опыт предыдущих студентов и оставляя, соответственно, свой вклад в реализацию реального проекта. Структурная схема такой модели представлена на рисунке 5.1.

Как видно из рисунка, система «Современное предприятие» является комплексной автоматизированной системой и состоит из различных систем, как автоматизированных, так и автоматических. К автоматическим системам можно отнести «Систему Гарантированного Электропитания» и «Систему Автоматического Пожаротушения», все остальные системы являются автоматизированными.

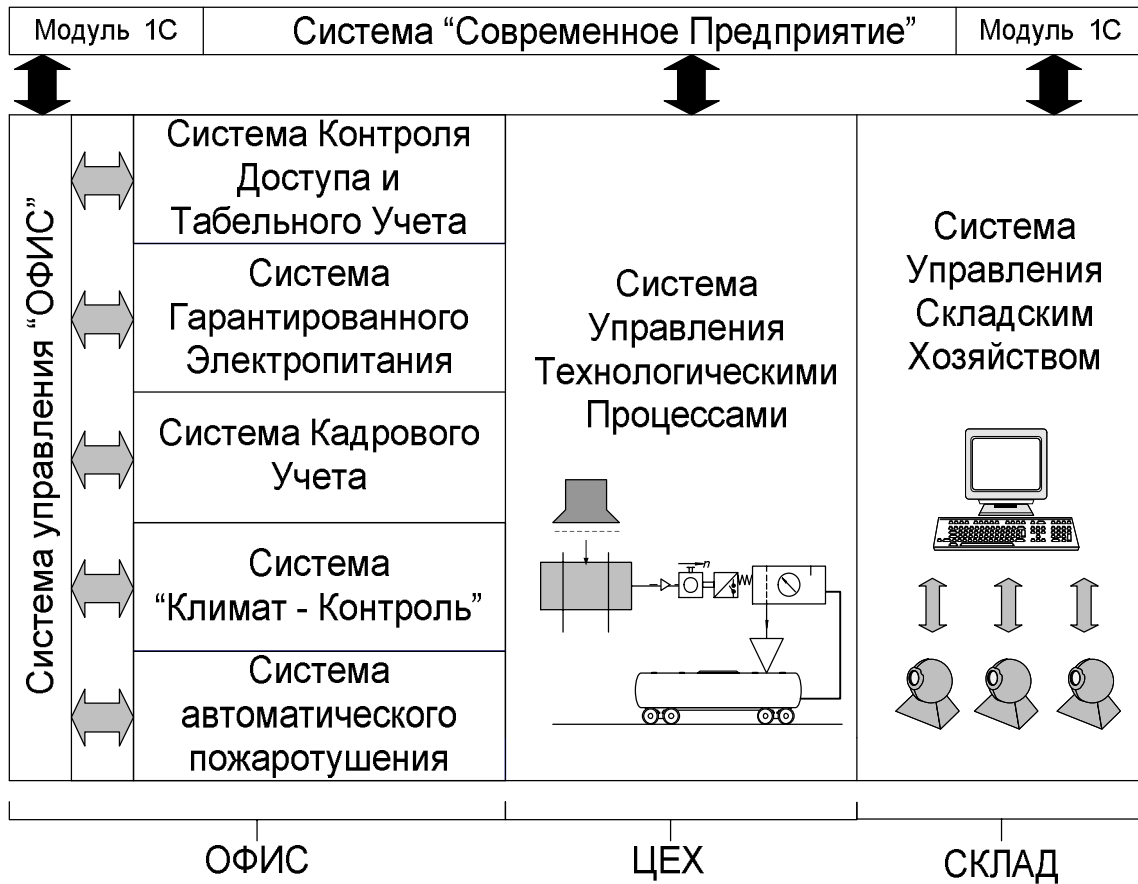


Рисунок 5.1 — Структурная схема системы «Современное предприятие»

Рассматриваемая система имеет классическую для подобных систем иерархическую структуру с сильными связями, т.к. любой элемент нижележащего уровня подчинен только одному элементу вышестоящего уровня. Иначе данную структуру можно представить в виде дерева элементов (подсистем), как показано на рисунке 5.2.

К настоящему времени работа начата по всем подсистемам, представленным на рисунке 5.1. Степень проработки подсистем различна. Система контроля доступа и табельного учета завершена и проходит лабораторные испытания; система климат контроля теоретически разработана, запатентована, реализована практически и внедрена на реальном объекте; система кадрового учета и система управления складским хозяйством находятся на этапе эскизного проектирования.



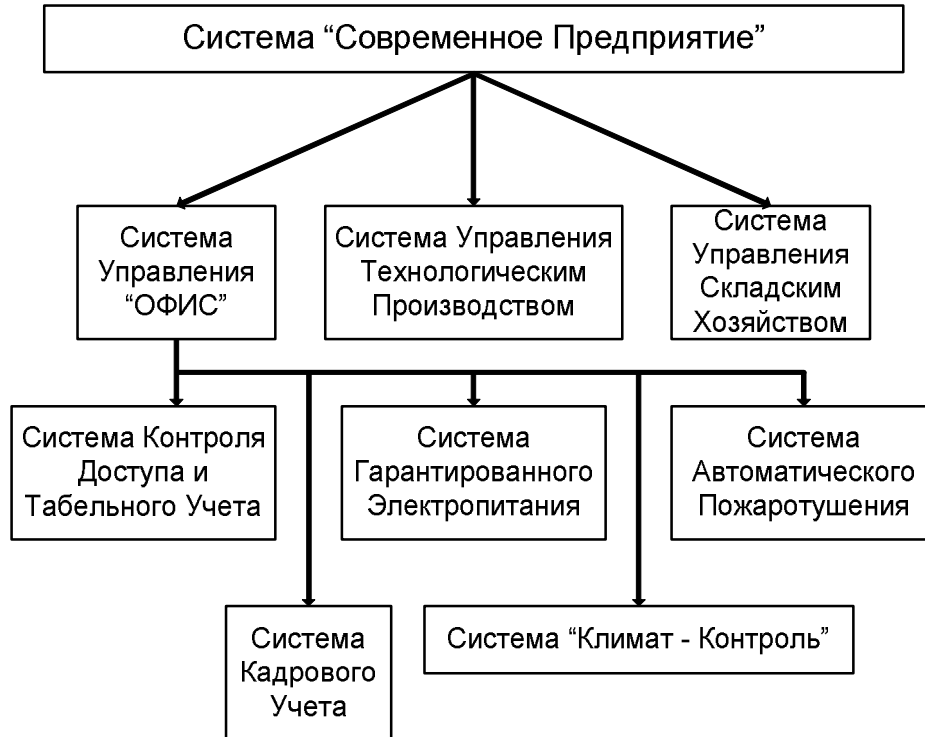


Рисунок 5.2 — Иерархическая структура с сильными связями

На кафедре «Промышленная электроника» одна из лабораторий укомплектована микроконтроллерными комплексами «Де-конт». Это позволит студентам реализовать теоретические разработки на практике. Таким образом, круг реальных проектов, выполняемых на кафедре, может быть существенно расширен, что качественно повысит уровень подготовки специалистов.

Система гарантированного электропитания, представленная на рисунке 5.1, рассмотрена нами на примере СГЭП телефонной станции в главе 3.

Автоматизированную систему рассмотрим на примере системы контроля доступа на примере системы контроля доступа и табельного учета (СКД и ТУ).

## 5.2 Автоматизированная система контроля доступа и табельного учета

В настоящее время на российском рынке наиболее активно работают такие крупные производители систем контроля доступа, как «ШЭЛТ-ДОСТУП», «Keri Systems» и «PERCo». Каждый производитель стремится сделать такую систему универсальной,

чтобы наряду с функциями контроля доступа выполнялись и функции табельного учета. Большинство из этих систем являются довольно дорогими, в то время как многие из заложенных в эти системы универсальных функций, оказываются не востребова- нными на практике. На кафедре «Промышленная электроника» ТУСУР была разработана собственная система контроля доступа и табельного учета, о которой и пойдет речь в этой главе.

Объектом управления является проходная на предприятии с численностью персонала до 200 чел. Под проходной предприятия понимается некоторый проходной коридор с установленными за- граждением в виде турникета, считывателями электронных ключей (на оба направления), датчиками контроля прохода и диспет- черским пунктом контроля. При разработке учитывается, что предприятие не является объектом повышенной секретности или опасности.

Исходя из требований к объекту управления, было составлено следующее техническое задание на проектирование системы.

**Разработчик**

Доц. каф. ПрЭ Тырышкин А.В.

**Заказчик**

Зав. каф. ПрЭ Кобзев А.В.

« 12 » 02 2004 г.

« 12 » 02 2004 г.

## **ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ** на разработку Системы Контроля Доступа и Табельного Учета (СКД и ТУ)

**Шифр:** «Контроль».

**Назначение:** СКД и ТУ предназначена для ограничения доступа на предприятие, осуществление контроля и протоколи- рования проходов сотрудников на предприятие, а также ведения учета рабочего времени.

**Цель:** Автоматизация контроля доступа сотрудников на предприятие и ведения табельного учета.

**Объект управления:** Объектом управления является проходная малого предприятия с численностью до 200 человек, которая имеет в своем составе турникет, считыватели электронных ключей, датчики контроля прохода, пропускной диспетчерский пункт предприятия.

*Автоматизированная система должна обеспечивать следующие функции:*

1) Ограничение доступа на предприятие с помощью электронных пропусков;

2) Осуществление контроля прохода сотрудников на предприятие;

3) Управление турникетом (отпирание в одном из направлений прохода, полное отпирание, блокировка в одном из направлений, полная блокировка) для обеспечения возможности прохода сотрудников и посетителей на предприятие;

4) Ведение журнала присутствующих на предприятии сотрудниках;

5) Формирование отчетов о времени прохода:

а) сотрудника предприятия;

б) всех сотрудников одного из отделов предприятия;

в) всех сотрудников предприятия;

г) всех посетителей предприятия.

Для удобства работы все отчеты должны иметь формат MS Excel.

6) Выдача информации на экран диспетчера:

а) о проходящем через систему человеке с сообщением о направлении прохода и возможности доступа на предприятие;

б) о сотрудниках на местах;

в) о любом сотруднике предприятия;

г) о любом отделе предприятия;

д) о графике работы сотрудников предприятия;

е) о посетителе предприятия;

ж) о состоянии автономной памяти системы.

7) Обеспечение работы системы в автономном режиме при отсутствии питающей сети:

а) автоматический переход в автономный режим;

б) автоматическое выполнение функций 1–4;

- в) автоматическое восстановление работы системы с переписью всей информации из автономной памяти в БД при включении сети.
- 8) Прием команд в ручном режиме от пульта управления в случае экстренных ситуаций:
  - а) заблокировать проход в оба направления;
  - б) разрешить проход в оба направления;
  - в) разрешить проход в одном направлении на вход;
  - г) разрешить проход в одном направлении на выход;
  - д) сброс.
- 9) Обеспечение автоматической регистрации электронных ключей для удобства работы отдела выдачи пропусков.
- 10) Ведение базы данных сотрудников предприятия:
  - а) добавление информации о сотруднике в БД;
  - б) удаление информации о сотруднике из БД;
  - в) редактирование информации о сотруднике;
  - г) добавление информации об отделе в БД;
  - д) удаление информации об отделе из БД;
  - е) редактирование информации об отделе;
  - ж) добавление информации о графике работы в БД;
  - з) удаление информации о графике работы из БД;
  - и) редактирование информации о графике работы.
- 11) Регистрирование посетителей предприятия с последующим контролем их присутствия на предприятии.

***Параметры, предъявляемые к работе системы:***

Напряжение питания в номинальном режиме	~220 В, 50 Гц
Напряжение питания в автономном режиме	+12 В
Время работы в автономном режиме	не менее 15 суток
Время восстановления номинального режима	не более 3 мин
Максимальная ширина проходного коридора	180 см
Минимальная пропускная способность	20 чел/мин
Время считывания кода ключа	не более 0,1 с
Диапазон задания времени отпирания турникета	1–5 с
Диапазон задания времени ожидания прохода	1–20 с
Протокол связи с ПК диспетчера проходной	RS-232C

*Требования к программной части системы:*

Операционная система Windows XP  
 Программная часть должна иметь стандартный для Windows-приложений и интуитивно понятный интерфейс.

В связи с тем, что предполагается постоянная круглосуточная работа с программным приложением, то основные цвета окон должны быть выполнены в серых тонах, яркие и контрастные цвета, утомляющие зрение, должны отсутствовать. Разрешается использовать цветовую гамму без резкого выделения относительно основного фона для вывода особо важных сообщений.

*Требования к обеспечению информационной безопасности:*

Длина кода электронного ключа не менее 6 байт  
 Обеспечить проверку CRC при передаче сообщений между аппаратной частью системы и диспетчерским пунктом.

Обеспечить функцию контроля вторичного использования электронного ключа — «Anti pass back».

На жестком диске персонального компьютера диспетчерского пункта не должно находиться других программ, кроме операционной системы и программной части системы.

Системный блок должен быть опечатан, доступ к нему должен быть закрыт.

*Требования к надежности работы системы:*

Электронные ключи должны иметь высокую механическую прочность (вандалоустойчивость), а также сводить к нулю возможность подделки.

Обеспечить сохранность данных при многократном обрыве информационной шины между диспетчерским пунктом и аппаратной частью системы в моменты передачи сообщений.

Обеспечить режим тестирования всех датчиков и исполнительных элементов системы.

Обеспечить дублирование команд пульта управления на ПК диспетчерского пункта.

Объем автономной памяти должен быть достаточен для хранения информации о сотрудниках в течение всего времени работы в автономном режиме (не менее 15 суток) при 100 проходах (в обоих направлениях) в день на одного человека.

В процессе выполнения технического задания может подвергаться изменению по согласованию сторон.

### 5.3 Структура СКД и ТУ

Структурная схема СКД и ТУ приведена на рисунке 5.3. Как видно из рисунка СКД и ТУ представляет собой *трехуровневую иерархическую структуру с сильными связями*. Объектом управления является проходная предприятия. Система состоит из двух частей (аппаратной и программной), трех модулей, шести аппаратных блоков, четырех датчиков и двух исполнительных элементов.

Система имеет пять режимов работы:

1) *Номинальный режим.*

Основной рабочий режим системы.

– Питание системы осуществляется от сети ~220 В, 50 Гц.

– Управление всеми функциями системы осуществляет Модуль Управления, располагающийся на диспетчерском пункте предприятия.

– Учет лиц, присутствующих на предприятии, и рабочего времени сотрудников ведется в Модуле Хранения Информации.

2) *Автономный режим.*

Режим предназначен для автоматической работы системы при отключении питания сети.

– Система работает в автоматическом режиме при отключенной сети. Питание осуществляется от источника бесперебойного питания +12 В, 60 А·ч.

– Основные функции системы (ограничение, контроль доступа, ведение табельного учета, управление турникетом и т.п.) выполняются под управлением МСОИ.

– Программные модули — МУ и МХИ — не функционируют в автономном режиме, т.к. источник питает только аппаратную часть системы.

– Учет сотрудников, присутствующих на предприятии, ведется с помощью базы данных, хранящейся в автономной памяти. Учет рабочего времени ведется с помощью автономных часов реального времени в блоке автономного контроля.

– Пропуск посетителей не производится.

### 3) *Ручной режим.*

Предназначен для экстренного открывания турникета с пульта управления на случай экстремальных ситуаций или на случай пропуска посетителей.

– Управление турникетом осуществляется только с пульта управления. Остальные команды управления турникетом блокируются.

### 4) *Тестовый режим.*

Режим предназначен для проверки работоспособности всех датчиков и исполнительных элементов системы.

– Тестирование считывателей электронных ключей.

– Тестирование датчиков контроля прохода.

– Тестирование блока управления турникетом.

– В процессе тестирования какого-либо устройства все остальные аппаратные функции системы выключены.

### 5) *Режим автоматической регистрации ключей.*

Предназначен для обеспечения удобства работы отдела выдачи пропусков.

– При последовательном прикладывании ключей к одному из считывателей происходит их автоматическая регистрация в базе данных сотрудников (МХИ) и в автономной памяти (БАК). Поскольку код содержит последовательность шестнадцатеричных цифр, то набирать его вручную достаточно проблематично, кроме того, это повышает вероятность занесения в базу неверного кода. Наличие же этого режима позволяет свести вероятность ошибки практически к нулю. Дальнейшая регистрация сотрудника сводится лишь к набору фамилии, имени и отчества, данных паспорта и других, важных для сотрудника данных.

Обратите внимание, что данная система является трехуровневой с точки зрения управления потому, что задача управления решается на каждом из уровней (см. рисунок 5.3).

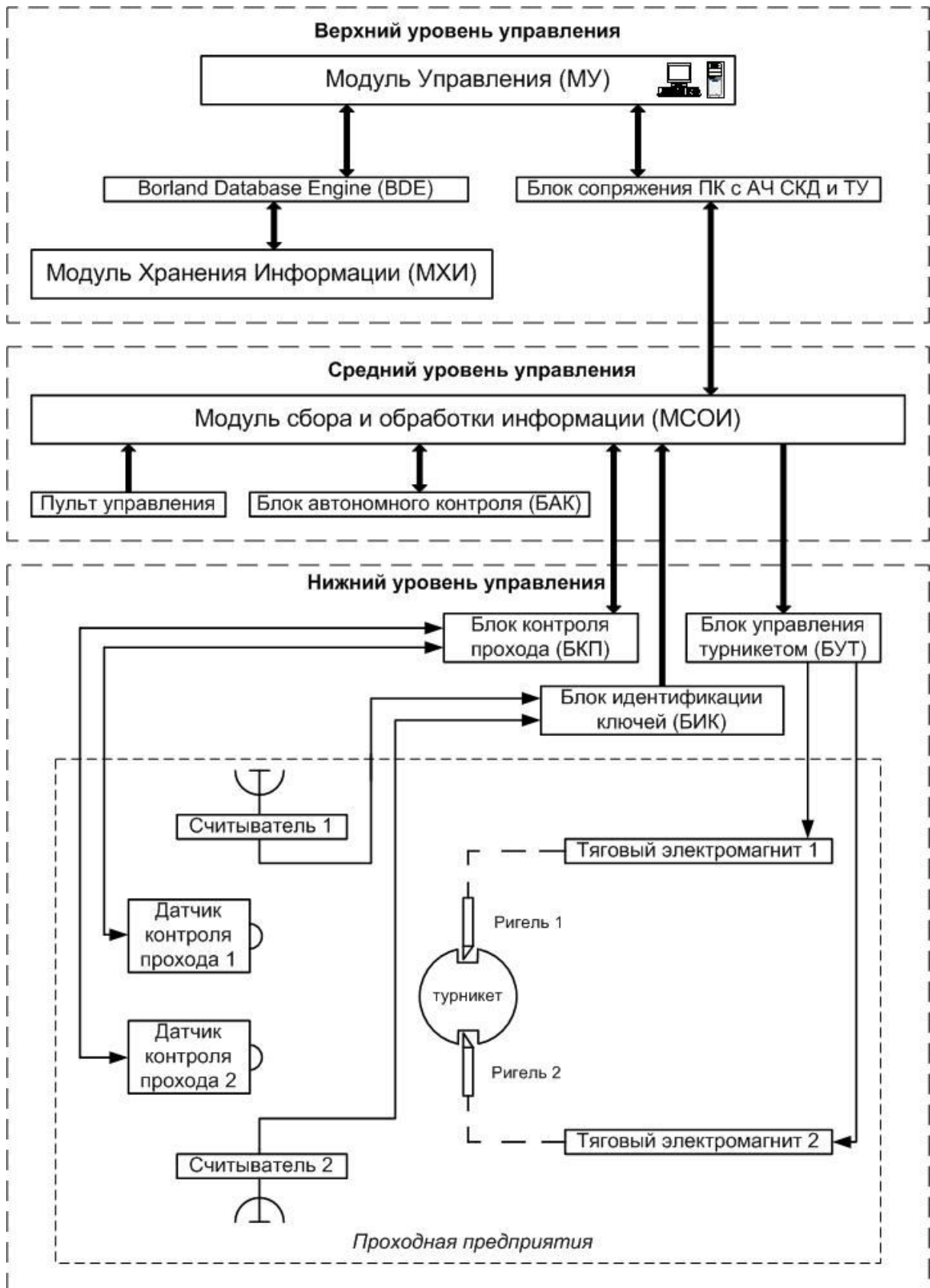


Рисунок 5.3 — Структурная схема СКД и ТУ



Система гарантированного электропитания, рассмотренная в главе 3, является двухуровневой, т.к. верхний уровень решает задачи диспетчеризации, а не управления. Однако, при переходе рассматриваемой системы в автономной режим работы в системе происходят три существенных изменения:

- 1) программная часть системы полностью выключается;
- 2) система становится автоматической, а не автоматизированной;
- 3) система становится двухуровневой с точки зрения управления, т.к. верхний уровень оказывается выключен.

Т.е., несмотря на внешнюю простоту системы (четыре датчика и два исполнительных элемента), *в процессе работы системы меняется ее структура (пункт 1), характер работы (пункт 2) и количество уровней управления (пункт 3).*

После определения структуры системы, определения модулей, входящих в ее состав и их функций, а также определения характера этих модулей (аппаратные или программные) можно переходить к разработке аппаратных и программных блоков, согласно циклу проектирования системы, описанному в главе 2. Рассмотрим подробнее аппаратную и программную части системы.

## **5.4 Описание аппаратной части СКД и ТУ**

### **5.4.1 Общее описание аппаратной части**

Аппаратная часть системы состоит из шести блоков и конструктивно выполнена на двух печатных платах. На одной из плат расположены блоки, связанные с приемом, хранением, обработкой и передачей информации, а именно:

- блок идентификации ключей;
- блок контроля прохода;
- блок автономного контроля;
- блок сопряжения МК и ПК;
- пульт управления.

Блок управления турникетом выполнен на отдельной плате, т.к. в его задачу входит управление силовыми цепями коммутации мощной нагрузки и его расположение рядом с блоками обработки информации нежелательно. Структурная схема аппаратной

части системы представлена на рисунке 5.4. Аппаратная часть системы работает следующим образом. После подачи питания и загрузки модулей управления и хранения информации, персональный компьютер (ПК) через блок сопряжения посылает запрос к микроконтроллеру о работоспособности последнего. Микроконтроллер отсылает на ПК команду подтверждения работоспособности, что позволяет управляющему модулю протестировать исправность работы блока обработки информации — центрального блока аппаратной части системы. Микроконтроллер, в свою очередь, подает импульсы с частотой 1 кГц для тактирования датчиков прохода и сбрасывает триггеры контроля прохода в нулевое состояние. Если в результате последующего тактирования датчиков хотя бы один из триггеров установится в единичное состояние, то это означает, что произошло срабатывание одного из датчиков в момент включения системы. Это может быть вызвано как наличием объекта в зоне датчиков прохода, так и наличием внешней засветки, вызвавшей ложное срабатывание датчика. Благодаря возможности управляемого сброса состояний триггеров можно отслеживать ситуации неисправности или ложного срабатывания в блоке контроля прохода. В случае, если при повторном сбросе триггеры будут устанавливаться в единичное состояние, то контроллер отправляет информацию на ПК о возможности наличия объекта в зоне действия датчиков или неисправности в блоке контроля прохода. В случае успешного сброса триггеров в нулевое состояние аппаратная часть системы готова к работе.

При прикладывании электронного ключа к одному из считывателей (считыватели располагаются на входе и на выходе проходной) последний передает его код по специальному протоколу в микроконтроллер. Микроконтроллер формирует пакет данных с кодом ключа и через блок сопряжения отправляет информацию на ПК по протоколу RS-232C. Модуль управления отправляет запрос к модулю хранения информации о существовании ключа. Если ключ существует, то определяются данные о его владельце и возможность прохода в том или ином направлении, в зависимости от того, с какого считывателя поступила информация в блок обработки. Соответствующая информация отображается на дисплее ПК, а в том случае, если проход разрешен, отправляет к микроконтроллеру команду на отпирание турникета в

том или ином направлении. Микроконтроллер включает одно из промежуточных реле в блоке управления турникетом, что приводит к срабатыванию соответствующего тягового электромагнита и отпиранию турникета в определенном направлении.

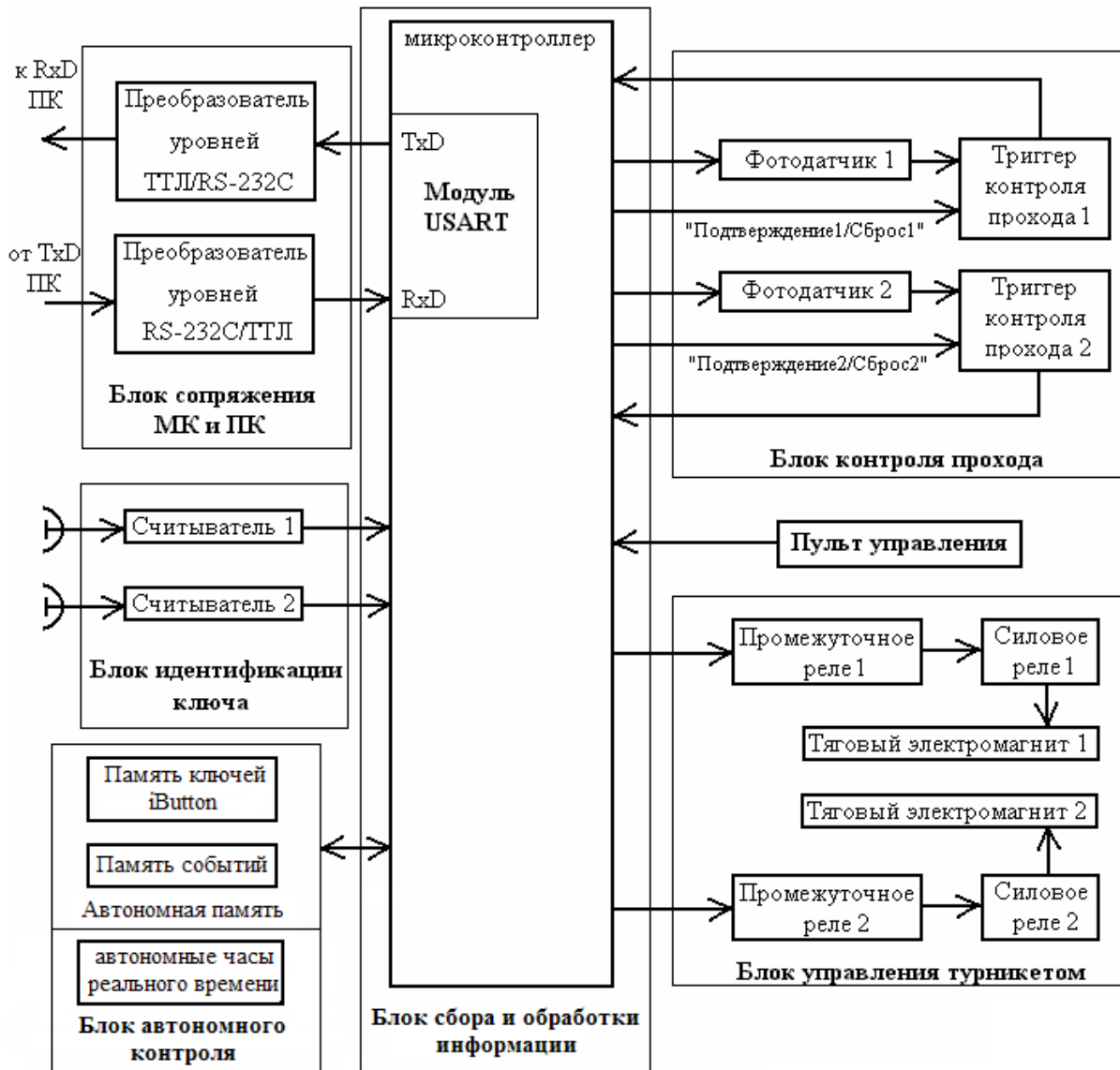


Рисунок 5.4 — Структурная схема аппаратной части СКД и ТУ

При проходе через систему происходит изменение состояния датчиков контроля прохода, что вызывает срабатывание соответствующих триггеров. Очередность срабатывания триггеров будет говорить о направлении прохода объекта через проходную. Соответствующая информация обрабатывается и через блок сопряжения отсылается на ПК. Модуль управления принимает ин-

формацию и выводит сообщение о направлении прохода на дисплей. В это время микроконтроллер сбрасывает триггеры в нулевое состояние, подтверждая тем самым принятую информацию и одновременно подготавливая блок контроля прохода к приему следующей информации о проходе.

В промежутках времени между проходами через СКД микроконтроллер осуществляет сканирование клавиатуры. При нажатии одной из клавиш происходит ее определение и выполнение соответствующей команды (заблокировать проход в оба направления, разрешить проход в обе стороны, разрешить проход в одном направлении на вход, разрешить проход в одном направлении на выход, сброс).

При работе системы в автономном режиме происходит также чтение и запись информации во внешнее ПЗУ. В автономном режиме микроконтроллер не обращается к ПК, а работает непосредственно с блоком автономного контроля. Блок хранит как сами коды ключей, так и информацию о присутствии или отсутствии их владельцев на предприятии и программно разделен на память номеров пользователей и память событий. Табельный учет ведется благодаря наличию автономных часов реального времени. Следует отметить, что автономная память хранит только информацию о сотрудниках данного предприятия, регистрация и проход посетителей в автономном режиме не производится.

С приходом запроса о проверке работоспособности от ПК микроконтроллер посылает подтверждение, а также передает изменение ситуации на предприятии в виде обновленной информации, хранящейся в памяти событий. Система переходит на номинальный режим работы: питание осуществляется от сети, а обмен информацией происходит между МК и ПК.

После того, как структура аппаратной части определена, можно приступать к разработке отдельных блоков. В связи с тем, что авторы не ставят в данном разделе задачи полной разработки системы, мы не будем досконально знакомиться с каждым из блоков. Однако, для более подробного знакомства с проектированием аппаратной части системы мы рассмотрим на принципиальном уровне все блоки нижнего уровня управления.

### 5.4.2 Описание Блока Идентификации Ключей

Исходя из требований технического задания к вандалоустойчивости и невозможности подделки электронных ключей, были выбраны ключи iButton компании Dallas Semiconductors.

Электронный ключ-идентификатор iButton представляет собой электронную схему, «упакованную» в прочный корпус из нержавеющей стали (очень похожий на небольшую дисковую батарейку), который в свою очередь состоит из двух электрически изолированных частей. Эти части образуют два электрических контакта (рисунок 5.5), по которым происходит обмен данными между iButton и считывающим устройством, в роли которого может выступать микроконтроллер или персональный компьютер.

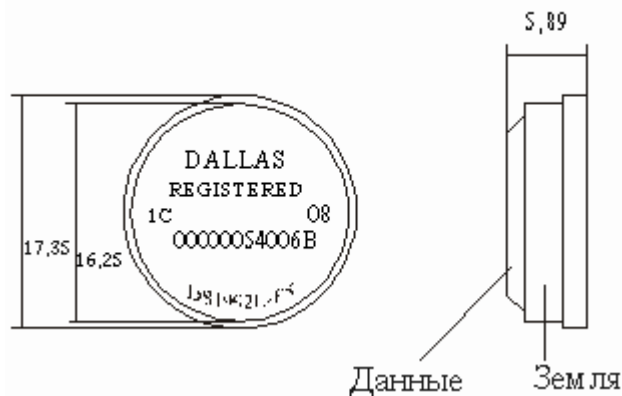


Рисунок 5.5 — Внешний вид ключа-идентификатора iButton

Для обмена информацией необходимо осуществить гальванический контакт между iButton и считывающим устройством, или иными словами просто прикоснуться iButton к контактному устройству. Каждая iButton содержит в минимальной конфигурации ПЗУ, в котором хранится 48-битный идентификационный номер, 8-битный код семейства и 8-битный избыточный код контроля. Таким образом, размер кода ключа составляет 8 байт, что также удовлетворяет требованиям ТЗ. Идентификационный номер является уникальным и записывается в процессе изготовления микросхемы при помощи лазера на заводе в Далласе. DS1990A не имеет никаких средств защиты области данных пользователя, так как области этой как таковой и нет.

Микросхема iButton изготовлена по технологии КМОП, и в состоянии ожидания основной ток потребления – только ток утечки (у КМОП он очень мал). Для сохранения энергопотребления на предельно низком уровне во время «активных» состояний (чтение данных, например), а также для совместимости с существующими сериями микросхем логики и микропроцессорами линия данных в iButton выполнена как выход с открытым стоком.

Для ключа iButton используется специальный, оптимизированный протокол 1-Wire, позволяющий осуществлять двунаправленный обмен данными.

Стандартная схема подключения контактного устройства к порту ТТЛ-уровня приведена на рисунке 5.6.

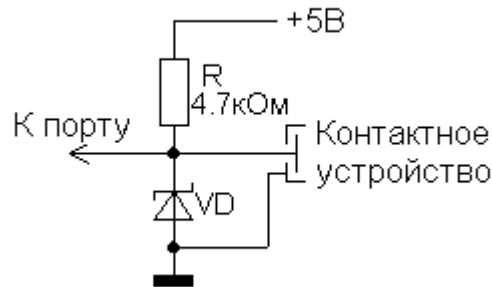


Рисунок 5.6 — Принципиальная схема одного из считывателей БИК

Диод Шоттки в этой схеме осуществляет защиту от помех отрицательной полярности.

### 5.4.3 Описание Блока Контроля Прохода

По требованию ТЗ датчики должны обеспечивать стабильный прием светового потока на расстоянии 180 см. Т.к. интенсивность излучения светодиода пропорциональна квадрату прямого тока, то для обеспечения данного расстояния необходимо существенно увеличить амплитуду тока. Это возможно только при использовании импульсного режима, т.к. при работе на постоянном токе будет выделяться существенная мощность, кроме того, расчетная амплитуда тока существенно превышает допустимый постоянный ток. В импульсном же режиме рассеиваемая

мощность зависит от относительной длительности импульсов и определяется как:

$$P_{\text{д}} = U_m I_m \gamma \quad (6.2)$$

где  $U_m, I_m$  — амплитуды напряжения и тока;

$\gamma$  — относительная длительность импульса.

Т.е. при той же рассеиваемой мощности можно существенно увеличить амплитуду тока через светодиод и, следовательно, дальность приема излучения.

Принципиальная схема блока контроля прохода представлена на рисунке 5.7.

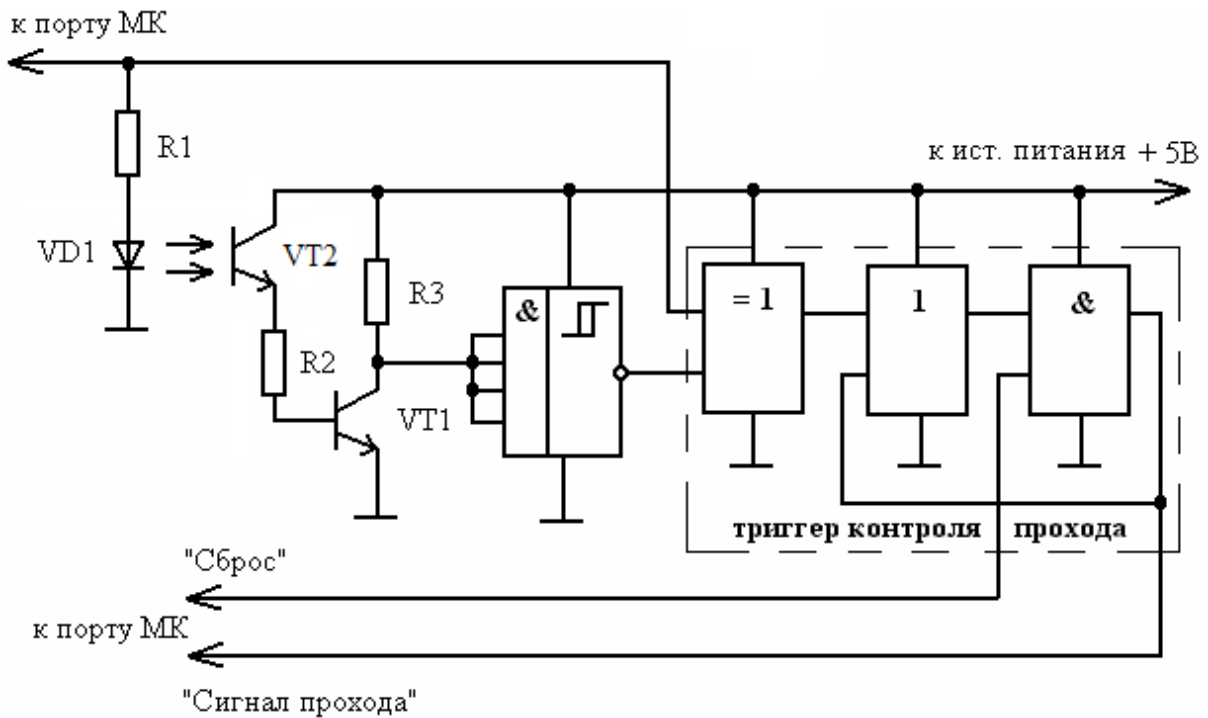


Рисунок 5.7 — Принципиальная схема блока контроля прохода

Блок контроля прохода работает следующим образом. Импульсы амплитудой 5В и частотой 1 кГц подаются на цепь R1, VD1. Импульсы светового потока инфракрасного диапазона принимаются фототранзистором, согласованным со светодиодом по спектру, что вызывает увеличение темнового тока через фотоприемник. Номиналы резисторов R2 и R3 подобраны таким образом, что увеличение тока базы VT1 при данном световом потоке

и температуре окружающей среды не более  $60^{\circ}\text{C}$  переводит транзистор VT1 в режим насыщения. Т.е. при отсутствии объекта между источником излучения и приемником транзистор переключается с частотой 1 кГц. Однако, данная схема включения транзистора предполагает наличие рабочей точки в линейной области характеристик, т.е. напряжение  $U_{кэ}$  может иметь любое значение в диапазоне от 0 до +5 В, что недопустимо при работе с логикой или контроллером. Такие режимы могут возникнуть, например, в результате внешней засветки или резкого увеличения температуры окружающей среды. В этом случае, увеличение базового тока и в отсутствии излучения источника будет приводить к отпиранию транзистора и уходу рабочей точки в линейный режим. Чтобы избежать этого используется триггер Шмидта, пороги срабатывания и отпускания которого строго определены. Микросхема имеет инверсный цифровой выход и может быть использована для преобразования медленно меняющихся аналоговых сигналов в цифровые. Так как датчики работают в импульсном режиме, то для того, чтобы не загружать контроллер поиском сигнала о проходе среди проходящих от датчиков импульсов, используется специальный триггер, выдающий лог. «1», если факт прохода обнаружен. Триггер собран на обычной логике, т.к. применение, например, RS-триггера вызывает некоторые затруднения в импульсном режиме. Если возникнет ситуация, когда на оба входа триггера поступят лог. «1», то состояние триггера будет неопределено, и может привести к неправильной работе системы. Данный триггер не имеет запрещенных состояний. Все состояния триггера приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 — Состояния триггера контроля прохода

Состояние источника излучения	Выходное состояние триггера Шмидта	«Сброс»	Исходное состояние «сигнала прохода»	«Сигнал прохода»
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1



1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

Для обеспечения защиты от внешней засветки используются согласованные по узкому диапазону инфракрасного спектра светодиод и фототранзистор. Засветка от ламп искусственного освещения не влияет на работу датчиков.

Цепь сброса необходима для организации обратной связи между блоком обработки информации и блоком контроля прохода. После приема сигнала о проходе микроконтроллер подает сигнал сброса, подтверждая тем самым принятую информацию. Сигнал сброса поступает также при включении системы, при этом микроконтроллер проверяет, сбросился ли триггер. Если триггер не сброшен, то поступают дополнительные импульсы сброса в течение определенного времени. Если и в этом случае триггер не сброшен, то микроконтроллер формирует пакет данных с сообщением о наличии неподвижного объекта в зоне контроля прохода, внешней засветки или неисправности блока контроля прохода. Данная информация отправляется на ПК и выводится на дисплее.

#### **5.4.4 Описание блока управления турникетом**

Принципиальная схема блока управления турникетом представлена на рисунке 5.8.

Схема работает следующим образом. При поступлении сигнала лог. «1» от МК транзистор VT1 открывается и переходит в режим насыщения. Практически все напряжение питания прикладывается к реле K1. По обмотке реле начинает протекать ток, реле срабатывает и его контакты K1.1 замыкаются, что приводит к включению реле K2. Реле K2 представляет собой тяговое электромагнитное реле, предназначенное в данной системе для непосредственного управления ригелями отпираания турникета.

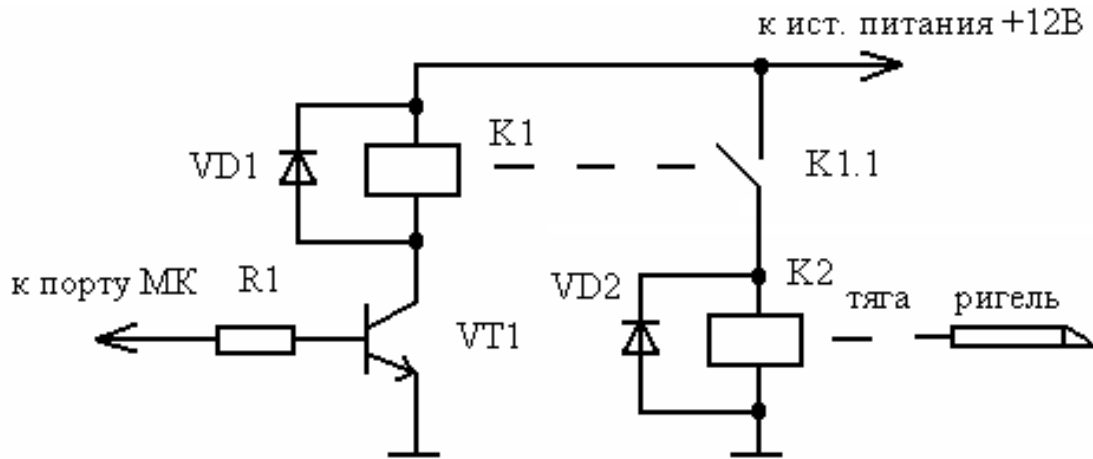


Рисунок 5.8 — Принципиальная схема блока управления турникетом

После срабатывания K2 за счет действия электромагнитных сил ригель движется в сторону реле (втягивается), что приводит к отпиранию турникета. Диоды VD1, VD2 предназначены для защиты реле при выключении. Так как реле содержит обмотку, то при выключении (размыкании контактов K1.1 или закрытии транзистора VT1) ток не может измениться скачком. Наводится ЭДС самоиндукции с противоположным знаком, что приводит к открытию диодов VD1 и VD2, в результате чего образуется путь протекания тока, причем направление тока через обмотку не изменяется. Энергия электромагнитного поля переходит в тепловую за счет рассеивания на сопротивлении обмотки, и ток падает до нуля.

Следует обратить внимание на тот факт, что для отпирания турникета используются два ригеля и две одинаковые схемы управления (рисунок 5.4), каждая из которых служит для отпирания турникета в строго определенном направлении.

## 5.5 Описание программной части СКД и ТУ

### 5.5.1 Описание Модуля Управления

Главное окно программы представлено на рисунке 5.9.

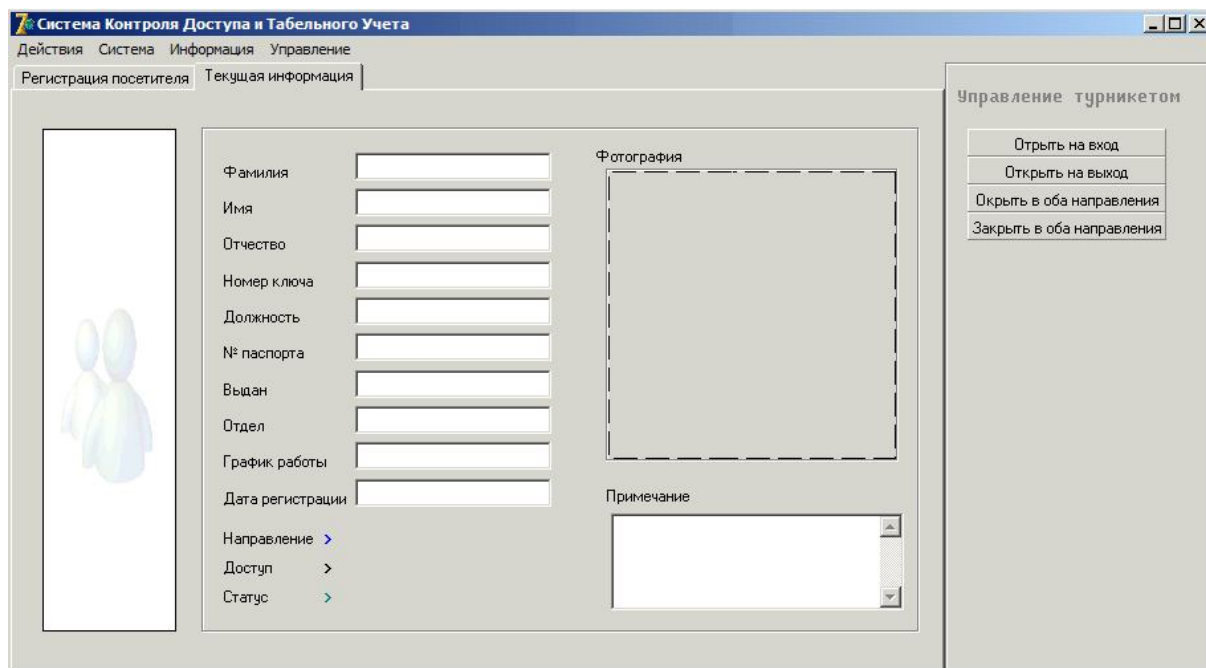


Рисунок 5.9 — Главное окно программы

Все окна, согласно ТЗ, имеют не напрягающий зрение серый основной фон, яркие цвета отсутствуют.

На главной форме отображается фотография сотрудника, его данные, указывается направление прохода и разрешение или запрещение доступа.

Система меню обеспечивает удобный интерфейс пользователя, т.к. позволяет осуществлять быстрый доступ к другим формам и возможностям программы (редактирование, сохранение и т.п.). Структура меню показана на рисунке 5.10.

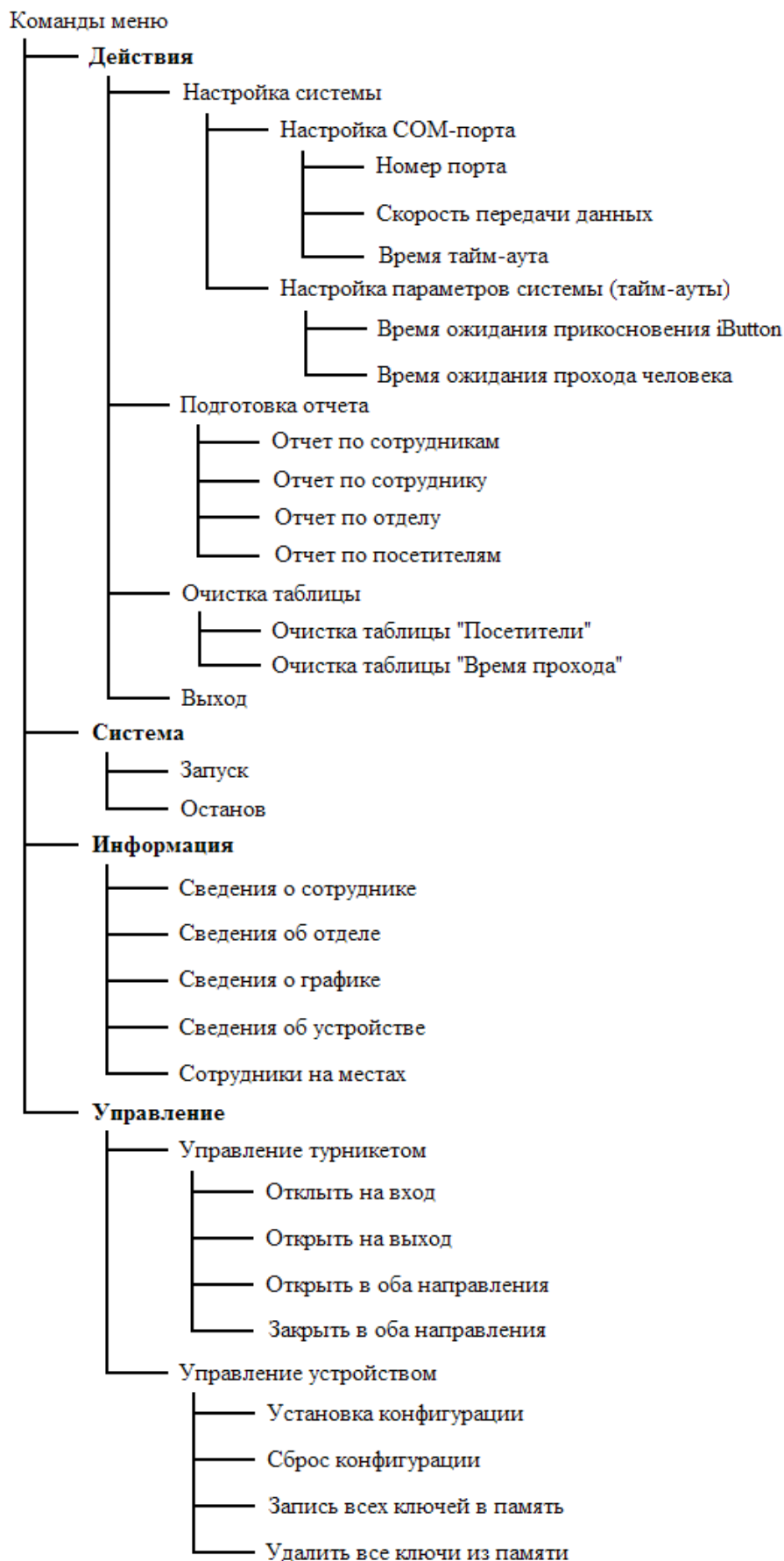


Рисунок 5.10 — Дерево команд меню интерфейса модуля управления

По команде «Настройка системы» вызывается форма, позволяющая задавать скорость обмена данными и длительность тайм-аутов (рисунок 5.11). По стандарту RS-232C рассогласование скоростей приемника и передатчика не должно превышать 10 %, поэтому и СОМ-порт ПК и МСОИ должны быть настроены на одинаковую скорость обмена данными (в данной системе 19200 бит/с).

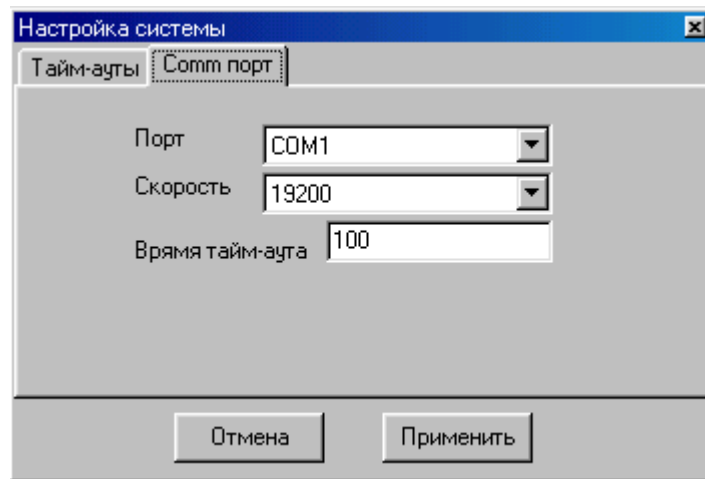


Рисунок 5.11 — Форма настройки системы

Закладка «Тайм-ауты» содержит настройки времени ожидания прохода человека и времени отпирания турникета.

После соответствующих настроек производится запуск системы командой «Запуск» в меню «Система». В случае успешного запуска выводится сообщение, что система успешно запущена, в противном случае выводится сообщение об ошибке. Второй командой меню («Останов») производится останов системы.

В меню «Информация» производится выбор одной из трех основных информационных форм, содержащих информацию о сотруднике, сведения о графике и сведения об отделе.

Форма для графика работы показана на рисунке 5.12.

День недели/N° отдела	Начало/конец пропуска	Начало/конец работы	Начало/конец перерыва
Понедельник	6:00-22:00	8:30-19:00	12:00-13:00
Вторник	6:00-22:00	8:30-19:00	12:00-13:00
Среда	6:00-22:00	8:30-19:00	12:00-13:00
Четверг	6:00-22:00	8:30-19:00	12:00-13:00
Пятница	6:00-22:00	8:30-19:00	12:00-13:00
Суббота	8:00-20:00	9:00-19:00	12:00-13:00
Воскресенье	.	.	.

Рисунок 5.12 — График работы сотрудника

На данной форме отображается вся рабочая неделя, выбор графика производится из выпадающего списка. Форма содержит также программные кнопки для редактирования, перемещения по графику, удаления, добавления и выхода.


Форма для вывода информации об отделе показана на рисунке 5.13.

Рисунок 5.13 — Сведения об отделе

Форма для вывода информации о сотруднике показана на рисунке 5.14. Напротив информации об отделе и графике работы содержатся кнопки, при нажатии которых происходит вызов форм с информацией о принадлежности данного сотрудника к какому-либо отделу и о графике работы данного сотрудника.

**Информация о сотруднике**

Фамилия: Кобзев  
 Имя: Анатолий  
 Отчество: Васильевич  
 Номер ключа: 018V99860A0000D1 ...  
 Должность: Ректор ТУСУР  
 № паспорта: 69 05 №124765  
 Выдан: ОВД 12.03.2000 г.  
 Отдел: 1 ...  
 График работы: 1 ...  
 Дата регистрации: 15.12.2005 г.  
 Доступ

Фотография: 

Примечание: Зав. каф. "Промышленная электроника"  
 д.т.н., профессор, действительный член АИИ РФ

Путь

Добавить    Редактировать    Удалить  
 Применить    Отменить    Закрыть

<< < > >>

Рисунок 5.14 — Информация о сотруднике

Разработанная программа позволяет также генерировать отчеты в формате Microsoft Excel (требование ТЗ). Для формирования отчета необходимо выбрать в меню «Система» команду «подготовка отчета». При этом появляется специальная форма для генерации отчетов, показанная на рисунке 5.15.

**Подготовка отчета**

Отчет по: сотрудник (рабочее время)

За период с: 04.12.2005 по 04.12.2005 ...

Выполнить    Закрыть

Рисунок 5.15 — Форма подготовки отчетов

Из списка выбирается объект, подлежащий отчетности, а также задается период, за который готовится отчет. Программа позволяет формировать отчет по сотрудникам, сотруднику, отделу и посетителям. В случае формирования отчета по сотруднику, информация о последнем также задается на специальной форме (рисунок 5.16). Сотрудника можно выбрать по имени, отчеству, фамилии, номеру паспорта, номеру электронного ключа. Выбор осуществляется из списка. В окне под списком вводится значение выбранного атрибута, например, для выбора по фамилии нужно написать: Иванов.

Рисунок 5.16 — Подготовка отчета по сотруднику

Файл, сформированный программой в виде отчета о сотрудниках, имеет следующий вид:

ФИО	Савчук В.Л.
Должность	Зам. зав. каф. ПрЭ
Суммарное рабочее время	11:31

Дата	Время прихода	Время ухода	Рабочее время
04.12.2005	8:31	12:14	3:43
04.12.2005	12:59	20:47	7:48

На главной форме (рисунок 5.9) располагаются две закладки, одна из них содержит текущую информацию о проходе на предприятие, а другая — информацию о посетителях (рисунок 5.17).



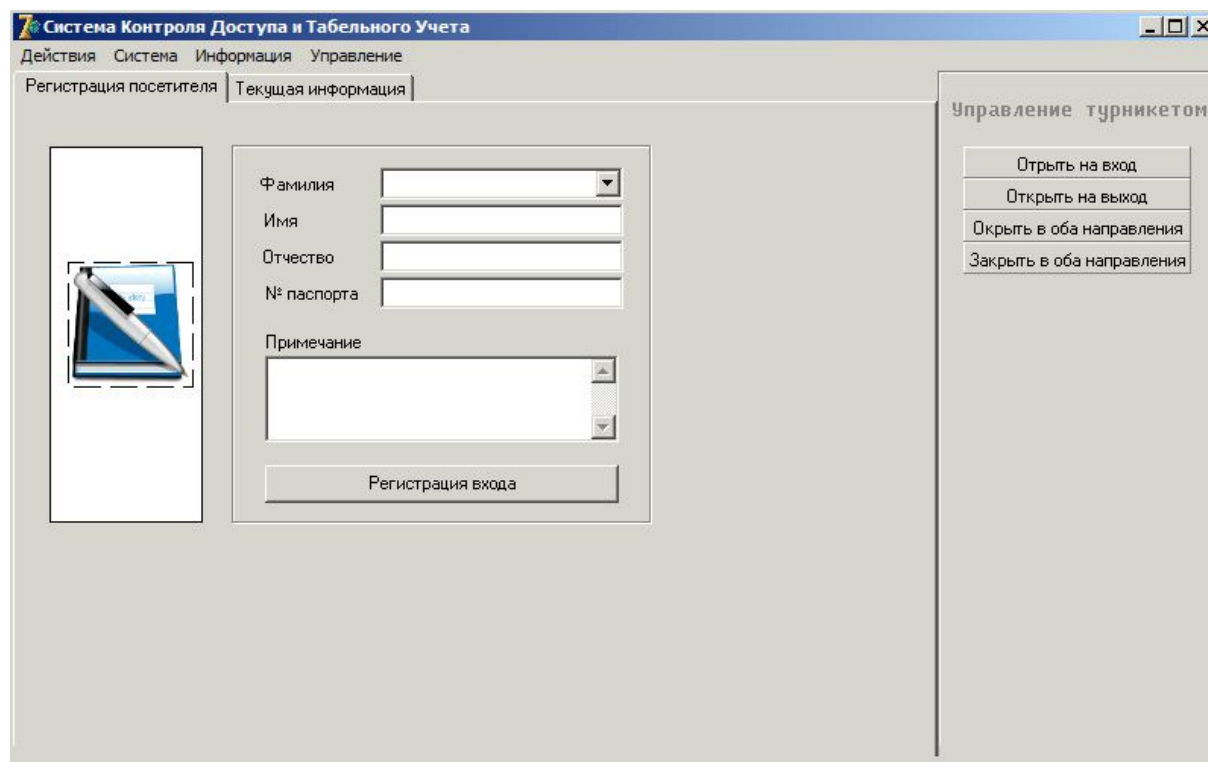


Рисунок 5.17 — Информация о посетителе

Согласно ТЗ, команды пульта управления должны быть продублированы, для этой цели на главной форме присутствует специальная панель «Управление турникетом».

Структура программы, назначение модулей и связь с формами показана на рисунке 5.18.

Модуль `Async32.pas` является разработкой VARIAN SOFTWARE SERVICES и содержит процедуры и функции для работы с COM-портом. Он не связан с какой-либо формой, в проекте используется не визуальный компонент для связи с COM-портом, использующий функции данного модуля.

Модуль `ModuleOfData.pas` является модулем данных и предназначен для хранения компонентов работы с базами данных. Поскольку модуль данных представляет собой контейнер компонентов для связи с данными, то он не имеет, связанной с ним формы.

Остальные модули связаны с соответствующими формами и предназначены для решения какой-либо одной из задач: ввод пароля, подготовка отчета, настройка COM-порта и т.п.

Главный модуль содержит основные подпрограммы для связи с аппаратной частью системы и модулем хранения информации.

**kpp.dpr** - проект Borland Delphi

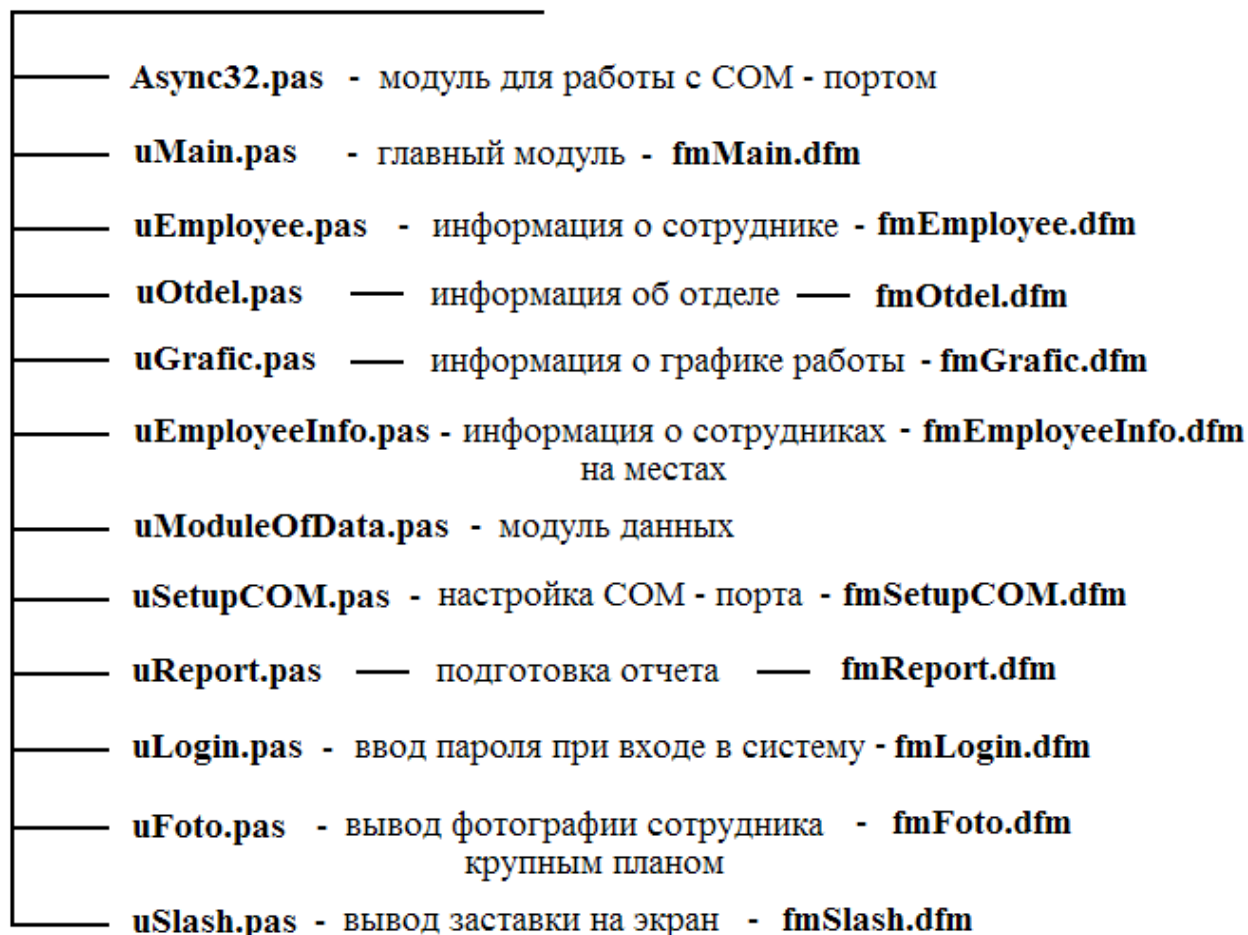


Рисунок 5.18 — Структура модуля управления

Наличие такого количества модулей программы связано с ее логическим разбиением на части, **каждая из которых решает одну из задач**. Такое разбиение проекта на модули в зависимости от выполняемых задач существенно упрощает проектирование и отладку программной части системы, а также восприятие программы в целом на этапе эксплуатации.

### 5.5.2 Структура модуля хранения информации

Модуль хранения информации состоит из пяти таблиц, содержащих информацию о сотрудниках, отделах, графиках работы, времени прохода и посетителях (рисунок 5.19). В связи с тем, что табельный учет ведется только для сотрудников предприятия, таблица «посетители» оказывается не связанной с другими таблицами.

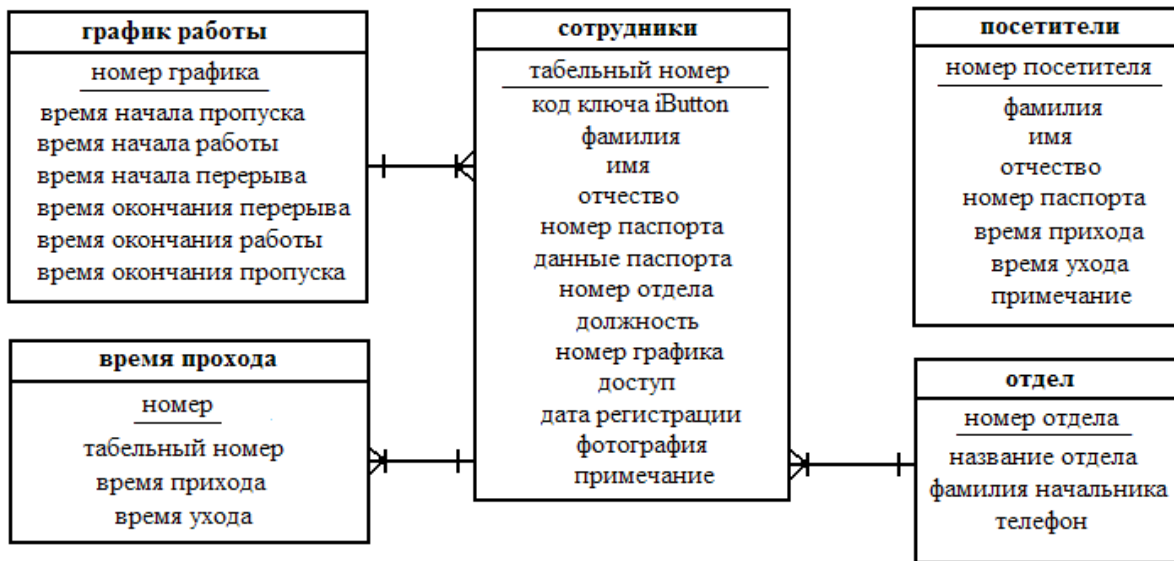


Рисунок 5.19 — ER-модель базы данных СКД и ТУ

Все связи между таблицами имеют характер «один ко многим». Подчеркнутые атрибуты являются первичными ключами. Большая часть информации из таблиц выводится на соответствующие формы.

По структуре модуль хранения информации является автономной базой данных. Автономные базы данных являются наиболее простыми, они хранят свои данные в локальной файловой системе на том компьютере, на котором установлены; система управления и машина базы данных, осуществляющая к ним доступ, находится на том же самом компьютере. Благодаря тому, что сеть не используется, разработчику автономной базы данных не приходится иметь дело с проблемой параллельного доступа, когда два человека пытаются одновременно изменить одну и ту же запись. Автономные базы данных используются для относитель-

но простых приложений, пользователь которых манипулирует со своими собственными данными на своем компьютере, и нет необходимости использовать данные других пользователей. Автономные базы данных не используются для приложений, требующих значительной вычислительной мощности, т.к. процессорное время будет потрачено на выполнение манипуляций с данными и в целом будет потеряно для приложения. В нашем случае применение автономной базы данных может быть оправдано относительной простотой проектирования и работы, что существенно уменьшает затраты и время разработки, а также повышает надежность системы.

## 5.6 Взаимодействие аппаратной и программной частей СКД и ТУ

Аппаратная и программная части системы взаимодействуют друг с другом посредством *специально разработанных сообщений*. Формат сообщений представлен на рисунке 5.20.

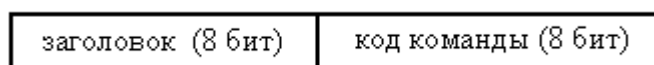


Рисунок 5.20 — Формат передачи сообщений между МК и ПК

Заголовок указывает на источник информации, т.е. на устройство, передающее сообщение. Для микроконтроллера заголовок соответствует ASCII-коду символа «#», а для ПК-коду символа «\$». В данной системе реализовано 14 сообщений. Из них можно выделить четыре основные команды, использующиеся для установки взаимодействия МК и ПК, четыре команды взаимодействия с автономной памятью, четыре команды работы с модулем хранения информации, пакет запроса разрешения прохода и пакет управления турникетом. Данное деление является условным, т.к. многие команды имеют отношение к различным режимам работы системы и к работе нескольких модулей системы.

С целью повышения надежности работы системы при получении любого из сообщений осуществляется циклическая проверка кода (проверка CRC).

На рисунке 5.21 показаны основные команды установки взаимодействия модуля управления и аппаратной части системы, к ним относятся:

`CMD_EXIST` — команда проверки работоспособности одной из частей системы. В связи с тем, что и аппаратная часть системы проверяет работоспособность модуля управления, и модуль управления проверяет на отклик аппаратную часть системы, то данная команда дублируется и для МК и для ПК. Взаимная проверка работоспособности позволяет системе оперативно реагировать в случае выхода из строя какой-либо из частей системы, обрыва шины взаимодействия МК и ПК, а также в случае отключения электроэнергии. В последнем случае аппаратная часть системы обнаружит отсутствие ответных сообщений со стороны модуля управления, и система перейдет в автономный режим работы;

#	<code>CMD_EXIST</code>
\$	<code>CMD_EXIST</code>
\$	<code>CMD_SETUP</code>
\$	<code>CMD_RTC_SYNC</code>

Рисунок 5.21 — Команды настройки взаимодействия МК и ПК

`CMD_SETUP` — установка основных параметров системы (время ожидания прохода, время считывания ключа `iButton`). Параметры задаются на одной из форм модуля управления «Настройка параметров» перед началом работы системы;

`CMD_RTC_SYNC` — установка синхронизации работы модуля управления и аппаратной части системы. Данная команда посылается модулем управления в блок обработки информации при запуске системы для того, чтобы произвести настройку времени в автономных часах в соответствии с системным временем. В противном случае, при переходе системы в автономный режим работы время в автономных часах окажется рассогласованным с реальным временем, что приведет к ошибкам контроля доступа и ведения табельного учета.

Кроме того, при прохождении человека через проходную, микроконтроллер отправляет на ПК код ключа iButton и направление прохода (вход или выход). Формат данного пакета представлен на рисунке 5.22.

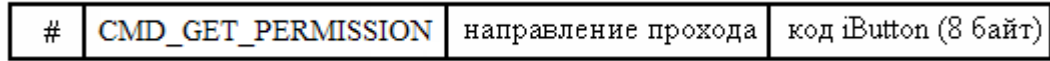


Рисунок 5.22 — Пакет отправки запроса о разрешении прохода

Формат пакета аналогичен формату команд, за исключением того, что кроме заголовка и кода команды передается также информация: байт направления прохода и идентификационный код ключа (8 байт).

Кроме того, имеется возможность управлять турникетом, подавая команды с ПК. Эта возможность обеспечивается наличием специального пакета управления турникетом (рисунок 5.23).

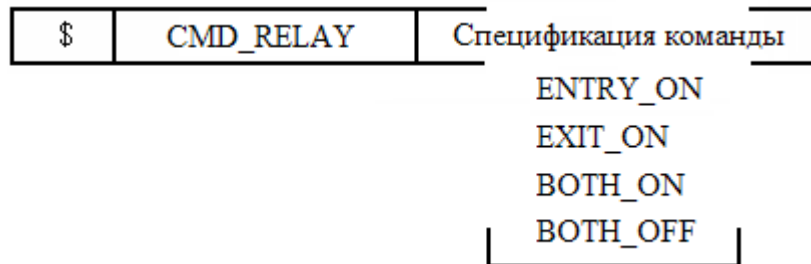


Рисунок 5.23 — Формат команды управления турникетом

Команда CMD\_RELAY имеет следующие спецификации, служащие для конкретизации команды:

ENTRY\_ON — открыть турникет на вход;

EXIT\_ON — открыть турникет на выход;

BOTH\_ON — открыть турникет в обоих направлениях;

BOTH\_OFF — заблокировать турникет в оба направления.

Кроме этого, используются еще три команды для работы с Модулем Хранения Информации (рисунок 5.24).

\$	CMD_REGISTRY_KEY
\$	CMD_SKIP_GUEST
\$	CMD_CHANGE_ACCESS

Рисунок 5.24 — Команды регистрации ключа, пропуска посетителя и изменения доступа

Команда `CMD_REGISTRY_KEY` отсылается в микроконтроллер после нажатия кнопки регистрации ключа на главной форме. После поступления этой команды блок обработки информации ожидает прикладывания ключа к считывателю и отправляет полученный код в модуль управления. Код ключа появляется на форме регистрации и записывается в БД. Фактически эта команда нужна для облегчения записи ключа в БД (при ручном вводе восьми байтного кода ключа вероятность ошибки выше), также как режим регистрации ключей предназначен для облегчения работы отдела выдачи пропусков.

Команда `CMD_SKIP_GUEST` используется для пропуска посетителя. Поступление этой команды в блок обработки информации приводит к срабатыванию одного из ригелей, но, в отличие от поступления команды управления турникетом, осуществляется отсчет времени прохода, по истечении которого турникет блокируется.

Команда `CMD_CHANGE_ACCESS` используется для возможности изменения доступа на предприятие конкретного сотрудника. Т.к. доступ сотруднику может быть разрешен/запрещен в программной части системы, то данный пакет используется для установления соответствия информации о доступе в различных частях системы.

## 5.7 Организация работы системы в автономном режиме

В автономном режиме вся информация содержится в автономной памяти блока автономного контроля. В связи с тем, что емкость памяти строго ограничена, то большое внимание уделяется организации структуры хранения информации в ней.



Событие, отражающее факт прохода через СКД и ТУ, хранится в автономной памяти в виде последовательности из 8 байт, указывающих направление прохода, указатель на код ключа iButton и время прохода (рисунок 5.25).

Направление прохода	код iButton СБУ   МБУ	часы	минуты	дата	месяц	год
---------------------	--------------------------	------	--------	------	-------	-----

Рисунок 5.25 — Структура хранения события в автономной памяти

Т.к. код iButton имеет размерность 8 байт и, кроме того, все ключи уже содержатся в памяти для осуществления контроля прохода, то нет необходимости в данном пакете каждый раз записывать код ключа. Достаточно запомнить указатель на код соответствующего ключа в памяти. Как показано на рисунке 5.25, информация о коде ключа хранится в виде указателя на область памяти, состоящего из старшего байта (СБУ) и младшего байта (МБУ).

Весь массив автономной памяти можно представить в виде двух следующих друг за другом массивов: памяти кодов ключей и памяти событий. В начальной области памяти содержатся коды ключей сотрудников предприятия (в автономном режиме пропуск посетителей не производится), далее записываются события, в структуре которых имеются указатели на соответствующие коды ключей (рисунок 5.26).

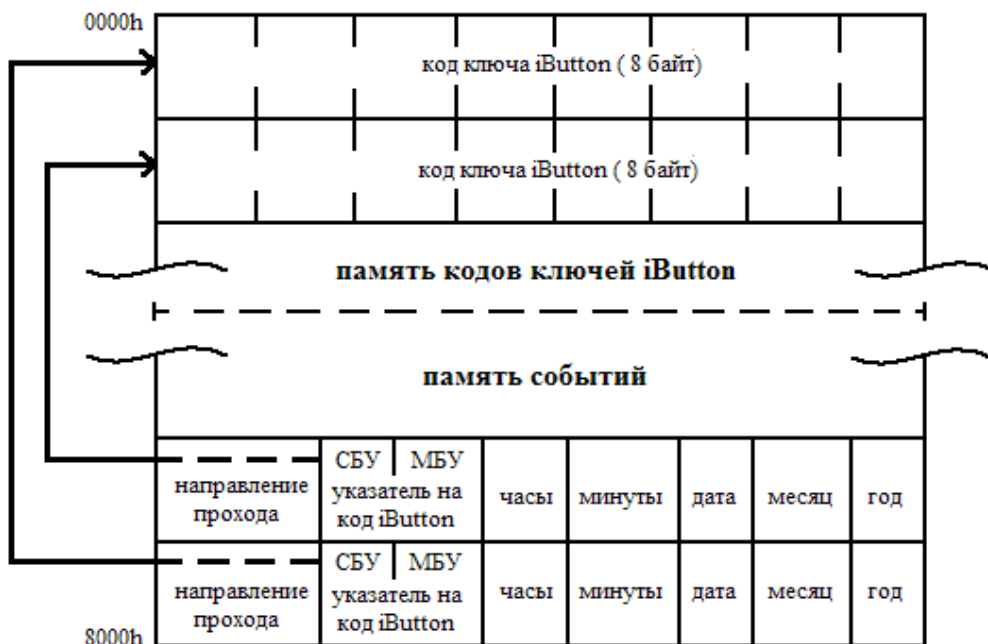


Рисунок 5.26 — Структура хранения данных в автономной памяти



В связи с тем, что данные о сотрудниках могут изменяться, необходимо обеспечить связь данных, содержащихся в модуле хранения информации с данными автономной памяти. Взаимодействие этих блоков происходит через модуль управления путем отправки специальных сообщений (рисунок 5.27).

\$	CMD_ADD_KEY
\$	CMD_DEL_KEY
\$	CMD_DEL_ALL_KEY
\$	CMD_ADD_ALL_KEY

Рисунок 5.27 — Команды взаимодействия с автономной памятью

Как показано на рисунке 5.27 взаимодействие с автономной памятью производится посредством четырех команд:

CMD\_ADD\_KEY — добавление кода ключа в память;

CMD\_DEL\_KEY — удаление ключа из памяти;

CMD\_DEL\_ALL\_KEY — удаление всех ключей из памяти;

CMD\_ADD\_ALL\_KEY — добавление в память всех доступных в БД ключей.

Команды CMD\_ADD\_KEY и CMD\_DEL\_KEY отсылаются в бок обработки информации сразу же после добавления или удаления сотрудника в БД для поддержания постоянного соответствия информации в БД и в автономной памяти. Последние две команды являются специальными. Команда CMD\_DEL\_ALL\_KEY служит для очистки автономной памяти, а команда CMD\_ADD\_ALL\_KEY применяется для подготовки системы к автономному режиму, осуществляя загрузку всех ключей в память.

## 5.8 Синхронизация работы аппаратной и программной частей СКД и ТУ

Синхронизация работы аппаратной и программной частей системы по времени необходима для того, чтобы к моменту от-

ключения промышленной сети, т.е. к моменту перехода системы в автономный режим работы, программно получаемое время на ПК и время в автономных часах совпадали. Такое согласование позволит правильно вести табельный учет в обоих режимах и избежать некорректных ситуаций при переходах системы из одного режима в другой.

Для осуществления синхронизации используется специальная команда, которая посылается модулем управления в блок обработки информации после запуска системы (рисунок 5.28).

\$	CMD_RTC_SYNC
----	--------------

Рисунок 5.28 — Команда синхронизации работы частей системы

При поступлении команды в блок обработки информации происходит настройка автономных часов на текущее время, выдаваемое операционной системой ПК.

## 5.9 Восстановление данных

Восстановление данных в системе осуществляется при выходе из автономного режима для обеспечения целостности работы системы. Для осуществления процедуры восстановления необходимо запустить программу СКДиТУ.exe и в меню «Система» выбрать команду «Запуск». По этой команде система проверяет корректность своего последнего завершения и, в случае наличия каких-либо событий в автономной памяти переписывает их в базу данных. Событием считается проход через систему в определенную сторону: вход или выход. Т.е., если за время автономного режима один из сотрудников вошел на предприятие, а затем вышел, то произошло два события.

Перед восстановлением данных в модуль управления от аппаратной части системы поступает специальная команда, которая подготавливает модуль управления к процессу передачи данных (рисунок 5.29).

#	CMD_RECOVERY_DATA
---	-------------------

Рисунок 5.29 — Команда восстановления данных

В процессе восстановления данных на экране появляется специальная форма, на которой отображается процесс восстановления и количество восстановленных событий (рисунок 5.30).

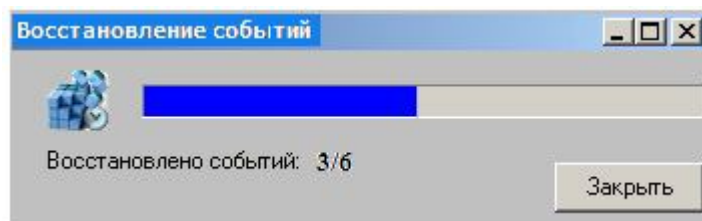


Рисунок 5.30 — Форма восстановления данных

При этом система обеспечивает сохранность данных в случае выключения сети в процессе их восстановления. Для этого, перед началом восстановления данных контроллер отсылает общее количество событий, произошедших за время автономного режима. В модуле управления устанавливается соответствующий счетчик, который уменьшается после восстановления каждого из событий. В результате, если при передаче микроконтроллером какого либо пакета связь с ПК будет нарушена, то счетчик в модуле управления будет хранить количество не восстановленных записей. При включении модуля управления последний в первую очередь поверяет состояние счетчика событий, если счетчик не обнулен, то посылается запрос к микроконтроллеру на восстановление событий. При этом по значению счетчика указывается: сколько событий не было восстановлено, и с какого события следует начать восстановление данных. Микроконтроллер передает общее (!) количество восстанавливаемых данных, а затем и сами данные.

## 5.10 Итоги выполнения группового проекта

Рассмотренная Система Контроля Доступа и Табельного Учета СДК-1ТУ была создана студентами кафедры «Промышленная электроника» в рамках ГПО под руководством доц. каф. ПрЭ А.В. Тырышкина.

Работа по созданию системы была начата в 2004 году студентами: А.И. Гагариным, С.С. Хохряковым и О.В. Бабкиной, позже к работе подключились студенты Н.Н. Павлович и З.Р. Гаязова.

Сторонними организациями была выполнена только механическая работа по изготовлению турникета. Разработка алгоритмов, написание программного кода, разработка, изготовление и отладка аппаратной части была выполнена студентами при непосредственном участии аспиранта кафедры «Промышленная электроника» А.А. Андраханова.

Итоговый результат таков:

- Аппаратная часть содержит 67 элементов.
- Программная часть Модуля Управления содержит: 11 модулей, 543 подпрограммы, 6264 строк кода.
- Программная часть МСОИ содержит: 12 модулей, 61 подпрограмма, 3920 строк кода.
- Система имеет 5 режимов работы.
- Система выполняет 14 основных функций.

Авторы надеются, что описание системы, созданной самими студентами кафедры «Промышленная электроника», еще раз убедит читателя в справедливости тезиса, высказанном во введении к настоящему пособию, о том, что *проектировать системы, хоть и сложно, но можно, нужно и интересно.*

## **6 СРЕДСТВА ПОСТРОЕНИЯ АСУ ТП ФИРМЫ «ДЭП»**

### **6.1 Общие сведения о комплексе ДЕКОНТ**

Кафедра «Промышленной электроники» ТУСУР имеет достаточное количество комплексов ДЕКОНТ в специально оборудованных учебно-научных лабораториях. Студенты и сотрудники имеют возможность не только познакомиться с составом современного отечественного контроллерного комплекса, но и реализовать конкретные проекты под руководством опытных консультантов. В связи с этим, познакомимся с данным комплексом подробнее.

ДЕКОНТ — это информационный, измерительный и управляющий комплекс, состоящий из набора унифицированных аппаратных и программных модулей, позволяющий, как в конструкторе, собирать практически любые системы автоматизации [14]. Скомпоновав несколько модулей, можно получить, например, блок управления кондиционером. Добавлением еще одного эле-

мента создается автоматический регулятор насосной станции, тепловыделителя. Комбинация с другим модулем превратит предыдущий блок локальной автоматики в контрольный пункт (КП) телемеханики, готовый передавать наверх телеметрию и принимать команды диспетчерского управления (не теряя при этом функций автономного регулирования) по практически любому каналу связи — радио, выделенным или коммутируемым линиям связи, аппаратуре уплотнения данных. Комплекс с успехом применяется как база для создания современных автоматизированных систем в таких отраслях как: теплоснабжение, водоснабжение, электроснабжение, нефте- и газоснабжение, на предприятиях машиностроительной, металлургической, химической, горнодобывающей промышленности и связи, в жилом фонде и других объектах городского хозяйства (гостиницы, вокзалы, аэропорты).

ДЕКОНТ — открытая система. Пользователь способен добавить свои собственные программные элементы для уникальных алгоритмов обработки, управления или интерфейса с другими системами. Комплекс ДЕКОНТ применяется прежде всего там, где требуется собирать технологическую информацию со множества территориально-распределенных объектов, где надо управлять удаленными объектами, где необходим учет производства или потребления энергоресурсов. Понятие «множество территориально-распределенных объектов» применительно к ДЕКОНТ имеет чрезвычайно широкое значение. Это может быть технологическое помещение, в котором нужно «обвязать» датчики и исполнительные устройства в единую систему. Это может быть отдельное здание или группа зданий, в которых требуется контролировать и управлять инженерным оборудованием, обеспечить энергоучет.

Благодаря практически неограниченной информационной емкости комплекса и простоте его наращивания решение компании ДЭП остается простым и эффективным для любого объекта. Малые размеры и распределенная модульная архитектура комплекса позволяют сделать это с минимальными затратами на сигнальные и управляющие кабели.

Возможности предлагаемого комплекса позволяют создавать как простейшие системы, включающие в себя консольный компьютер с группой распределенных контроллеров, объединен-

ных локальной технологической сетью, так и сложные иерархические системы, объекты которых распределены по территории в сотни квадратных километров и объединяемые разнообразными каналами связи — локальной технологической сетью, телефонной связью, радиоканалом.

Продуманные технические решения, многократно апробированные российской действительностью, обеспечивают наилучший показатель соотношения функциональной мощности к стоимости. Сотни реально действующих проектов, базирующихся на оборудовании компании ДЭП, заслуженно пользуются репутацией надежных, простых в применении и гибких в использовании систем.

Комплекс зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под №-18835-99 и рекомендован к применению в РФ. Дополнительно, ПТК ДЕКОНТ имеет также экспертное заключение ВНИИЭ для РАО ЕЭС России, рекомендующее применение комплекса в энергетике.

Комплекс ДЕКОНТ позволяет создавать:

- системы диспетчеризации и телемеханики;
- системы локальной автоматики и регулирования;
- системы архивирования технологической информации и регистрации событий;
- системы технического и коммерческого учета энергоресурсов;
- комбинированные системы.

Высокая надежность комплекса также обеспечивается применением комплектующих от мировых лидеров производства электронных компонентов, таких как: ANALOG DEVICES, ZILOG, SIMENS, NATIONAL SEMICONDUCTOR, MICROCHIP, AMD и др.

Предлагаемое в составе комплекса специализированное ПО для ПЭВМ обеспечивает необходимые функции по загрузке, диагностике, конфигурации системы, а также весь необходимый прикладной сервис:

- представление текущих данных в виде разрабатываемых технологических схем;
- выдача оперативных команд управления;

- формирование отчетов, графиков;
- ведение службы единого времени;
- ведение архивов на удаленных объектах и их автоматическое вычитывание на верхний уровень;
- разработка и коррекция прикладных алгоритмов.

Программирование контроллеров осуществляется в современной интегрированной среде разработки алгоритмов, обеспечивающей пользователям интуитивно понятный инструментарий, базирующийся на методах функциональных блоков FDB — в соответствии с международным стандартом МЭК (IEC)-1131/3.

Для пользовательских приложений верхнего уровня обеспечивается доступ в единую базу данных (БД) системы по интерфейсу OPC-сервера. Это позволяет использовать распространенные программные продукты, поддерживающие данный открытый промышленный стандарт.

Комплекс ДЕКОНТ является проектно-компонентным изделием, которое позволяет не только комбинировать модули в соответствии с требованиями к создаваемой системе, но и легко наращивать информационную и вычислительную мощность при дальнейшем сопровождении. Устройства, создаваемые на базе комплекса, являются масштабируемыми, т.е. позволяют автоматизировать объекты от самых малых до самых больших.

Управляющие модули комплекса обладают мощностью, достаточной для решения большинства задач контроля и управления. При малых размерах каждый управляющий модуль имеет процессор с тактовой частотой 30 МГц, энергонезависимую память 512 Кб, флэш-память 512 Кб, простую и удобную систему программирования.

Поддерживаемые комплексом разнообразные интерфейсы обеспечивают сопряжение с широким спектром периферийных интеллектуальных приборов: модемов, вычислителей, теплосчетчиков, регистраторов, кондиционеров и т.п.

Каждый контроллер комплекса может поддерживать до шести каналов обмена информацией. Модули и контроллеры комплекса легко *комплексуются*. Если пользователю не хватило каналов на модуле ввода-вывода или интерфейсов на контроллере, имеется возможность дополнить систему недостающим

устройством. При конфигурировании системы будет создана единая БД на несколько контроллеров.

Заложенная в каждом модуле возможность объединения в локальные сети на базе RS-485, а также встроенный в каждом контроллере развитой сетевой сервис обеспечивают прозрачные *клиент-серверные соединения* и ведение единой распределенной БД.

Устройства комплекса объединяются в единую сеть независимо от физической природы каналов связи, их пропускной способности и топологической структуры. В одной системе могут использоваться локальные технологические сети, проводные физические линии, телефонные сети, ВЧ-связь, радиоканал и т.п.

Рассмотренные отличительные особенности комплекса отражают современную общемировую тенденцию по переносу периферийных модулей непосредственно к технологическому процессу (ТП). Имеющиеся вычислительные мощности, задействованные в модулях ввода-вывода для обработки информации на месте возникновения сигнала, позволяют оптимизировать пропускную способность каналов связи и добиться технико-экономических показателей, недоступных при иных способах построения систем.

Возможность совмещения в одном комплексе функций АСУ ТП, учета, телемеханического контроля и управления позволяет существенно снизить суммарные затраты потребителя при монтаже и в процессе эксплуатации большинства систем, создаваемых на базе ПТК ДЕКОНТ. Распределенная мультипроцессорная архитектура комплекса ДЕКОНТ обеспечивает высокую живучесть и надежность системы, упрощает ее обслуживание.

Хорошо разработанная и тщательно продуманная номенклатура программных и аппаратных модулей, многократно апробированная российской действительностью, позволяет создавать практически любые системы автоматизации.

В состав комплекса входят:

- Модули ввода-вывода.
- Программируемый контроллер Decont-182.
- Сменные интерфейсные платы.
- Малогабаритный пульт оператора (Минипульт).
- Стационарный пульт оператора (Пульт).



- ПО для контроллеров.
- ПО верхнего уровня.

Различные варианты объединения модулей ввода-вывода и программируемых контроллеров, дополненных интерфейсными платами, в единую информационную и управляющую сеть порождают колоссальное множество возможных распределенных систем контроля и управления, отличающихся топологически и по функциональному назначению.

Для взаимодействия системы с обслуживающим персоналом может использоваться стационарный пульт оператора, ПЭВМ или группа компьютеров.

Номенклатура вспомогательного оборудования включает:

- специализированные платы для интеллектуальных датчиков;
- защитные шкафы и коробки;
- блоки питания;
- сетевые адаптеры, разветвители.

Полная техническая документация находится на официальном сайте фирмы “ДЭП” ([www.dep.ru](http://www.dep.ru)), ниже приведены лишь основные особенности комплекса ДЕКОНТ.

## **6.2 Аппаратная часть комплекса ДЕКОНТ**

### **6.2.1 Модули ввода-вывода**

Модули ввода-вывода — это микропроцессорные устройства связи с объектом, осуществляющие первичную обработку входных непрерывных и дискретных сигналов и выдачу управляющих воздействий на исполнительные механизмы. Каждый модуль имеет выход в технологическую сеть на основе интерфейса RS-485. Иными словами, в каждое устройство ПТК ДЕКОНТ заложена возможность подключения к локальной промышленной сети типа ВITBUS. Результат обработки сигналов преобразуется модулем в защищенный цифровой вид для дальнейшей передачи в сеть. Из сети модуль получает команды на выдачу управляющих воздействий. Вычислительные мощности модуля обеспечивают ряд дополнительных функций: выработка сигналов о выходе значения за допустимые пределы, синхрони-

зация времени для ведения единого времени системы, взаимодействие с контроллером, минипультом и т.п.

Каждый модуль представляет собой функционально законченное устройство, заключенное в металлический защитный корпус. Все модули имеют единый конструктив, интерфейс и питание. Характеристики модулей ввода-вывода приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 — Номенклатура модулей ввода-вывода ПТК ДЕКОНТ

Наименование	Характеристика модуля
<b>6.2.1.1 DIN16-xx</b>	<b>16 дискретных каналов</b> с групповой изоляцией до 1000 В. Контроль наличия напряжения или «сухой контакт». Контроль наличия напряжений: $\approx 36\text{В}$ , $\approx 110\text{В}$ , $\approx 220\text{В}$ , $\approx 380\text{В}$ , $=110\text{В}$ , $=220\text{В}$ с защитой подводящих проводов. Подавление дребезга, любая полярность, гистерезис. Определение состояний: «Включено», «Выключено», «Обрыв», «Короткое замыкание», «Неустойчивое состояние», «Отличие фаз между каналами».
<b>DIN16C-xx</b>	<b>16 дискретных каналов.</b> Аналог DIN16-xx с добавленными программными функциями. Ведение счетчика импульсов (до 200 Гц). Ведение архива событий (32 события с точностью 1.25 мс).
<b>DOU8-R07</b>	<b>8 дискретных каналов.</b> Релейный выход 400 В до 5А cosφ 0,4. 4 группы на переключение, 4 на замыкание. Предохранитель в каждом канале.
<b>DOU16-T05</b>	<b>16 дискретных каналов.</b> Управление светодиодной индикацией (5В до 10мА) с общим проводом.
<b>DOU16-T80</b>	<b>16 дискретных каналов.</b> Транзисторные выходы с общим проводом, выполненные по схеме типа «открытый коллектор». Коммутируемое напряжение до 80 В, ток до 240мА. Диагностика короткого замыкания и обрыва. Автоматическая защита канала при перегрузке.
<b>AIN8-I20</b>	<b>8 аналоговых каналов.</b> Индивидуально изолированные входы 0–5 мА, 4–20 мА, 0–10 В. Точность 0,25 % от диапазона.
<b>AIN8-U60</b>	<b>8 аналоговых каналов.</b> Индивидуально изолированные входы 0–60 мВ для подключения термопар ТХА, ТХК, NСХ ХА (К), NСХ ХК(L). Точность 0,25 % от диапазона. Дополнительно установлен датчик измерения температуры клеммника (холодного спая) с точностью 0,5 °С.
<b>AIN16-I20</b>	<b>16 универсальных программно-настраиваемых каналов.</b> Каналы с общим проводом. Каждый канал может использоваться в одном из 3-х вариантов. Аналоговый ввод (0–20 мА), (4–20 мА), точность 0,1 % от диапазона, защита от перегрузки. Дискретный ввод 24 В. Дискретный вывод (транзисторный ключ) 24 В, 20 мА.
<b>AIN16-P10</b>	<b>16 аналоговых каналов.</b> Каналы с общим проводом. Аналоговый ввод $-10\dots+10\text{В}$ , точность 0.1 % от диапазона.
<b>AIN16-P20</b>	<b>16 аналоговых каналов.</b> Каналы с общим проводом. Аналоговый ввод $-20\dots+20\text{мА}$ , точность 0,1 % от диапазона.
<b>CIN8</b>	<b>8 счетных каналов.</b> Индивидуально изолированные запитанные счетные входы 0–5000 Гц. Подсчет частоты следования импульсов в секунду и нарастающим итогом.

Наименование	Характеристика модуля
<b>R3IN6-xx</b>	<b>6 аналоговых каналов.</b> Индивидуально изолированные входы для измерения термосопротивлений по 3-х проводной схеме в диапазонах $-50$ – $+200$ °С. Точность 0,25 % от диапазона. Модификации R3IN6-50–50 Ом датчик, R3IN6-100–100 Ом датчик, R3IN6-500–500 Ом датчик.
<b>R2IN6-1000</b>	<b>6 аналоговых каналов.</b> Каналы с общим проводом. Измерение высокоомных термосопротивлений по 2-х проводной схеме. Абсолютная ошибка в диапазоне 0–2000 Ом — не более 2 Ом. Разрядность 14 бит.
<b>AOUT1-xx</b>	<b>1 аналоговый канал.</b> Модификации: AOOUT1-05 — выход 0–5 мА, AOOUT1-10 — выход 0–10 В, AOOUT1-20 — выход 0–20 мА. Точность в диапазоне 0,1 %. Разрядность 12 бит.
<b>AOUT4-10</b>	<b>4 аналоговых канала.</b> Каналы с общим проводом. Аналоговый вывод 0...+10 В. Точность в диапазоне 0,1 %. Разрядность 12 бит.
<b>LED-4</b>	<b>1 канал.</b> Щитовой индикатор. Цифровой четырехразрядный индикатор.
<b>DOOUT64-T80</b>	<b>64 дискретных канала.</b> Щитовой контроллер. Транзисторные выходы с общим проводом, выполненные по схеме типа «открытый коллектор». Коммутируемое напряжение до 80 В, ток до 120 мА. Диагностика короткого замыкания и обрыва. Автоматическая защита канала при перегрузке.
<b>DIN64-05</b>	<b>64 дискретных канала.</b> Щитовой контроллер. Обработка дискретных входов типа «сухой контакт» с общим проводом (кнопки, ключи и т.п.).

В модулях ввода-вывода применены схемотехнические решения, обеспечивающие эффективное устранение большинства помех электромагнитного характера. Прежде всего, это — полноценная индивидуальная гальваническая изоляция аналоговых сигналов. Принципы построения гальванической развязки рассмотрены на примере модуля типа AIN8-I20 (таблица 6.1). Аналоговая часть модуля гальванически изолирована по постоянно-му току от цифровой опторазвязками (рисунок 6.1).

Каждый аналоговый канал имеет также собственные независимые цепи питания и, таким образом, является индивидуально гальванически изолированным от остальных. Измеряемый аналог в рассматриваемом модуле преобразуется в цифровой код без участия АЦП. Вместо обработки мгновенных значений с АЦП, неизбежно искаженных помехами, применен метод интегрирующего преобразования измеряемого сигнала в частоту. Такой метод обеспечивает эффективное устранение помех «в зародыше». Перечисленные схемотехнические решения, усиленные распределенной модульной архитектурой комплекса обеспечивают подавление первопричины помех, а не борьбу с их последствиями.

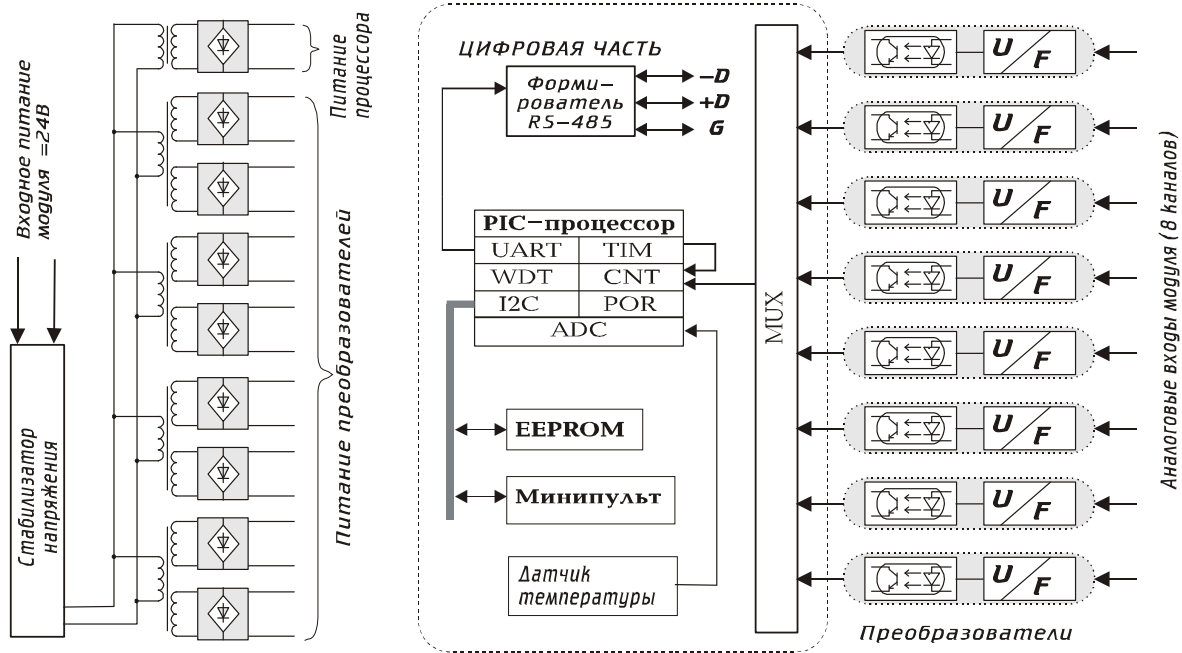


Рисунок 6.1 — Структура модуля AIN8-I20

Каждый модуль ввода-вывода при включении питания проводит циклическую обработку измеряемых каналов. Обработка производится по встроенным алгоритмам и не зависит от других модулей. Например, для измерения аналоговых сигналов широко применяется метод преобразования напряжение-частота с последующим подсчетом накопленных импульсов за период, кратный 20 мсек. Такой метод, помимо эффективной помехозащищенности, обеспечивает широкий динамический диапазон измерения. Иными словами, проектировщику предоставляется возможность для каждого канала в отдельности варьировать период измерения в диапазоне 20...320 мсек. При этом разрядность измерения регулируется в диапазоне 9...14 разрядов.

Аналогично, при измерении дискретных сигналов (модуль DIN16-xx) пользователь может выбрать оптимальное (для конкретного сигнала) время обработки дребезга: 1...320 мсек. В случае отсутствия установившегося значения сигнала в течение выбранного времени обработки каналу присваивается значение «нестабильное состояние». Строго говоря, каждый входной дискретный сигнал в описываемых модулях анализируется с помощью более точного «аналогового подхода». Логические состоя-

ния дискретного сигнала преобразуются встроенным АЦП в их кодовый эквивалент. Проектировщик имеет возможность программирования пороговых значений в каждом канале для диагностики состояния объектовых проводов контрольного кабеля: обрыв, короткое замыкание, неопределенное состояние.

Модуль АIN16-I20: универсальные каналы ввода-вывода.

Для «малосигнальных объектов» автоматизации или объектов с менее жесткими требованиями по межканальной гальванической развязке несомненный интерес представляет модуль ввода-вывода АIN16-I20. Модуль содержит *16 программно настраиваемых каналов* с общим проводом. Каждый канал в отдельности можно настроить на работу в одном из 3-х вариантов:

- дискретный ввод 24В;
- дискретный вывод (транзисторный ключ) 24 В, 20 мА;
- аналоговый ввод (0–20 мА), (4–20 мА), точность 0,1 % от диапазона, защита от перегрузки.

Дальнейшим развитием идеи «малосигнального объекта» может служить интерфейсная плата Z-IN6-I20. Плата имеет 6 универсальных каналов ввода/вывода с общим проводом, аналогичных каналам модуля ввода/вывода АIN16-I20.

### 6.2.2 Интеллектуальные датчики

Компания ДЭП выпускает также специализированные микропроцессорные платы, на базе которых создаются разнообразные интеллектуальные газоаналитические датчики.

Датчики предназначены для измерения и преобразования концентрации измеряемых веществ в воздухе (аммиак, оксид углерода, сероводород, хлор, спирт этиловый, водород и др.). Датчики могут непосредственно включаться в локальную технологическую сеть комплекса ДЕКОНТ как модули ввода/вывода.

Датчики обеспечивают преобразование текущей концентрации в:

- выходной сигнал постоянного тока 4–20 мА;
- выходной сигнал текущей концентрации по RS-485, совместимый с протоколом комплекса ДЕКОНТ;

- цифровое значение выходного сигнала на тестовом дисплее, подключаемого к преобразователю;
- срабатывание дискретных выходов, при превышении значения концентрации установленных с дисплея порогов (2 порога, устанавливаемых в процессе эксплуатации).

### 6.2.3 Сетевой протокол

Нижний уровень протокола обмена между модулями ввода/вывода и контроллерами основан на стандарте HDLC с применением эффективного защитного циклического кода согласно международным рекомендациям ITU-T V.41 (МККТТ-16).

### 6.2.4 Контроллер Decont-182

Контроллер Decont-182 играет ключевую роль в построении любой системы на базе комплекса. Он обслуживает взаимодействие с модулями ввода-вывода, ведет алгоритмы, архивы, поддерживает связь с другими контроллерами и консолью. Дополняемый сменными интерфейсными платами, контроллер позволяет организовывать разнообразные каналы связи между удаленными объектами автоматизации и консолью.

Основные характеристики:

- Базовый процессор — ZILOG 80182 (30 МГц).
- Вспомогательный процессор — PIC16C73A.
- Энергонезависимое ОЗУ — 512 Кбайт.
- Флэш-ПЗУ — 512 Кбайт.
- Количество портов последовательной связи — 4:
  - порт «А» — RS-232;
  - порт «В» — RS-485;
  - порты «С» и «D» — универсальные.
- Часы реального времени (РВ).
- Сторожевой таймер.
- Супервизор управления питанием.
- Потребляемая мощность — 3 Вт.
- Диапазон рабочих температур: –40...70 °С.
- Потребление в «ждущем» режиме — менее 5 мкА.

Контроллер Decont-182 является функционально законченным устройством, внутри которого реализованы две шины с различной пропускной способностью.

«Быстрая шина» организует обмен данными между базовым процессором, ОЗУ и флэш-ПЗУ. Компактное расположение перечисленных элементов делает компактной саму шину, что гарантирует эффективную защиту от электромагнитных помех, максимальную скорость обмена.

Вторая шина типа I<sup>2</sup>C объединяет в единую информационную систему базовый процессор, вспомогательный процессор системы питания, часы РВ, а также EEPROM контроллера и сменных интерфейсных плат «С» и «D».

Особое внимание уделено надежности функционирования контроллера и гарантированной сохранности накопленных данных. Системы, в которых применяются описываемые изделия, обычно являются критическими объектами инфраструктуры, которые должны надежно функционировать на протяжении многих лет. Перегрузки по питанию и температуре, импульсные помехи и пропадание питания, практически всегда усугубляемые невозможностью доступа к микропроцессорному устройству в течение нескольких дней, накладывают «неизгладимый отпечаток» на применяемые архитектурные решения.

Для обеспечения гарантированного запуска и корректного сохранения данных при аварийных ситуациях в описываемом устройстве существует вспомогательный процессор — супервизор системы питания.

Встроенное во вспомогательный процессор АЦП обеспечивает непрерывный контроль за состоянием литиевой батарейки, температуры внутри корпуса контроллера. Именно супервизор стартует первым при подаче питания и, если не обнаруживает внештатных ситуаций, дает команду на запуск базового процессора.

В ходе работы контроллера при обнаружении аварийной ситуации супервизор делает запрос к базовому процессору на начало процедуры сохранения, контролируя при этом время до получения подтверждения от базового процессора. Когда базовый процессор заканчивает операции сохранения данных, он сообщает об этом супервизору. Супервизор останавливает базовый про-

цессор, закрывает доступ к памяти и записывает в EEPROM результат операции.

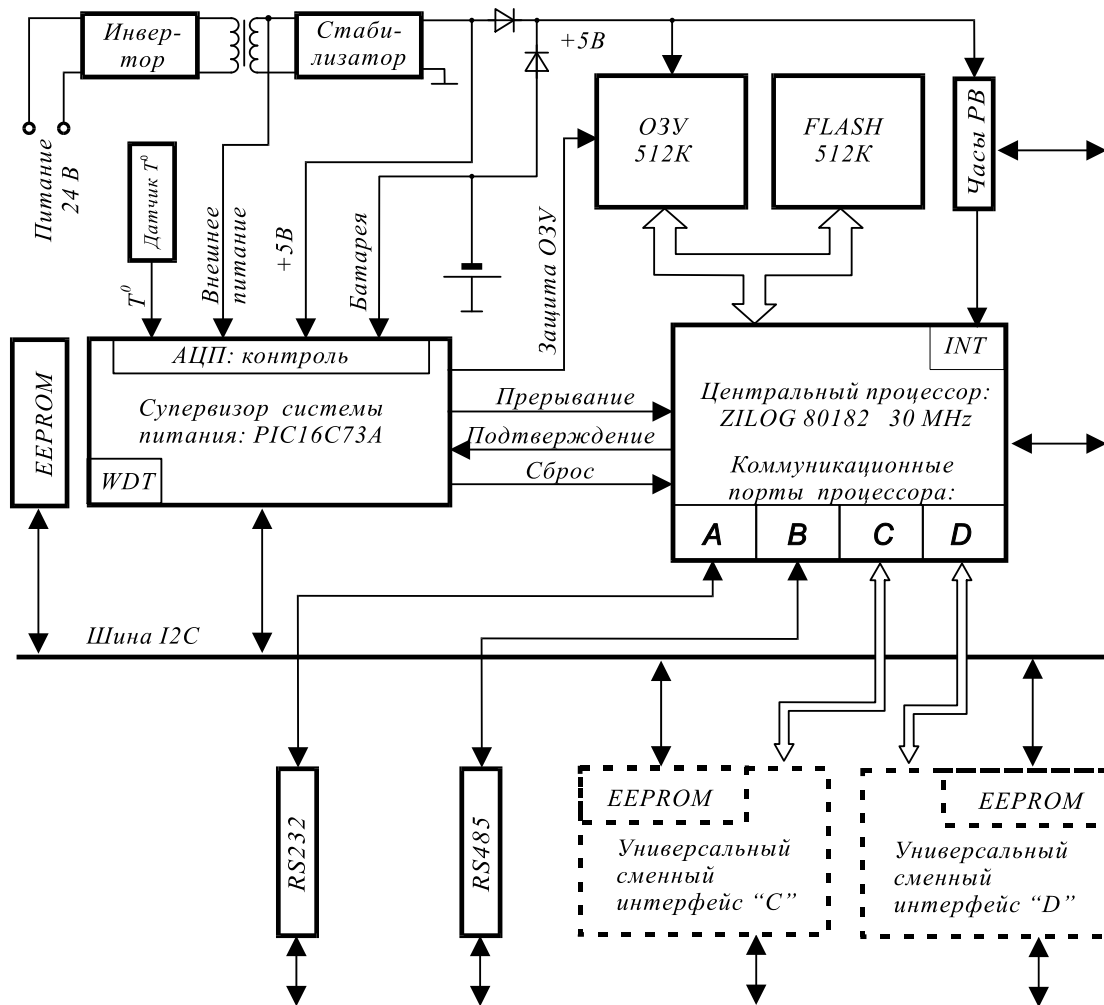


Рисунок 6.2 — Архитектура контроллера

При отработке любой аварийной ситуации супервизор записывает результат операции в EEPROM, откуда, при очередном старте, эту информацию обязательно считывает базовый процессор и производит необходимые действия для корректного запуска прерванных алгоритмов.

### 6.2.5 Интерфейсы связи

Фирма ДЭП поставляет огромное количество интерфейсных плат для связи контроллеров Desont между собой. Это небольшие по размеру платы (50×85 мм), имеющие унифицированный конст-



руктив для установки в гнезда «С» или «D» контроллера Decont — 182. С обратной стороны печатной платы каждого интерфейса находится 40-контактный разъем, который при подключении вставляется в один из двух доступных ответных разъемов гнезда.

Благодаря жесткому креплению, позолоченному покрытию и четырехточечному контакту, обеспечивается надежное соединение сменного интерфейса с платой контроллера.

Перечень и назначение интерфейсных плат приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 — Интерфейсные платы для контроллера Decont-182

Наименование	Назначение	Описание
<b>Z-ML</b>	Модем на выделенную физическую линию	Поддержка протоколов V21, V23. Скорость передачи 300, 1200 бод. Многоточечное подключение к одной линии. Регулируемый уровень передачи. Повышенная чувствительность до -50 Дб.
<b>Z-MD</b>	Модем на коммутируемую линию	Поддержка протоколов V21, V23. Скорость передачи 300, 1200 бод. Регулируемый уровень передачи. Повышенная чувствительность до -50 Дб.
<b>Z-MR</b>	Модем для радиостанции	Модем V21, V23 (300, 1200 бод) для подключения к радиостанции. Контроль несущей. Охранный таймер режима передачи.
<b>Z-RS232</b>	Интерфейс RS-232	Плата физического интерфейса RS-232 с разъемом DB9F по сигналам и контактам аналогичным интерфейсу IBM-PC. Подключение сотовых телефонов, интеллектуальных приборов и др.
<b>Z-RS485</b>	Интерфейс RS-485	Два физических интерфейса RS-485. Подключение модулей ввода/вывода, Decont-182, интеллектуальных приборов и др.
<b>Z-ALT</b>	Интерфейс «токовая петля»	Два изолированных интерфейса «токовая петля» 20 мА. Подключение контроллеров PL-серии.
<b>Z-MP</b>	Модем для передачи данных по силовым электрическим линиям	Модем 600, 1200 бод для передачи данных по силовым линиям 220/380 В, 6/10/35 кВ. Многоточечное подключение к одной линии. Частота передачи 60–100 кГц (соответствует CENELEC EN500065-1A). Используется совместно с соответствующим устройством при-

Наименование	Назначение	Описание
		соединения.
<b>Z-MH4</b>	Модем на 4-проводную ли- нию	Подключение к аппаратуре уплотнения, «ТЧ каналу». Три режима работы. Режим-1: «Канал 406 по ГОСТ 18664-79». Скорость 200 бод. Режим-2: прием-передача в «надтональном» спектре на скорости 600 бод. Режим-3: Стандарт V23 на скорости 1200 бод.
<b>Z-AIN6</b>	Многофункцио- нальный ввод/вывод x 6	Шесть каналов ввода/вывода с общим проводом и групповой изоляцией. Два встроенных изолированных источника питания +24В. Каждый канал настраивается на дискретный ввод (24 В), аналоговый ввод (0–20 мА, 4–20 мА) или дискретный вывод (20 мА, 24 В). Защита от перегрузки и КЗ.

Большое количество интерфейсных плат позволяет более гибко подходить к выбору средств связи между различными уровнями системы. Особенно это актуально для создания распределенных АСУ.

### 6.3 Минипульт

Системы ДЕКОНТ комплектуются малогабаритными пультами оператора (минипульт), на передней поверхности которого расположен двухстрочный символьный жидкокристаллический дисплей и кнопки управления. Размеры устройства позволяют без труда носить его в кармане (рисунок 6.3). С помощью такого «тестера» можно быстро и автономно проверить правильность подключения внешних цепей, параметров настройки, значений технологических переменных на любом ДЕКОНТ-устройстве. Минипульт может подключаться к любому модулю ввода-вывода и контроллеру Decont-182. Встроенный в минипульт микропроцессор обеспечивает доступ ко всем сигналам, измеряемым модулями ввода-вывода, и программируемыми параметрам в контроллерах.



Рисунок 6.3 — Внешний вид мини-пульта

## 6.4 Стационарный пульт

В номенклатуру ПТК ДЕКОНТ входит также стационарный пульт оператора (пульт), предназначенный для установки на передней поверхности защитных шкафов (рисунок 6.4). Пульт используется для создания разнообразных систем локальной автоматики, автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) и др. Он позволяет решать задачи интерактивного взаимодействия с обслуживающим персоналом.

Пульт обеспечивает управление по 16 дополнительным каналам светодиодной индикации и обработку сигналов от 8 внешних кнопок управления. Связь с источниками/приемниками дополнительных каналов осуществляется через боковой разъем типа DB25F.

С внутренней стороны пульта, недоступной в закрытом шкафу, размещены три специализированные кнопки, обеспечивающие управление коммерческой информацией, не реагирующие на манипуляции со стандартной клавиатурой.

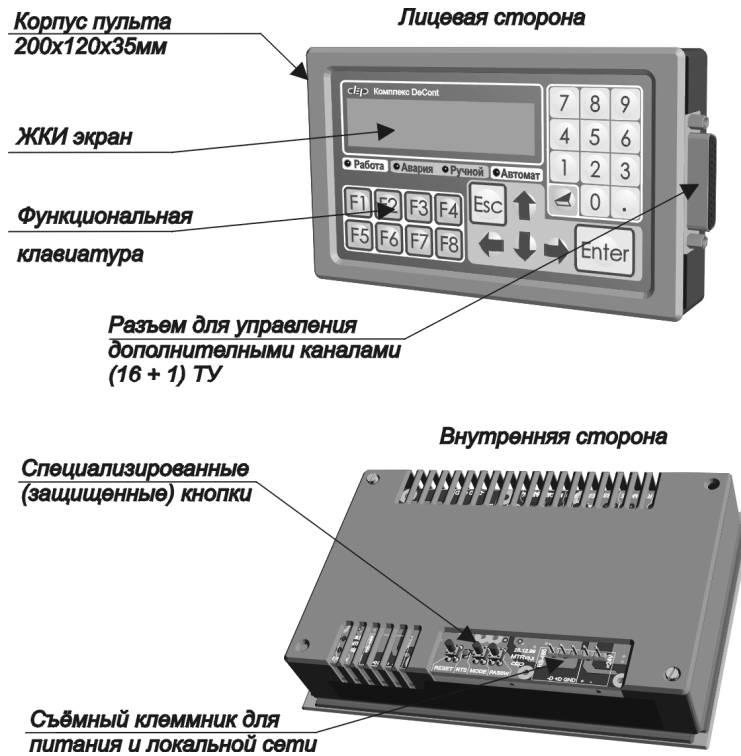


Рисунок 6.4 — Внешний вид и назначение элементов VOXPULTa

## 6.5 Топология систем автоматизации

В настоящее время идеология построения различных автоматизированных систем контроля и управления уверенно развивается в сторону распределенных принципов. Такой подход позволяет наиболее полно реализовать требования, предъявляемые к современным микропроцессорным системам автоматизации.

Предлагаемый комплекс ДЕКОНТ обладает модульной распределенной структурой, когда каждый модуль является функционально законченным устройством. В любой системе на базе комплекса не составляет труда организовать «обвязку» автоматизируемого объекта с распределением модулей ввода/вывода и контроллеров именно по требуемым местам. При этом максимально экономится кабельная продукция, упрощается монтаж, повышается надежность измерений.

Имеющиеся вычислительные мощности комплекса позволяют использовать его и для создания централизованных систем, добиваясь при этом технико-экономических показателей, недоступных при иных способах построения.

Связь компьютера с модулями осуществляется через преобразователь интерфейсов RS-232/-485. Взаимодействие ПЭВМ с модулями ввода/вывода построено по принципу «Мастер-Слейв». Модули в сети являются слейвами, они пассивны — весь обмен данными инициируется по запросу мастера, которым в рассматриваемом примере является ПЭВМ. Обработка сигналов модулями производится циклически по встроенным алгоритмам. После каждого следующего цикла измерений новое измеренное и обработанное значение аналогового или дискретного сигнала заменяет в памяти модуля предыдущее. По запросу мастера по сети передается всегда последнее обработанное значение. По сети от мастера к модулям ввода/вывода поступают настроечные параметры и команды на выдачу управляющих воздействий.

Наибольший практический интерес, с точки зрения создания различных систем автоматизации, представляет использование в качестве мастера управляющего контроллера DECONT-182, обычно дополняемого различными интерфейсными платами.

## **6.6 Программное обеспечение комплекса**

### **6.6.1 Введение**

ПО, предлагаемое для работы с аппаратной частью комплекса ДЕКОНТ имеет две характерные черты:

- все программные компоненты имеют модульное построение, что позволяет минимизировать затраты пользователя — приобретаются только нужные компоненты. В дальнейшем, при необходимости расширения возможностей системы докупаются недостающие модули;
- все программные компоненты ориентированы на использование в качестве «железа» сертифицированное ДЕКОНТ-оборудование. Это позволяет создавать на одном типовом оборудовании эффективные системы автоматизации для самых различных применений.

Все программные компоненты комплекса делятся на два класса. Инструментальная часть (Development) — комплекс программ, позволяющий пользователю выполнять привязку и на-

стройку необходимых программных компонент к конкретным объектам системы. Исполняемая часть (Run Time) — результат привязки программных возможностей комплекса к конкретному проекту. Взаимодействие основных инструментальных компонент комплекса представлено на рисунке 6.5.

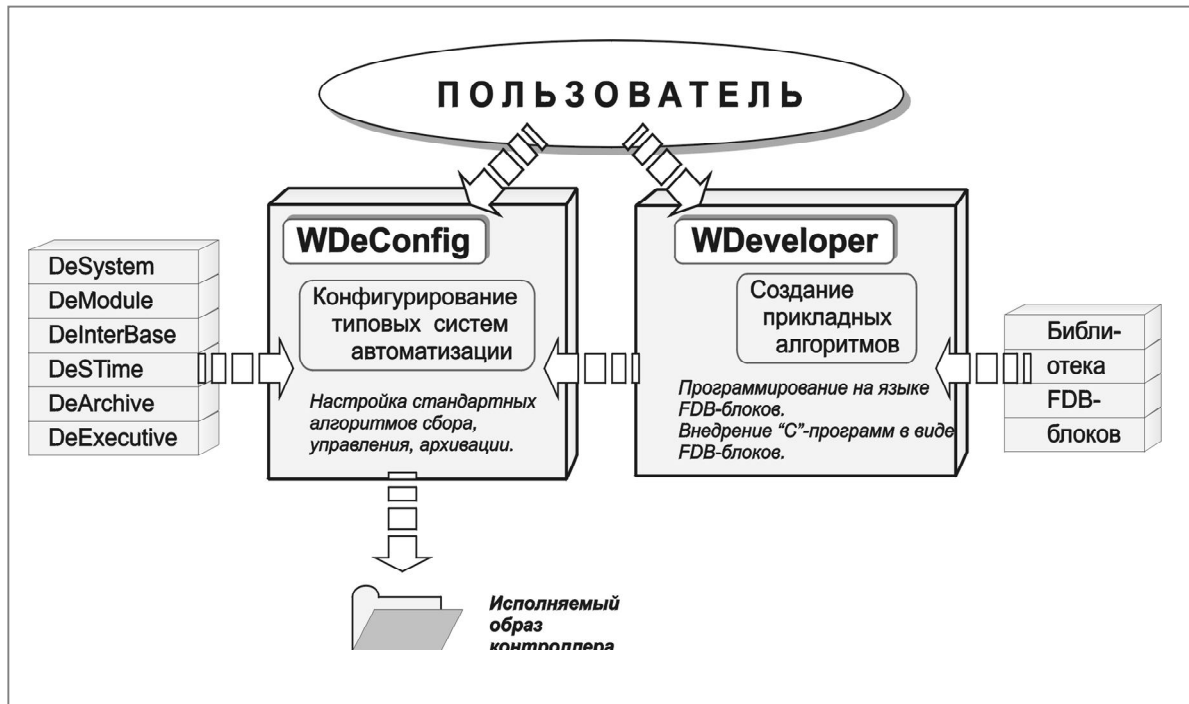


Рисунок 6.5 — Основные инструментальные средства комплекса ДЕКОНТ

### ***Основные компоненты инструментальной части:***

**WDeConfig** (конфигуратор) используется для первичной загрузки ПО в контроллеры Decont-182 (загрузка образов контроллеров), а также, в дальнейшем, при разработке, наладке, сопровождении и расширении систем пользователя. WDeConfig позволяет изменять настройку и ПО контроллеров, оперативно просматривать текущие значения системных и прикладных параметров во всей системе.

**WDeveloper** (разработчик) — это интегрированная среда разработки пользовательских прикладных программ (алгоритмов), встраиваемых затем в контроллеры Decont-182.

### ***WinDecont — базовое ПО для работы в среде Windows***

Программа WinDecont — прежде всего обеспечивает доступ ПЭВМ к технологической сети контроллеров. WinDecont имеет

так же встроенные программные интерфейсы для обмена текущими прикладными данными с другими приложениями Windows (в том числе интерфейс OPC-сервера). Используя эти интерфейсы на компьютере можно создавать (запускать) системы отображения и архивирования текущей информации, получаемой с контроллеров, и выдавать управляющие воздействия на объект.

### **6.6.2 Конфигурирование типовых систем**

В среде ДЕКОНТ процесс описания пользователем функций создаваемой системы (конфигурирование) сведен к автоматизированному заполнению электронных таблиц (например, с помощью Microsoft Excel).

При конфигурировании таким способом большинства типовых систем — а сюда можно отнести подавляющее число создаваемых систем автоматизированного сбора и доставки на верхний уровень технологической информации с объектов, и/или выдачи команд управления на объект — экономится масса времени пользователя, освобождая его при этом от рутинной, монотонной и нетворческой работы.

В процессе интерактивного конфигурирования системы вся информация представляется на группе экранов в удобном для восприятия виде (рисунок 6.6).

При этом пользователю не обязательно разбираться в программной реализации комплекса, знать какие компоненты реализуют те или иные функциональные возможности системы — необходимые программные средства автоматически добавляются в необходимые узлы (контроллеры или ПЭВМ) на этапе заполнения таблиц конфигурации.

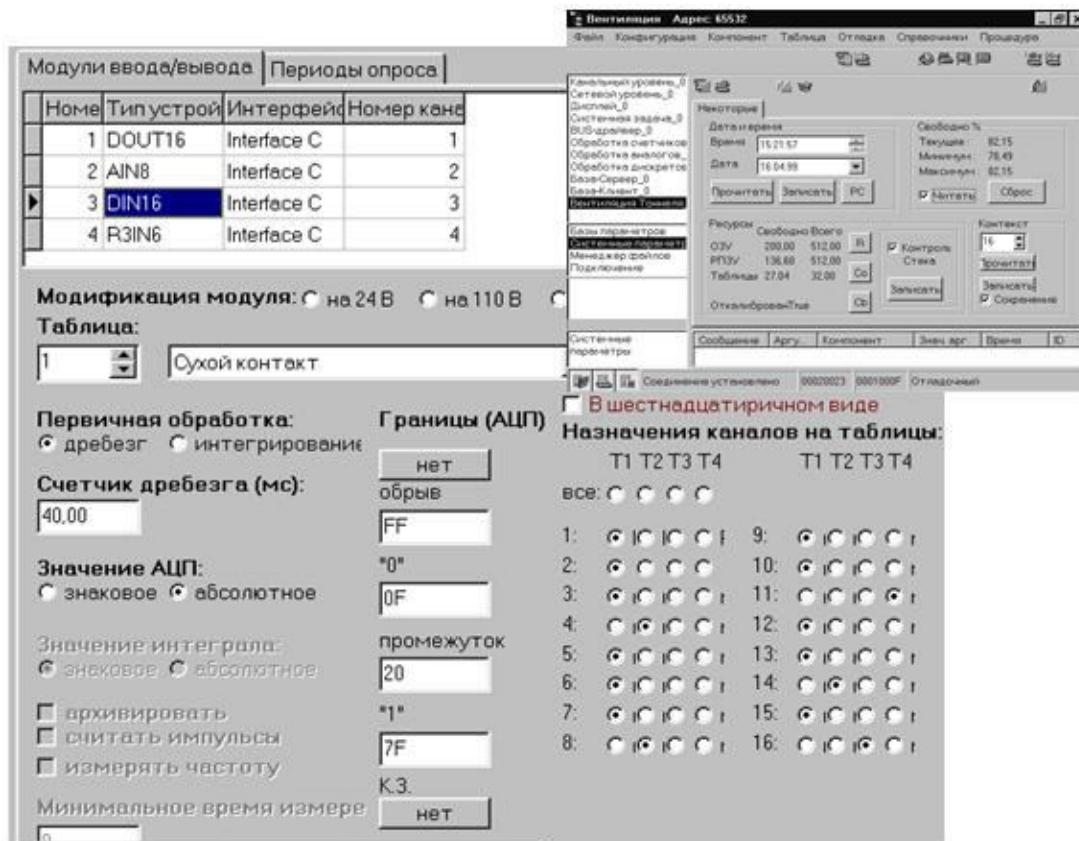


Рисунок 6.6 — Примеры экранных форм configurатора

Описанные возможности реализованы в виде программы **WDeConfig** (Конфигуратор). Его работа базируется на повсеместном использовании такого понятия как «образ контроллера». В среде программирования ДЕКОНТ под образом контроллера обычно понимается набор данных и программных компонентов, загружаемых в контроллер и необходимых для обеспечения выбранных пользователем функций.

Применение понятия образа контроллера позволило унифицировать подготовку ПО для контроллеров, используемых в различных (по выполняемым функциям и сложности) системах, а также упростить сопровождение и модернизацию ПО пользовательских систем.

Таким образом, пользователь описывает лишь функциональность системы, т.е. то в чем он хорошо ориентируется. Система сама создаст все необходимые таблицы и правильно разместит в них нужную информацию.



### 6.6.3 Разработка алгоритмов локальной автоматики

Для создания пользовательских алгоритмов, встраиваемых в контроллеры Decont-182, предназначена интегрированная среда разработки алгоритмов и вычислений **WDeveloper** («разработчик») (рисунок 6.7). Основным компонентом описываемой среды является современный оригинальный графический проблемно-ориентированный язык программирования на основе диаграмм функциональных блоков (FDB), соответствующий международному стандарту IEC 1131-1.

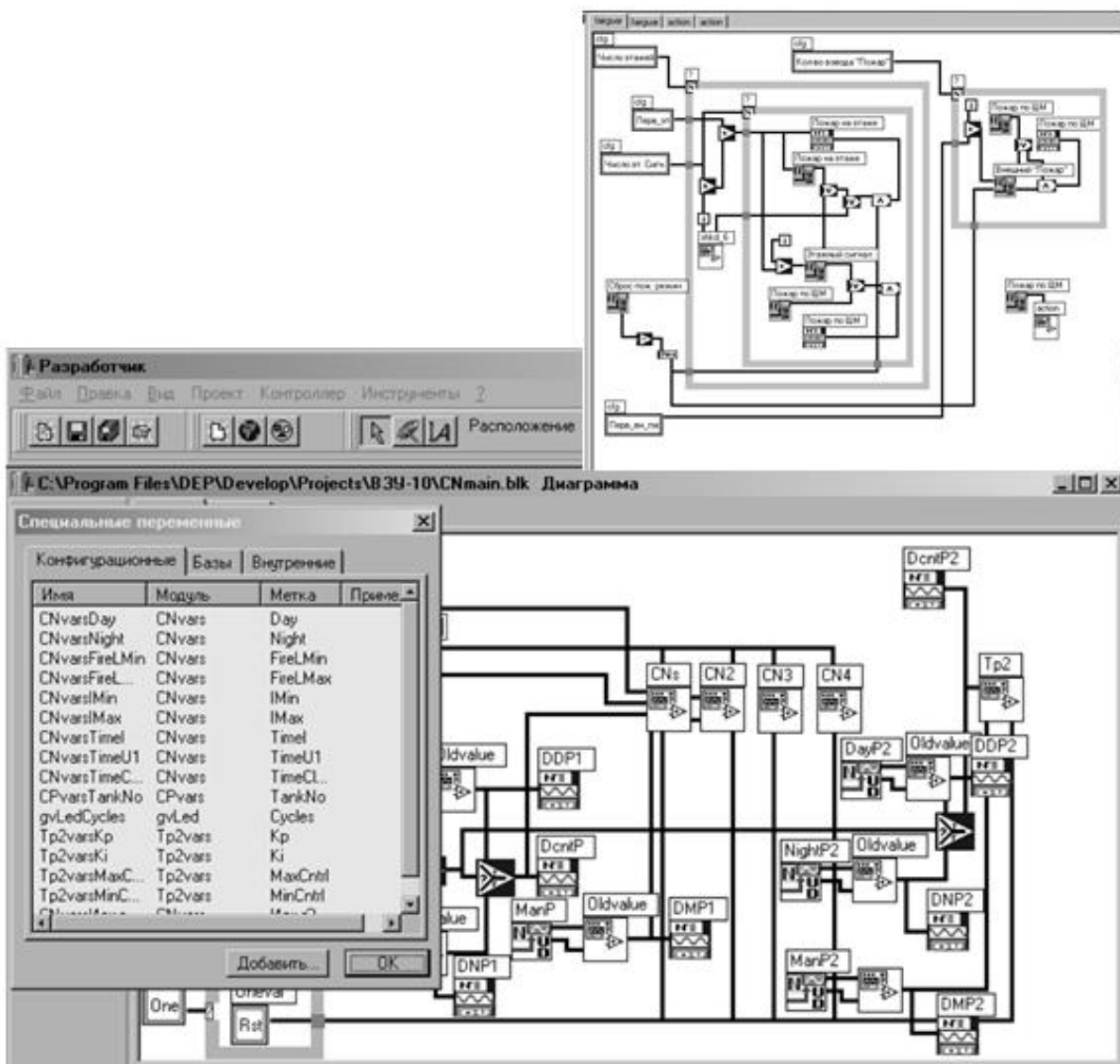


Рисунок 6.7 — Пример представления алгоритмов в среде WDeveloper

Обладая интуитивно понятным графическим интерфейсом, WDeveloper предоставляет пользователям недорогое и удобное средство разработки АСУ ТП, не требующее высокого уровня подготовки в области программирования и позволяющее существенно сократить время программирования и отладки самых разнообразных алгоритмов. В состав WDeveloper входит обширная библиотека функциональных блоков, реализующих как простейшие логические и арифметические операции, так и сложные алгоритмы (PID-регуляторы, блоки управления кондиционерами, теплопунктом и др.).

#### **6.6.4 Обработка архивных данных**

Компания ДЭП реализовала в комплексе ДЕКОНТ принципиально новую возможность — автоматическое ведение архивов на удаленных объектах плюс доставка и «склеивание» их на верхнем уровне.

Необходимость в такого рода функции востребована прежде всего в современных автоматизированных системах технического и коммерческого учета энергоносителей (АСКУЭ) — электроэнергии, тепла, газа, воды и др. на объектах, имеющих значительную территориальную рассредоточенность ТП.

Для создания современных АСКУЭ, обеспечивающих качественное решение задач коммерческого и технического учета (одновременности считывания показаний, гарантии факта измерения, надежности доставки и хранения данных) в ПТК ДЕКОНТ реализована подсистема автоматизированного ведения архивов (вплоть до минутных и секундных). Подсистема обеспечивает выполнение функций:

- архивацию среза текущих измерительных данных вместе с метками времени по внутреннему временному алгоритму на любом указанном узле (контроллере) с привязкой к единому для всей системы астрономическому времени;
- ведение единого времени во всей системе (включая узлы-контроллеры);

- автоматическое вычитывание архивных данных со множества удаленных узлов — доставка архивных данных с метками времени на верхний уровень (в ПЭВМ сбора данных);
- разбор и склеивание архивов на верхнем уровне (в том числе в одном или нескольких SQL-серверах);
- ведение архивных баз на верхнем уровне (менеджер архивов);
- средства графической визуализации архивных данных;
- печать отчетов и графиков;
- подготовка данных для дальнейшего анализа в среде MS EXCEL.

Пример табличного представления архивных данных приведен на рисунке 6.8.

Дата и время	Analog4	Analog3	Analog2	Analog1	Count1	Count2
10.05.01 00:00:00	90,2883148	-73,1998367	-32,0999985	26,8001003	148	82
10.05.01 00:00:30	85,5883179	-70,8998337	-34,0000000	23,6000996	151	86
10.05.01 00:01:00	86,7883148	-69,7998352	-33,2999992	21,6000996	156	92
10.05.01 00:01:30	85,7883148	-65,2998352	-38,0000000	25,8001003	157	93
10.05.01 00:02:00	87,4883148	-68,8998337	-40,2000008	25,6000996	161	93
10.05.01 00:02:30	91,7883148	-73,2998352	-45,0000000	23,1000996	164	100
10.05.01 00:03:00	92,0883179	-72,1998367	-44,7999992	20,8001003	166	100
10.05.01 00:03:30	96,5883179	-71,5998383	-43,8999977	25,3001003	168	102
10.05.01 00:04:00	97,4883194	-74,5998383	-43,4999962	29,3001003	170	106
10.05.01 00:04:30	97,2883224	-76,5998383	-44,1999969	34,3001022	173	111
10.05.01 00:05:00	93,1883240	-78,7998352	-43,7999954	30,9001026	176	116
10.05.01 00:05:30	96,3883209	-80,2998352	-41,9999962	31,8001022	178	119
10.05.01 00:06:00	99,7883224	-85,0998383	-38,2999954	32,2001038	180	123
10.05.01 00:06:30	99,8883209	-86,9998398	-37,5999947	31,7001038	182	123
10.05.01 00:07:00	98,1883316	-84,4998398	-35,4999962	32,3001022	186	128
10.05.01 00:07:30	93,3883286	-84,3998413	-35,4999962	34,7001038	190	134
10.05.01 00:08:00	88,5883255	-87,3998413	-37,4999962	37,3001022	197	139
10.05.01 00:08:30	90,6883240	-89,6998444	-32,8999977	38,3001022	202	145
10.05.01 00:09:00	94,4883270	-93,2998428	-28,6999969	33,3001022	7	150
10.05.01 00:09:30	94,7883301	-97,2998428	-27,5999966	33,1001015	8	152

Рисунок 6.8 — Табличное представление архивных данных

Выполнение большинства функций осуществляется в автоматическом режиме. Для этого пользователь на этапе конфигурирования системы выбирает требуемые опции ведения и вычитывания архивных данных.

вания архивов. После чего, на этапе запуска, система сама инициализирует все необходимые компоненты и в процессе работы будет своевременно с требуемым тактом правильно собирать, архивировать и передавать нужную информацию.

Любой контроллер в системе может выполнять функцию накопления архивных данных. Из всего множества контроллеров, задействованных в системе, пользователь может выбрать те, из которых необходимо периодически получать накопленные данные. Для каждого контроллера можно индивидуально задать каналы, подлежащие архивированию, а также период вычитывания на верхний уровень. Для того, чтобы пользователь «не запутался» в представляемом многообразии сервисных возможностей служит программа сбора архивов **DarxServer**. При первом запуске программы необходимо задать настроечные параметры, в том числе перечислить из каких контроллеров какие архивы читать. Все остальное программа делает сама. В дальнейшем любые параметры можно менять — система автоматически обеспечит правильную корректировку всех ведущихся баз.

В процессе работы любой системы, собирающей архивные данные, рано или поздно приходит момент, когда объемы накопленной на ПЭВМ информации начинают превышать все разумные пределы. Для оперативного управления накопленными архивными данными в среде ДЕКОНТ существует программный компонент «менеджер архивов».

Функции «менеджера архивов»:

- создание и удаление архивов в «хранилище»;
- упаковка и распаковка архивов;
- ведение справочников и таблиц расшифровки.

Под «хранилищем» понимается клиент-серверная БД с SQL-доступом, например InterBase, MSSQL-7 и т.д.

### **6.6.5 Просмотр архивов WDeArchive**

Программа WDeArchive предназначена для обработки, отображения, печати и экспорта в текстовом и графическом виде архивных данных расположенных в хранилище.

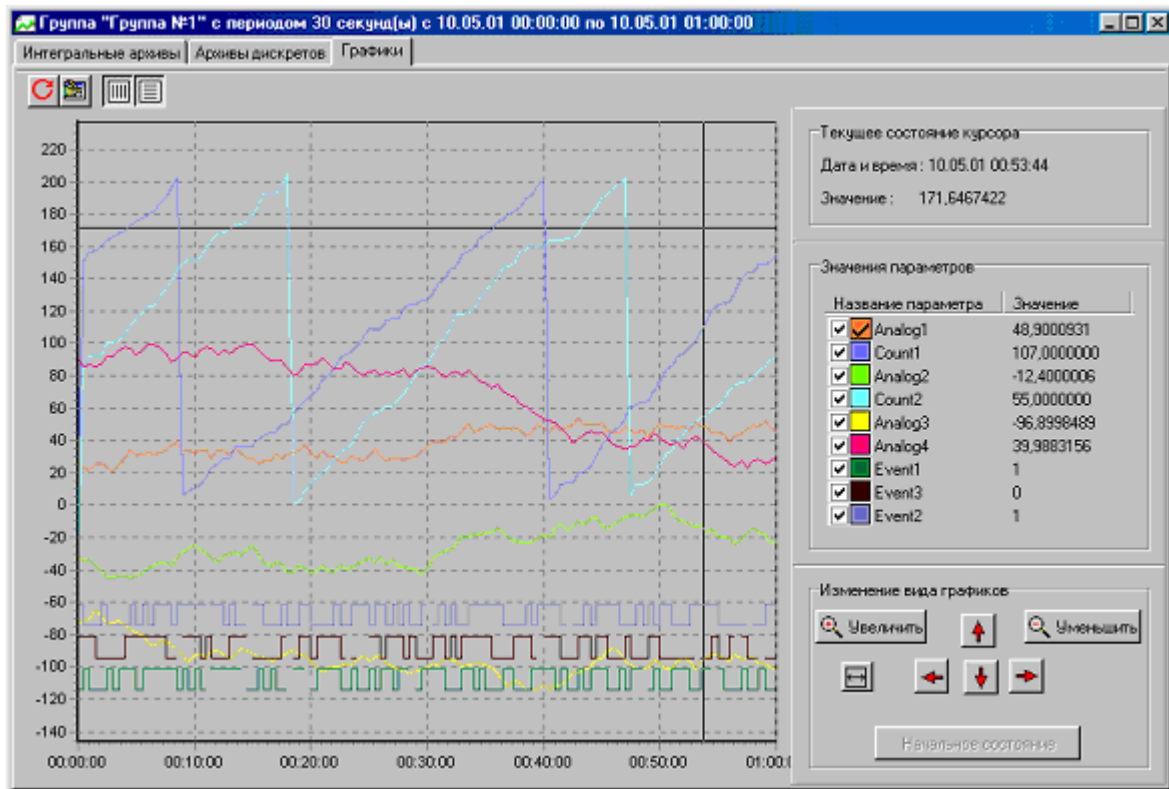


Рисунок 6.9 — Графическое представление архивных данных

Программа обеспечивает (рисунок 6.9):

- представление архивных данных в табличном и графическом виде;
- обработку полученных архивных данных;
- печать архивных данных в табличном и графическом виде;
- формирование групп данных для просмотра;
- экспорт данных в Excel.

Программа поддерживает многооконный интерфейс, что позволяет просматривать архивные данные одновременно в нескольких окнах с разными параметрами вычитывания.

### 6.6.6 Взаимодействие со SCADA-пакетами

Среда ДЕКОНТ поддерживает организацию взаимодействия с другими Windows-приложениями (в частности с различными SCADA-пакетами) через механизм OPC-программы.

Стандарт OPC (OPC-OLE for Process Control — OLE для управления процессами) разработан для унификации взаимодействия поставщика данных (OPC сервера) и пользователя данных (OPC клиента).

Для любой современной SCADA ДЕКОНТ-система является поставщиком унифицированных данных — OPC сервером.

OPC сервер для серии ДЕКОНТ реализован на основе стандарта OPC Data Access Custom Interface Specification 2.04 и поддерживает все обязательные интерфейсы в полном объеме.

Программные средства ДЕКОНТ позволяют создавать на их базе АРМ для систем АСДУ — диспетчерского (или телемеханического) контроля и управления в таких в таких отраслях как: теплоснабжение, водоснабжение, электроснабжение и др.

Для большинства типовых телемеханических систем используется специализированное ПО верхнего уровня, ориентированное на работу с ПЭВМ на платформе Win98/NT. Например, для телемеханизации РДП кабельных сетей АО «Мосэнерго» поставляются программные средства «АРМ Диспетчера» и «АРМ Телемеханики». Указанные программные средства позволяют создавать на их базе оперативный информационно управляющий комплекс (ОИУК) предприятия (рисунок 6.10).

«АРМ Диспетчера» обеспечивает оперативный контроль состояния сигналов на всех подключенных РП. Информация представляется диспетчеру в виде общей схемы всего района и детальных мнемосхем каждого РП. При изменении состояния контролируемых сигналов включаются звуковая и визуальная сигнализации, а также обеспечивается регистрация и архивация фактов изменения сигналов и команд, выдаваемых диспетчером.

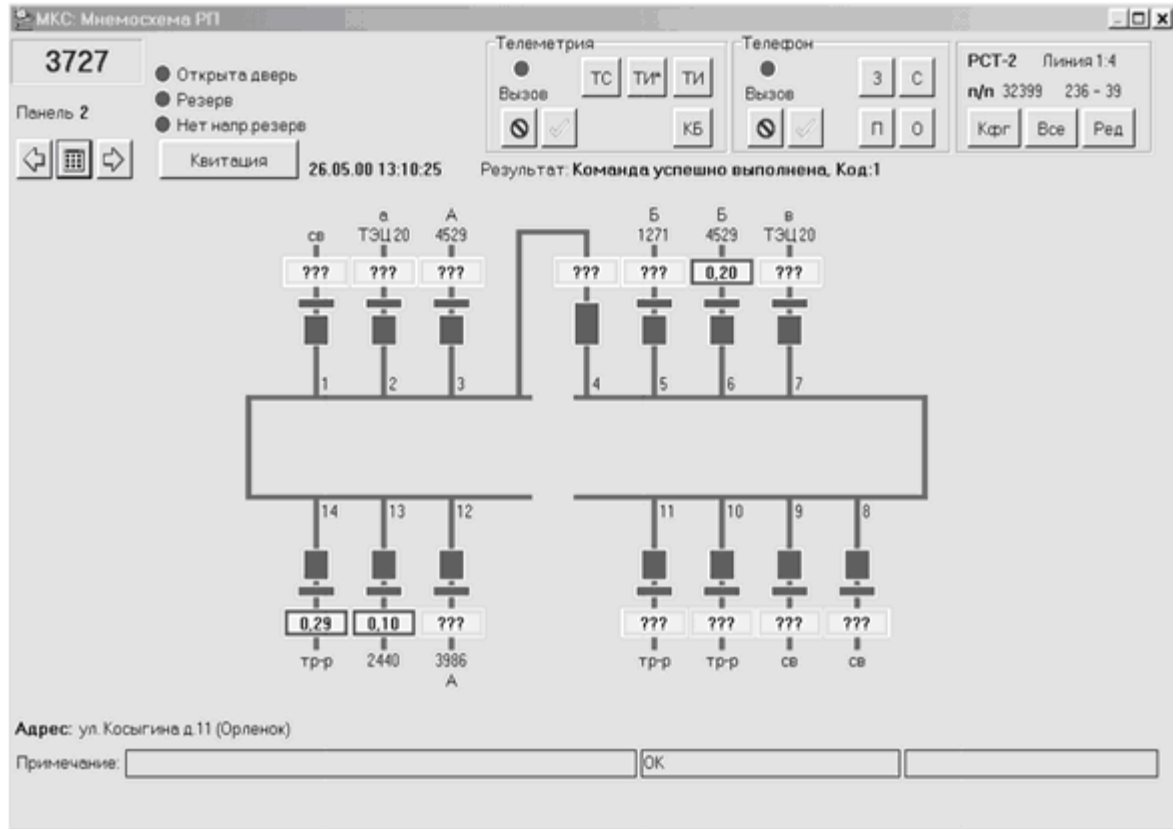


Рисунок 6.10 — Пример технологического экрана РП

Для вывода информации на диспетчерский щит АРМ-Д может управлять стандартными щитовыми контроллерами ПТК ДЕКОНТ.

ПО «АРМ-Телемеханики» предназначено для задания параметров работы комплекса и его сопровождения. «АРМ Телемеханики» позволяет изменять параметры любого КП, работать в отладочном и настройном режимах с оборудованием телемеханики через интуитивно понятные графические интерфейсы.

Пользователю также предоставляются развитые графические возможности по сопровождению, редактированию и созданию новых мнемосхем КП.

### 6.6.7 Рекомендации по выбору программных компонент

Ниже приводятся рекомендации для правильного выбора соответствующих программных компонент, необходимых для корректного запуска ДЕКОНТ-систем.

ПО для ПЭВМ:

*Программа WinDecont* — оболочка, которая позволяет запускать программные компоненты в среде Windows, а также обеспечивает доступ компьютера к технологической сети контроллеров.

**Вывод:** WinDecont — исполнительная среда, поэтому на каждом компьютере, который должен быть узлом технологической сети, необходимо установить WinDecont.

*Программа WDeConfig (Конфигуратор)* является основным инструментом отладки и диагностики. Он может быть установлен на любом компьютере, являющемся узлом технологической сети. При этом все контроллеры в сети становятся доступными для отладки и диагностики. Количество компьютеров с установленным ПО WDeConfig зависит от потребностей как системы так и ее пользователей.

WDeConfig поставляется в 3-х модификациях, различающихся максимально возможным количеством поддерживаемых контроллеров в системе. В зависимости от потребностей пользователя используется нужная модификация.

Конфигуратор также может быть установлен на любом компьютере, не являющемся узлом технологической сети. При этом осуществляется автономная (через СОМ-порт компьютера и А-интерфейс контроллера) отладка и диагностика подключаемого контроллера. Однако такой режим не обеспечивает оперативной диагностики и проверки ПО в контроллерах, реально работающих в пользовательской системе. «Подсмотреть» в реальном времени за работой контроллеров в системе можно только через Конфигуратор непосредственно на компьютере, являющемся узлом сети данной системы пользователя.

**Вывод:** WDeConfig — это инструментальная среда, поэтому на каждую группу контроллеров, объединяемых своей (непересекающейся с другими) технологической сетью, необходимо иметь хотя бы один компьютер с установленным WDeConfig.

*ПО WDeveloper (Разработчик)* — интегрированная среда разработки пользовательских прикладных программ (алгоритмов), встраиваемых в контроллеры Decont-182. Основным компонентом описываемой среды является современный оригинальный графический язык программирования на основе диаграмм функциональных блоков (FDB), соответствующий международ-



ному стандарту IEC 1131-1. Обладая интуитивно понятным графическим интерфейсом, WDeveloper предоставляет пользователям удобное средство разработки АСУ ТП, не требующее высокого уровня подготовки в области программирования и позволяющее существенно сократить время программирования и отладки самых разнообразных алгоритмов. После разработки алгоритма в среде WDeveloper алгоритм хранится в виде файла на ПЭВМ и при необходимости загружается с помощью Конфигуратора в контроллер.

**Вывод:** ПО WDeveloper — инструментальная среда, поэтому, в случае необходимости разработки прикладных алгоритмов для контроллеров на каждую группу контроллеров, объединяемых своей (непересекающейся с другими) технологической сетью, необходимо иметь хотя бы один компьютер с установленным ПО WDeveloper.

**Программа WDeArchive** обеспечивает считывание архивных данных из контроллеров в ПЭВМ. В ПЭВМ при этом создается отдельная БД — «хранилище архивов». Доступ к архивам может осуществляться через SQL-запросы и экспорт данных в Excel.

**Вывод:** WDeArchive. — программа исполнительной среды, поэтому на каждом компьютере, который является узлом технологической сети и на котором требуется работа с архивными данными необходимо установить ПО WDeArchive

ПО загружаемое в контроллеры:

**DeSystem** — базовая (основная) группа задач. *Обязательна* для всех контроллеров.

**DeModule** — содержит группу задач, обслуживающих связь с модулями ввода-вывода. *Необходима* если к контроллеру подключен хотя бы один модуль ввода/вывода.

**DeInterBase** — группа задач, обеспечивающих обмен текущими значениями баз дискретов, аналогов и счетчиков. *Необходима* для контроллеров, которые поставляют данные или используют данные других узлов сети.

**DeSTime** — группа задач, ведущих службу единого времени во всех (или выборочных) контроллерах сети. Обеспечивает целостность и непротиворечивость распределенных (по сети) технологических параметров, а также синхронизацию по времени



WDeArchive	+		+	+									
WDeveloper			+										

В таблице 6.2 дана сводная рекомендация по размещению программных модулей комплекса по ПЭВМ и контроллерам, обеспечивающая представленные на рисунке 6.11 функции. Для каждого контроллера или ПЭВМ (см. соответствующий столбец) знаком «+» отмечено необходимое ПО.

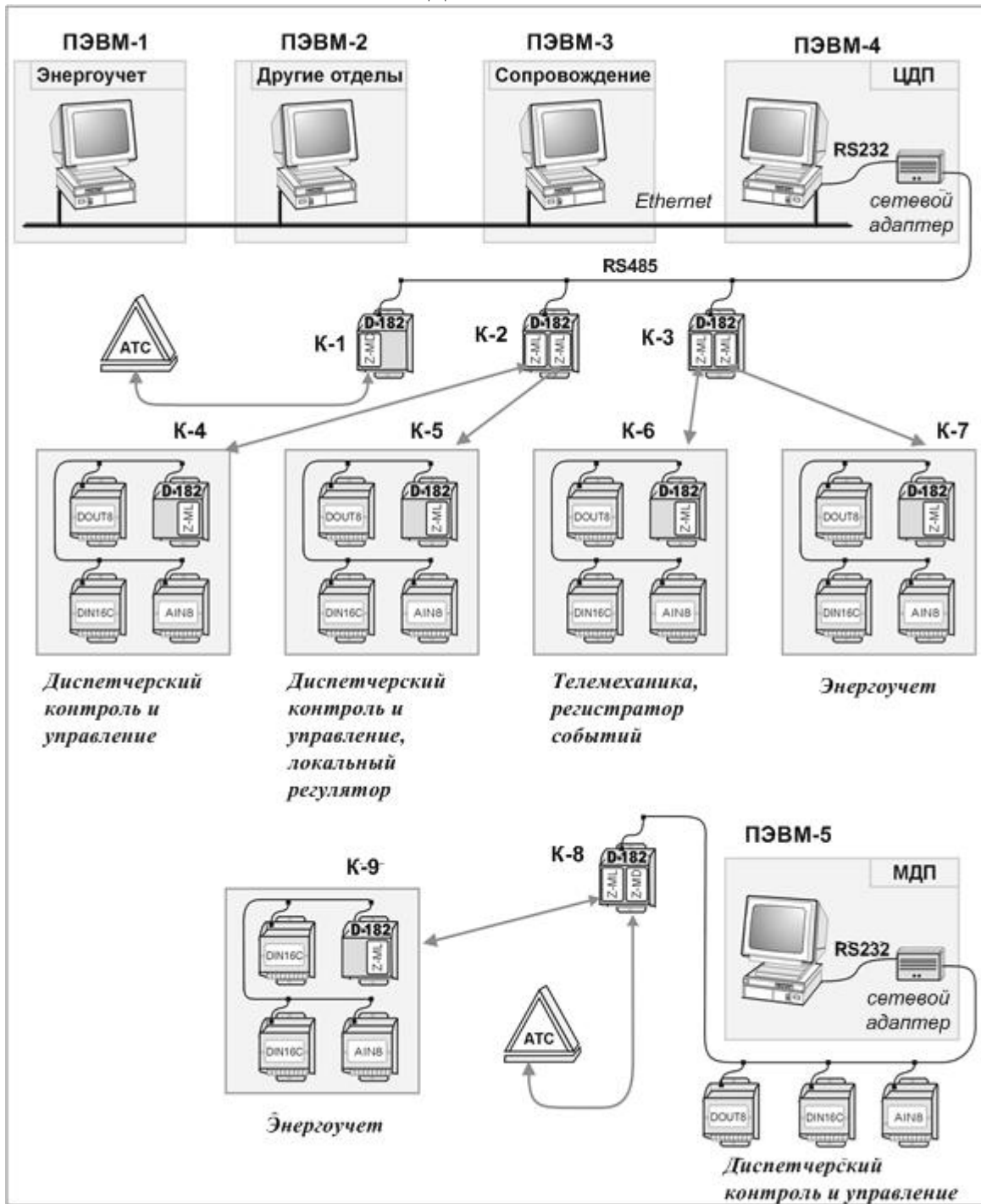


Рисунок 6.11 — Пример системы автоматизации

## 6.7 Полнофункциональная автоматизация

Рассмотренные принципы обработки сигналов, основанные на применении децентрализованных микропроцессорных модулей ввода/вывода отражают современную общемировую тенденцию по переносу периферийных модулей непосредственно к ТП.

Имеющиеся вычислительные мощности, задействованные в модулях ввода/вывода для обработки информации на месте возникновения сигнала, позволяют оптимизировать пропускную способность каналов связи и добиться технико-экономических показателей, недоступных при иных способах построения систем.

Практика показывает, что вычислительная мощность описываемых модулей ввода/вывода (в совокупности с пропускной способностью технологической сети и мощностью управляющего контроллера) оптимальна и достаточна для решения задач класса АСУ ТП на объектах с временными характеристиками от секунды и более.

Сюда относятся подавляющее число задач регулирования и управления ТП тепло-, водо- и газоснабжения, управления системами вентиляции и кондиционирования, жилищно-коммунальное хозяйство, ряд задач в электроэнергетике и многое другое.

Развитая каналобразующая база комплекса ДЕКОНТ, дополняемая развитой программной поддержкой, позволяет красиво и оптимально с инженерной и экономической точек зрения решить любую задачу технического и коммерческого учета энергоносителей.

Алгоритмы обработки дискретных сигналов учитывают также специфику более быстрых, миллисекундных процессов, которые характерны для решения телемеханических задач временной синхронизации событий, физически обрабатываемых в разных (часто удаленных на значительные расстояния) модулях.

Организованная в комплексе ДЕКОНТ служба реального времени позволяет контроллерам DECONT-182 синхронизировать с точностью до 5 мсек (через различные каналы связи) архивы дискретных событий, ведущиеся модулями ввода-вывода и с точностью до 10 мсек. события между различными контроллерами.

Возможность совмещения в одном комплексе функций учета, телемеханического контроля и управления, а также локальной автоматики позволяет существенно снизить суммарные затраты потребителя как при монтаже так и в процессе эксплуатации системы.

Распределенная мультипроцессорная архитектура комплекса выгодно отличает комплекс ДЕКОНТ, поскольку обеспечивает высокую живучесть и готовность системы, упрощает ее обслуживание. Хорошо разработанная и тщательно продуманная номенклатура программных и аппаратных модулей, многократно апробированная российской действительностью, позволяет создавать практически любые системы автоматизации.

## 6.8 Пример построения АСУ ТП на основе ДЕКОНТ

К настоящему времени диспетчеризация цеха электросетей и подстанций (ЦЭСиП) ОАО “ММК” осуществляется с помощью двух телекомплексов ТМ-301 и одного телекомплекса ТМ-310, емкостью 41 контролируемый пункт (КП) и 31 КП соответственно, а так же мнемонического щита для отображения информации, двух пультов диспетчерского управления. Существующие телемеханические системы неплохо зарекомендовали себя в эксплуатации, и стали неотъемлемой частью диспетчерской службы предприятия, но на данный момент проявили следующие недостатки:

- Существующие телекомплексы имеют узлы стыковки с управляющими мини ЭВМ М6000 и М7000, которые уже давно сняты с производства. В связи с этим трудно приспособлять системы к современным требованиям по регистрации событий, анализу аварийных ситуаций, оптимизации режима электроснабжения и т.п.

- Аппаратура контролируемого пункта телекомплекса сосредоточена в централизованных шкафах, что не позволяет реализовать распределенную структуру сбора данных на объектах, что в свою очередь не дает максимального приближения к объектам телеуправления и вследствие этого не дает существенно снизить расход кабельной продукции.

- Возрастающие затраты по поддержанию систем в работоспособном состоянии обусловлены малой надежностью устройств, в связи с применением в модулях телекомплексов дискретных элементов и микросхем малой степени интеграции (например для ТМ-301 показатель составляет 10 часов наработки на отказ, для ТМ-310 100 часов).

- Трудности с пополнением запасных частей, связанные со снятием с производства этих систем.

*Необходимость модернизации системы телемеханики и перехода к созданию АСОДУ на базе современной микропроцессорной техники и SCADA-систем обусловлена и тем, что:*

- рыночная экономическая ситуация диктует новые требования к подобным системам (например быстрое создание и внедрение технических проектов, продиктованное не только изменением объема информации, но и добавлением новых функций архивирования, сетевых взаимодействий и т.д.);

- подъем производства обязательно должен быть связан с техническим перевооружением, а повышение качества продукции невозможно без применения современных средств автоматизации технологических процессов;

- современные микропроцессорные средства автоматизации имеют большую надежность (показатель наработки на отказ более десятка тысяч часов), и большую информационную пропускную и емкостную способность.

Исходя из вышеперечисленного, встал вопрос не только о реконструкции существующих систем телемеханики, но и создании автоматизированной системы оперативного диспетчерского управления (АСОДУ).

Деятельность АСОДУ ЦЭСиП должна обеспечиваться многокомпонентными взаимодействующими системами технического, информационного, программного и организационного обеспечения. АСОДУ цеха электросетей и подстанций строится как *децентрализованная двухуровневая система*, выполняющая информационные, управляющие и диспетчерские функции.

Автоматизированная система оперативного управления ЦЭСиП должна обеспечивать:

- сбор информации с преобразователей, датчиков, механизмов, которыми оснащен объект управления (функции теле-сигнализации и текущих телеизмерений ТС-ТИТ);
- выдачу управляющих воздействий на исполнительные механизмы (функции телеуправления ТУ);
- обработку и отображение информации в соответствии с заложенным алгоритмом (функции мониторинга происходящих процессов);
- ведение оперативного журнала переключений технологического оборудования;
- выдачу советов и рекомендаций на экраны терминалов и вспомогательных средств отображения информации для обслуживающего персонала (функции советчика диспетчера);
- архивирование и хранение всей технологической информации (функции сервера технологической информации).

Но самым важным оказался критерий наиболее *полного программно-технического соответствия возможностей комплекса Деконт задачам создаваемой АСОДУ*.

Схема функциональной структуры предполагаемой АСОДУ ЦЭСиП приведена на рисунке 6.12.

Уровень базовой автоматизации (уровень 1) включает в себя локальные микропроцессорные системы, реализуемые на программируемых контроллерах.

Уровень координации (уровень 2), включает в себя систему диалога технологического персонала с АСОДУ, систему визуализации и диспетчеризации объекта управления в целом.

Все происходящее на технологическом объекте должно архивироваться в АСОДУ с целью создания отчетных документов за определенный период времени. Любая из подсистем должна иметь ранжированный доступ к архиву.

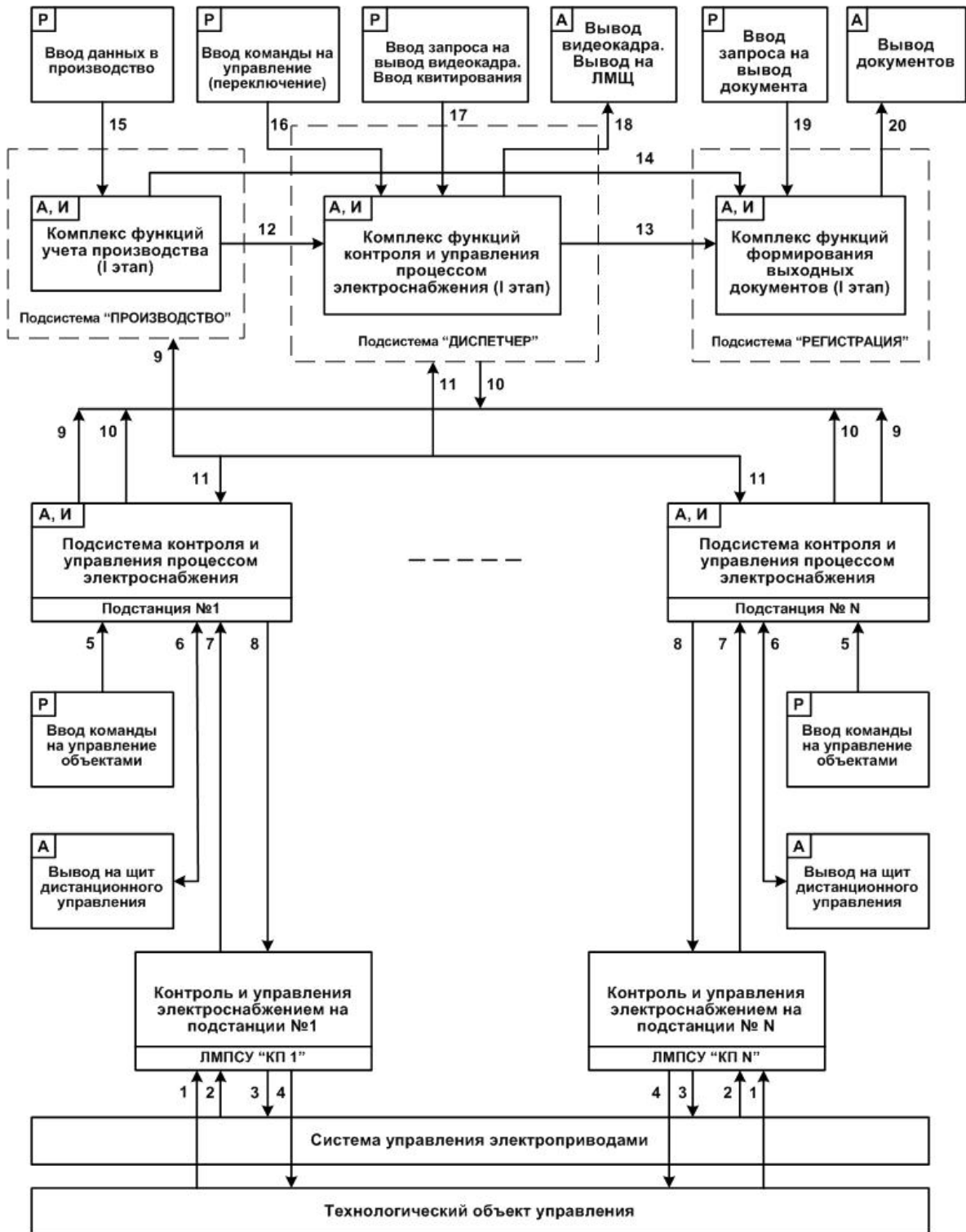


Рисунок 6.12 — Схема функциональной структуры АСОДУ ЦЭСиП

Условные обозначения на рисунке 6.12 сведены в таблицу 6.3.



Таблица 6.3 — Пояснения к рисунку 6.12

Условное обозначение	Наименование
1	Ввод технологических параметров
2,3	Обмен информацией с СУЭ
4	Вывод управляющих воздействий
5	Ввод команды на управление объектами
6	Вывод информации на щит дистанционного управления
7	Ввод информации о состоянии технологического процесса электроснабжения: – технологические параметры; – аварийные срабатывания
8	Вывод сигнала на управление
9	Данные в подсистему «ПРОИЗВОДСТВО»
10	Данные о состоянии подстанции
11	Вывод команд на управление. Определение очередности резервирования
13	Вывод документов
14	Вывод документов по производству
15	Вывод данных в подсистему «ПРОИЗВОДСТВО»: – дата, смена; – бригада
16	Ввод команд на управление, переключение
17	Резервирование
18	Вывод видеокadra
19	Ввод запроса на вывод видеокadra
20	Вывод отчетных документов

К подсистемам уровня координации относятся следующие подсистемы, обеспечивающие контроль хода производства в цеховом масштабе и реализуемые на средствах вычислительной техники:

- «Диспетчер»;
- «Производство»;
- «Регистрация».

Особенностью данной АСОДУ является применение нетрадиционного для существующих телемеханических систем способа связи диспетчерского пункта с контролируемыми пунктами по схеме «точка-точка». Данный подход позволяет выделить пару контроллеров «мастер» — «подстанция», связанных между собой через радио-, коммутируемый или выделенный модем в отдельную структуру, не зависящую от устройств верхнего уровня. Таким образом, достигается устойчивость системы в целом, так как неисправность отдельного узла не влияет на ее «плавучесть». Существующая структура АСОДУ представлена на рисунке 6.13.

За прошедшие два года с начала разработки проекта, в условиях ограниченных финансовых возможностей, была произведена реконструкция телемеханики на 9-ти крупных подстанциях ОАО «ММК».

При этом был существенно увеличен информационный объем системы, введен целый ряд новых функций, таких как ведение архивов данных или выдача собираемой информации в корпоративную сеть предприятия.

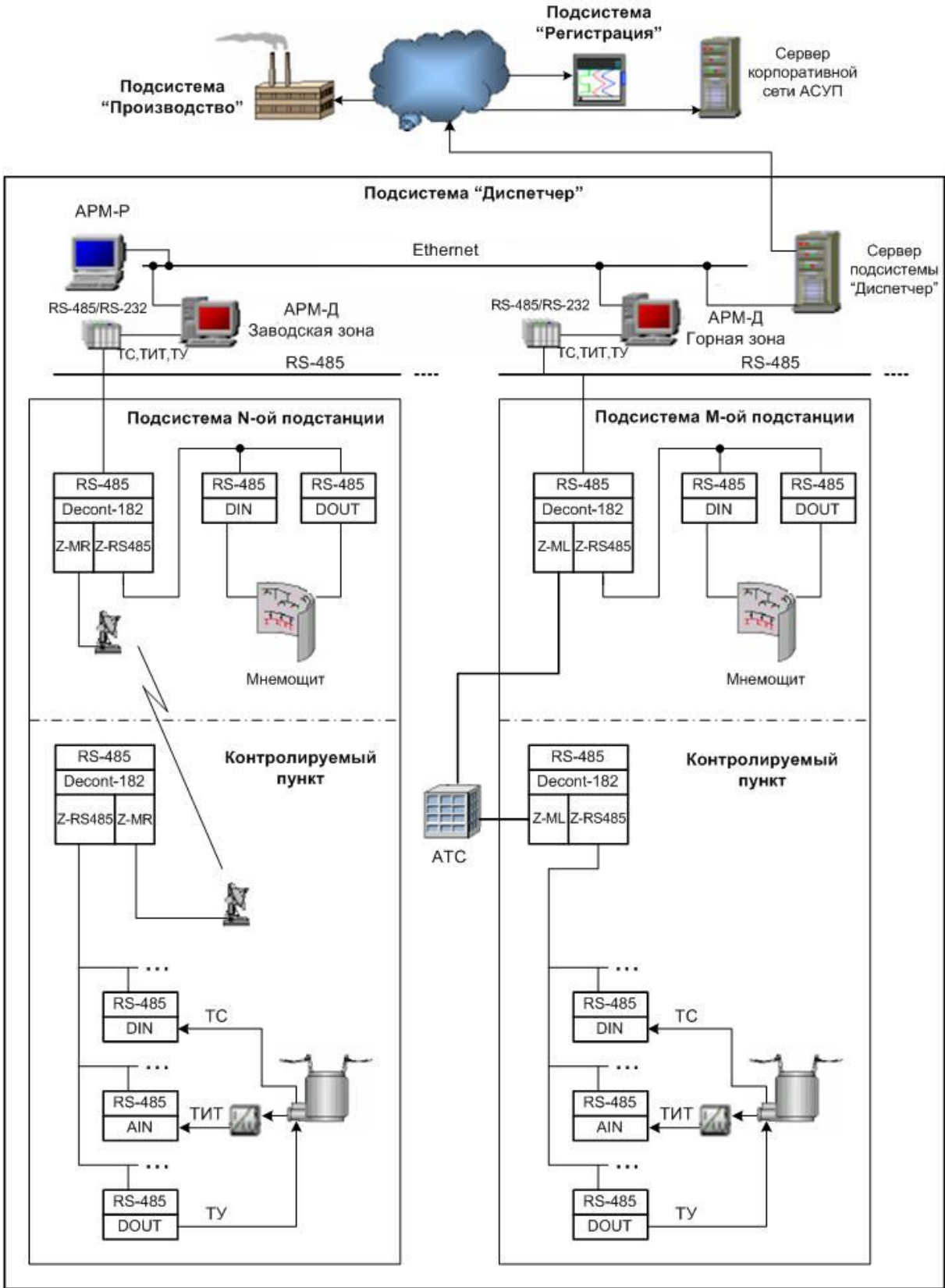


Рисунок 6.13 — Структура АСОДУ ЦЭСиП ОАО «ММК»

## **7 ВЫБОР АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ОПАСНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

### **7.1 Актуальность вопросов безопасности на действующем предприятии**

В предлагаемом учебном пособии авторы попытались осветить вопросы применения электронных промышленных устройств и систем с точки зрения технической целесообразности. Вопросы безопасности при этом не затрагивались. Это обусловлено тем, что грамотное внедрение средств промышленной автоматизации должно снижать уровень аварийности и опасности технологических процессов. Действительно, представим себе, что мы внедрили автоматическое управление городским трамваем, убрав из него вагоновожатого. АСУ не будет отвлекаться на разговоры с пассажирами, не будет раздражаться от нерасторопности пассажиров, будет вести «здоровый образ жизни». Ее расчет всегда будет трезвым в прямом и переносном смысле этого слова.

В тоже время, ошибки в проектировании могут скомпрометировать самые красивые технические идеи. Особенно опасны ошибки в энергетике, нефте-/газодобычи и переработке, в горно-рудном производстве. Ниже очень кратко рассмотрены вопросы выбора оборудования для таких отраслей [15].

### **7.2 Виды опасных производственных объектов**

К опасным производственным объектам относятся [16] предприятия или их цехи, участки, площадки, а также иные производственные объекты, на которых:

- получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются или уничтожаются:
- воспламеняющиеся вещества (перечень см. в [16]);
- окисляющие вещества (например, кислород);
- горючие вещества;
- взрывчатые вещества;
- токсичные вещества;
- вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды;

- используется оборудование, работающее под избыточным давлением более 0,07 МПа или при температуре воды более 115 °С;
- используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, эскалаторы, канатные дороги, фуникулеры;
- получают расплавы черных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов;
- ведутся горные работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях.

*На опасных производственных объектах запрещено применение технических средств, не имеющих разрешения Ростехнадзора на применение [17, п. 2.2].*

**Примечание.** В соответствии с указом Президента Российской Федерации от 20 мая 2004 г. № 649 Госгортехнадзор преобразован в Федеральную службу по экологическому, технологическому и атомному надзору и получил сокращенное название Ростехнадзор.

### **7.3 Опасные и взрывоопасные производственные объекты**

Следует различать *опасные* и *взрывоопасные* производственные объекты. Например, грузоподъемный механизм или котел с электрическим нагревом являются опасными, но не взрывоопасными объектами. Это понятие является существенным при выборе оборудования. Оборудование для *взрывоопасных* производственных объектов должно иметь *разрешение* Ростехнадзора и *маркировку* взрывозащиты на корпусе.

Отнесение производственных объектов к категории опасных производится *организацией, эксплуатирующей эти объекты*, по результатам их идентификации в соответствии с перечнем типовых видов опасных производственных объектов, который разрабатывается Ростехнадзором России [18].

### **7.4 Объекты, опасные по воспламенению горючей пыли или газа**

Следует различать взрывоопасные объекты, опасные по воспламенению смеси горючей *пыли или волокон* с воздухом, и

объекты, в которых существует возможность воспламенения смеси горючих *газов или паров* с воздухом. Это различие является существенным при выборе оборудования с нужной маркировкой взрывозащиты. Принципиальное различие между газом и пылью заключается в том, что пыль, в отличие от газа, может оседать на нагретые поверхности. Вентиляция, используемая для снижения опасности взрыва в среде газа, может привести к подъему осевшей пыли в воздух в среде, опасной по воспламенению горючей пыли, и создать взрывоопасную концентрацию пыли (более 20–50 г/м<sup>3</sup>).

Для смесей горючих *газов или паров* с воздухом используют такие средства защиты, как:

- взрывонепроницаемая оболочка (**d**);
- заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением (**p**);
- кварцевое заполнение оболочки (**q**);
- масляное заполнение оболочки (**o**);
- искробезопасная электрическая цепь (**i**), имеет уровни искробезопасности *ia, ib, ic*.

В среде со смесью горючей пыли или волокон с воздухом приведенные здесь методы взрывозащиты в общем случае не используют. Защита от воспламенения горючей пыли основана на ограничении доступа пыли к электрооборудованию посредством использования *пыленепроницаемых* (IP6X) или *пылезащитных* (IP5X) оболочек и на *ограничении* максимально возможной температуры поверхности оболочки и тех поверхностей электрооборудования, на которых может осесть пыль.

Отметим, что применение сертифицированной защитной оболочки не исключает необходимости получения разрешения Ростехнадзора на оборудование, помещенное в эту оболочку.

## 7.5 Классификация взрывоопасных зон

В среде смесей горючих газов или паров с воздухом взрывоопасные зоны подразделяют на три класса (ГОСТ Р 51330.9-99):

- зона класса 0 — зона, в которой взрывоопасная газовая смесь присутствует постоянно или в течение длительных периодов времени;

– зона класса 1 — зона, в которой существует вероятность присутствия взрывоопасной газовой смеси в нормальных условиях эксплуатации;

– зона класса 2 — зона, в которой маловероятно присутствие взрывоопасной газовой смеси в нормальных условиях эксплуатации, а если она возникает, то редко, и существует очень непродолжительное время.

В среде смеси горючей пыли или волокон с воздухом используется следующая классификация взрывоопасных зон по ГОСТ Р МЭК 61241-3-99:

– зона класса 20 — зона, в которой горючая пыль в виде облака присутствует постоянно или часто при нормальном режиме работы оборудования в количестве, способном произвести концентрацию, достаточную для взрыва горючей или воспламеняемой пыли в смесях с воздухом, и/или где могут формироваться слои пыли произвольной или чрезмерной толщины. Такие зоны бывают обычно внутри оборудования;

– зона класса 21 — зона, не классифицируемая как зона 20, в которой горючая пыль в виде облака может присутствовать при нормальном режиме работы электрооборудования в количестве, способном произвести концентрацию, достаточную для взрыва горючей пыли в смесях с воздухом;

– зона класса 22 — зона, не классифицируемая как зона 21, в которой облака горючей пыли могут возникать редко и сохраняются только на короткий период или в которых накопление слоев горючей пыли может иметь место при ненормальном режиме работы, что может привести к возникновению способных воспламеняться смесей пыли с воздухом.

## **7.6 Классификация взрывоопасных технологических блоков**

Технологический блок — это аппарат или группа (с минимальным числом) аппаратов, которые в заданное время могут быть отключены (изолированы) от технологической системы без опасных изменений режима, которые могли бы привести к развитию аварии в смежной аппаратуре или системе. Выбор техниче-

ских средств, обслуживающих взрывоопасные технологические блоки, определяется их категорией взрывоопасности.

Категория взрывоопасности определяется по специальной методике [19]. Расчет категории выходит за рамки нашего курса. Отметим только, что технологические блоки делятся на категории I, II, III. Самой опасной категорией является первая.

В зависимости от категории взрывоопасности формулируются требования к техническим средствам контроля, управления, противоаварийной защиты и сигнализации по надежности, быстродействию, допустимой погрешности измерительных систем и другим техническим характеристикам. В зависимости от категории взрывоопасности могут быть предъявлены требования к повышению надежности путем дублирования, троирования, использование временной или функциональной избыточности. Конкретные требования для блоков разных категорий и различного функционального назначения сформулированы в [19]. Например, на объектах технологическими блоками I и II категории взрывоопасности необходимо использовать дублирование систем контроля параметров, применять системы самодиагностики с индикацией рабочего состояния, с сопоставлением значений технологически связанных параметров. Для объектов с технологическими блоками III категории таких требований нет.

### **7.7 Маркировка и выбор оборудования, работающего в среде газа**

Знак Ex в маркировке указывает, что электрооборудование удовлетворяет стандартам на взрывозащиту. Для связанного электрооборудования знак Ex и следующие за ним обозначение вида взрывозащиты заключается в квадратные скобки. Связанным называется электрооборудование, которое содержит одновременно как искроопасные, так и искробезопасные электрические цепи, но конструкция его выполнена так, что искроопасные цепи не могут повлиять на степень безопасности искробезопасных цепей. Примером связанного электрооборудования являются барьеры искробезопасности.

Символы перед Ex обозначают уровень взрывозащиты.



Для электрооборудования группы I (рудничное) установлены следующие обозначения уровня взрывозащиты (ГОСТ Р 51330.0-99):

РП — для электрооборудования повышенной надежности против взрыва;

РВ — для взрывобезопасного электрооборудования;

РО — для особовзрывобезопасного электрооборудования.

Для электрооборудования II (не рудничное) установлены другие обозначения уровня взрывозащиты:

2 — для электрооборудования повышенной надежности против взрыва (низший уровень взрывозащиты, взрывозащита обеспечивается только при нормальном режиме работы);

1 — для взрывобезопасного электрооборудования, в котором взрывозащита обеспечивается не только при нормальном режиме работы, но и при вероятных повреждениях, кроме повреждения средств взрывозащиты;

0 — для особовзрывобезопасного электрооборудования (с дополнительными средствами взрывозащиты по сравнению с взрывобезопасным оборудованием).

После знака Ex следует обозначение вида взрывозащиты (o, p, q, d, e, ia, ib, ic, m, n, s).

I — для электрооборудования, предназначенного для подземных выработок шахт и рудников и их наземных строений, опасных по рудничному газу и пыли;

II или IIA, IIB, IIC — для электрооборудования внутренней и наружной установки, используемого в газовой среде, кроме шахт. Буквы A, B, C используются только для искробезопасного электрооборудования и защищенного взрывонепроницаемой оболочкой (вид d). Группа электрооборудования выбирается, исходя из состава (категории) взрывоопасной смеси, в которой используется электрооборудование. Если электрооборудование предназначено для использования в среде только одного газа, сразу за обозначением II следует химическая формула или название газа.

При испытании взрывозащищенного электрооборудования используются испытательные газовые смеси (ГОСТ Р 51330.10-99), состав которых приведен в таблице 7.1.

Таблица 7.1 — Состав газовых смесей для испытания взрывозащищенного электрооборудования

Группа электрооборудования	Состав смеси для испытания взрывозащиты вида «искробезопасная электрическая цепь»	Энергия воспламенения смеси по стандарту CENELEC, мкДж
I	8–8,6 % метана в воздухе	–
IIA	5–5,5 % пропана в воздухе	Более 180
IIВ	7,3–8,3 % этилена в воздухе	60–180
IIС	19–23 % водорода в воздухе	Менее 60

При использовании классификации взрывоопасных зон по ГОСТ трем уровням взрывозащиты («повышенная надежность против взрыва», «взрывобезопасный» и «особовзрывобезопасный») соответствуют три класса взрывоопасных зон: 2, 1, 0 для среды газа или 22, 21, 20 для среды пыли (ГОСТ 51330.9-99, введение). При классификации взрывоопасных зон по ПУЭ такого простого соответствия привести нельзя и следует пользоваться рекомендациями ПУЭ (правила устройства электроустановок) [20, гл. 7.3].

Для электрооборудования группы II после обозначения группы указывают температурный класс (таблица 7.2), или максимальную температуру поверхности, или и то и другое одновременно.

Пример:

0ExdibIICT6

Здесь:

0 — особовзрывобезопасное электрооборудование;

d — взрывозащита с помощью взрывонепроницаемой оболочки и с помощью искробезопасной цепи с уровнем безопасности Ib;

IIС — тип взрывоопасной смеси (см. таблице 7.1);

T6 — температура поверхности оборудования ниже 85 °С.

Таблица 7.2 — Температурные классы и максимальная температура поверхности для электрооборудования группы II

Температурный класс	Максимальная температура поверхности, °С	Температурный класс	Максимальная температура поверхности, °С
T1	450	T4	135
T2	300	T5	100
T3	200	T6	85

### 7.8 Маркировка и выбор оборудования для использования в среде пыли

Маркировка оборудования для использования в среде взрывоопасной смеси горючей пыли или волокон с воздухом начинается с условного обозначения защиты от воспламенения пыли (DIP). Далее следует вид исполнения оборудования: А или В.

Исполнение А отличается от исполнения В следующим:

- максимальная температура поверхности исполнения А определяется при условии отсутствия пыли, а для получения В — при наличии слоя пыли;
- максимально допустимая температура поверхности для исполнения А определяется при толщине пыли до 5 мм, а для исполнения В — до 12,5 мм;
- пыленепроницаемость оборудования исполнения А испытывается методом искусственного разрежения, а для исполнения В — методом циклического нагревания.

Затем указывается максимальная температура поверхности  $T_A$  для исполнения А, или  $T_B$  для исполнения В, или температурный класс, или и то и другое вместе.

Пример:

DIP A21  $T_A$  T3 или DIP A21  $T_A$  170 °С — оборудование, предназначенное для работы в среде пыли, во взрывоопасной зоне класса 21 с температурой поверхности не более 170 °С, с исполнением А.

При выборе электрооборудования следует учитывать, что допустимая температура поверхности не должна превышать 2/3 от температуры самовоспламенения пыли для нетлеющих пылей и должна быть не менее чем на 50°С ниже температуры тления для тлеющих пылей ПУЭ [20, гл. 7.3].

Выбор оборудования для работы в среде пыли производится в соответствии с табл. 7.3.

Таблица 7.3 — Выбор оборудования для использования в среде пыли

Тип пыли	Маркировка оборудования		
	Зона класса 20	Зона класса 21	Зона класса 22
Электропроводящая	DIP A20, DIP B20	DIP A21, DIP B21	DIP A21 (IP6X), DIP B21
Непроводящая	DIP A20, DIP B20	DIP A21, DIP B21	DIP A22 или DIPA21DIP B22 или DIP B21

В гл. 73 ПУЭ написано, что если нет устройств, предназначенных для работы в среде пыли, то можно использовать устройства для среды газа, если ограничить температуру поверхности до безопасных значений.

## 7.9 Монтаж взрывоопасного технологического оборудования. Лицензии

Лицензия на монтаж (или проектирование) систем автоматизации на опасных промышленных объектах не требуется после принятия закона «О лицензировании отдельных видов деятельности» [21].

Монтаж технологического оборудования и систем автоматизации на производственном объекте является частным случаем строительства [22–24]. Поэтому для выполнения работ по монтажу и пусконаладке систем автоматизации необходимо иметь лицензию Госстроя на строительство зданий и сооружений I и II уровня ответственности [21]. Проект системы автоматизации могут выполнять организации, имеющие лицензию Госстроя на проектирование зданий и сооружений I и II уровня ответственно-

сти с разрешенными работами по проектированию средств автоматизации.

Проект строительства на опасном производственном объекте должен пройти экспертизу промышленной безопасности в экспертной организации, имеющей соответствующую лицензию и область аккредитации, а при строительстве проектировщик должен осуществлять авторский надзор за ходом строительства.

Перед началом монтажных работ на опасном производственном объекте должен быть оформлен акт-допуск. Ответственность за безопасность при монтаже несут как строитель, так и заказчик.

К обслуживанию, монтажу и пусконаладке технических устройств, предназначенных для применения на опасных производственных объектах, допускаются лица, прошедшие соответствующее обучение, что должно быть подтверждено удостоверением установленного образца.

## **7.10 Основные этапы выбора технических средств**

Выбор технических средств автоматизации опасных промышленных объектов можно представить в виде последовательности шагов:

1) Определяют, является ли опасный производственный объект взрывоопасным. Если не является, то единственным требованием к техническим средствам является наличие разрешения Ростехнадзора на его применение. Если является взрывоопасным, то

- а) определяют класс взрывоопасной зоны, пользуясь техническим паспортом опасного производственного объекта, проектной или эксплуатационной документацией; в зависимости от класса выбирают уровень взрывозащиты (первая цифра в маркировке);
- б) определяют категорию взрывоопасности технологического блока. В зависимости от категории взрывоопасности формулируются требования к техническим характеристикам по надежности (необходимости резервирования), быстродействию, допустимой погрешности и др.

- в) в зависимости от энергии воспламенения взрывоопасной среды или состава взрывоопасной смеси (табл. 7.1) выбирают группу электрооборудования (в маркировке следует за видом взрывозащиты);
- г) в зависимости от температуры воспламенения взрывоопасной смеси выбирают температурный класс оборудования (в маркировке следует за группой электрооборудования);

2) Проверяют наличие разрешения Ростехнадзора на применение технического средства, срок его действия и соответствие маркировки вида взрывозащиты необходимым требованиям.

3) Установка технического средства (системы автоматизации) на объект должна выполняться строго в соответствии с проектом строительства опасного производственного объекта. Если в проект вносятся изменения в связи с модернизацией (реконструкцией), то эти изменения должны пройти экспертизу промышленной безопасности в организации, имеющей лицензию на данный вид деятельности и соответствующую область аккредитации. Заключение экспертизы утверждается в Ростехнадзоре. По окончании установки производится приемка объекта в эксплуатацию.

4) Монтажная (проектная) организация должна иметь лицензию на строительство зданий и сооружений I и II уровня ответственности с разрешенными работами по монтажу средств автоматизации. Работники монтажной (проектной) организации должны пройти обучение, аттестацию и иметь удостоверения Ростехнадзора о проверке знаний в области промышленной безопасности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Каган Б.М. Электронные вычислительные машины и системы: Учеб. пособие для вузов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 592 с.: ил.
2. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Основы системного анализа: Учеб. — 3-е изд. — Томск: Изд-во НТЛ.
3. Системный анализ в управлении: Уч. пособие / В.С. Анфилатов, А.А. Емельянов, А.А. Кукушкин; Под ред. А.А. Емельянова. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 356 с.
4. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа. — СПб.: Издательство СПбГТУ, 1997. — 510 с.
5. Денисов А.А. Введение в информационный анализ систем: Текст лекций. — Л.: Изд-во ЛПИ, 1998. — 52 с.
6. О промышленной безопасности опасных производственных объектов.
7. Современные технологии автоматизации, №1, 2002 г.
8. Современные технологии автоматизации, № 3, 2001 г.
9. Современные технологии автоматизации №2, 2006 г.
10. [www.asu.com](http://www.asu.com)
11. Современные технологии автоматизации, №3, 1998 г.
12. Промышленные АСУ и контроллеры, №05, 2005 г.
13. Современные технологии автоматизации, №2, 2001 г.
14. [www.dep.ru](http://www.dep.ru).
15. Современные технологии автоматизации, №4, 2005 г.
16. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: [федер. закон. — 2-е изд., с изм.]. — М.: ФГУП «НТЦ по безопасности и промышленности Госгортехнадзора России», 2004. — 28 с.
17. ПБ 14-586-03. Правила промышленной безопасности для взрывоопасных производственных объектов хранения, переработки и использования растительного сырья. — М.: ФГУП «НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004. — 128 с. — (Серия 14; вып. 4).
18. ПБ 03-517-02. Общие правила промышленной безопасности для организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объек-

тов. — М.: ФГУП «НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004. — 24 с. — (Серия 03; вып. 20).

19. ПБ 09-540-03. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств: Утв. постановлением Госгортехнадзора РФ от 5 мая 2003 г. № 29.

20. ПУЭ. Правила устройства электроустановок. — 6-е изд. — М.: Энергосервис, 2002. — 606 с.

21. О лицензировании отдельных видов деятельности: [федер. закон № 128-ФЗ от 8 августа 2001 г.].

22. ГОСТ 21.404-85. Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.

23. ГОСТ 21.408-93. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов.

24. СНиП 3.05.07-85. Системы автоматизации.



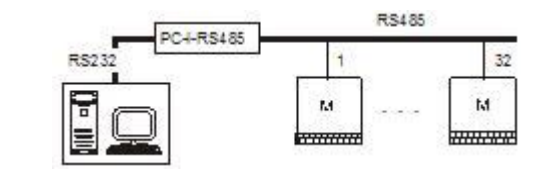
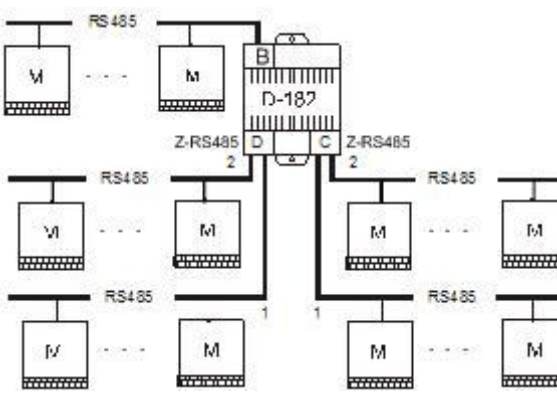
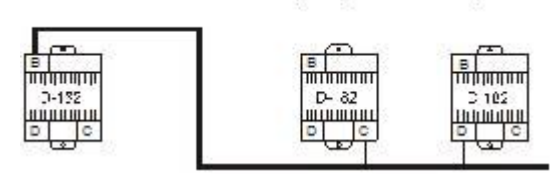
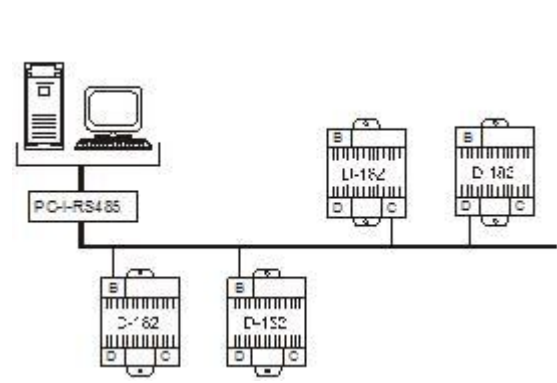
## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Фирмы-изготовители продукции для АСУ ТП

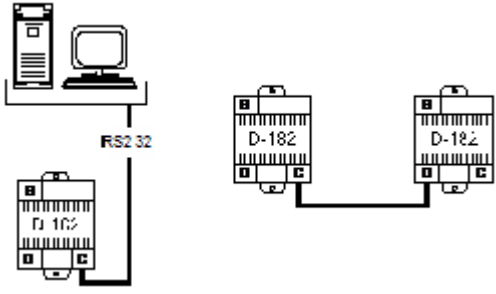
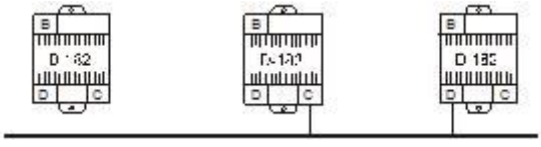
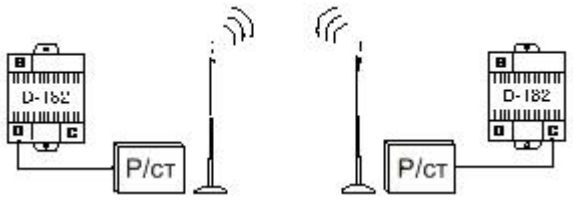
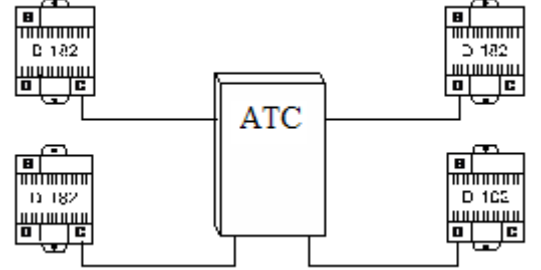
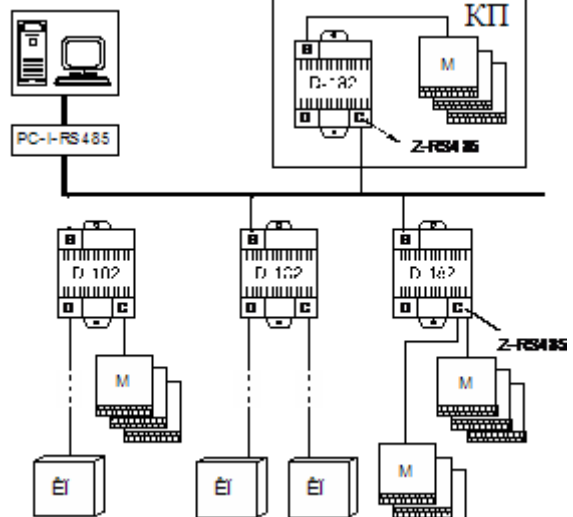
Продукция	Фирмы-изготовители
Встраиваемые системы	Advantech, Diamond Systems, Fastwel, Lippert, M-Systems, Octagon Systems, SanDisk
Магистрально-модульные системы	Advantech, Fastwel, Schroff, VMIC
Встраиваемые операционные системы	Microsoft, On Time, QNX
Промышленные компьютеры	Advantech, iBase, Microsoft, Mitac
Программируемые контроллеры и распределенные системы ввода/вывода	Advantech, Dataforth, Pepperl+Fuchs Elcon, Siemens, VIPA, WAGO
Устройства связи с объектом	Advantech, Dataforth, Grayhill, LenPromAutomatika, Pepperl+Fuchs Elcon, Siemens
Оборудование для телекоммуникаций, сетей Ethernet и FieldBus	Advantech, Agilent Technologies, Dataforth, Hilscher, Hirschmann, Rittal, Schroff, Siemens, Telebyte
Оборудование для сбора данных и управления, измерительное оборудование	ADDI-DATA, Advantech, Signatec, TiePie Engineering
Датчики, индикаторы, исполнительные устройства	Omron, Pepperl+Fuchs, Pepperl+Fuchs Elcon, Scaime, Siemens
Средства операторского интерфейса	Advantech, Grayhill, IEE, IKEY, InduKey, i-sft, Lampertz, LiteMax, NSI, Planar, Rittal, Sharp
Программное обеспечение	EPLAN, Iconics, UltraLogik32
Оборудование для применения во взрывоопасных зонах	Pepperl+Fuchs Elcon, Rittal, WAGO
Источники питания	APC, Artesyn Technologies, GE Digital Energy, Interpoint, Magnetek, Nemic — Lambda, Schroff, Siemens, XP Power
Монтажные шкафы, корпуса и конструктивы	Lampertz, Rittal, Schroff
Клеммы, кабели, электроустановочные изделия, монтажный инструмент	Belden SDT, RST, Siemens, WAGO

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

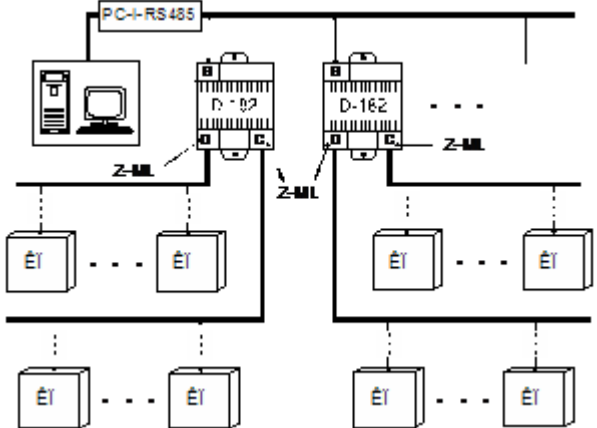
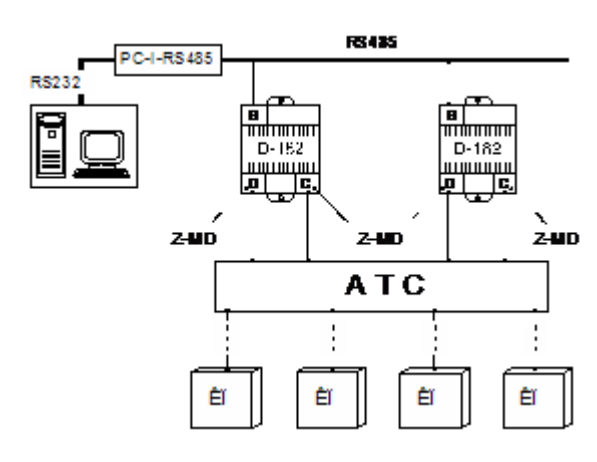
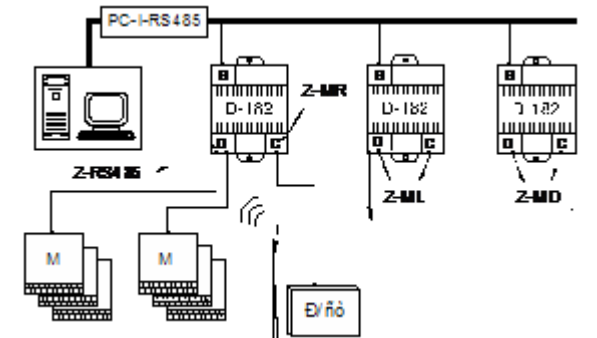
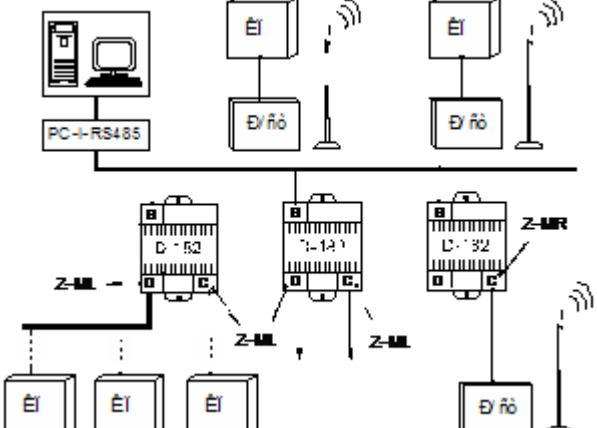
### Варианты конфигураций систем с использованием продукции фирмы ДЭП

Описание	Структура
<p style="text-align: center;"><b>Подключение модулей к компьютеру</b></p> <p>Модули подключаются к порту RS232 компьютера через адаптер PC-I-RS485</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Подключение модулей к контроллеру Decont</b></p> <p>Подключение через интерфейсы «С» и «D» применяется для организации «звездообразной» архитектуры или для увеличения количества подключенных модулей к одному контроллеру. В Decont-182 в соответствующее гнездо устанавливается интерфейсная плата Z-RS485. Каждая плата обеспечивает 2 изолированных сегмента сети SYBUS. Всем модулям, подключенным к контроллеру, следует назначить уникальные физические адреса</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Соединение нескольких контроллеров Decont без компьютера</b></p> <p>Контроллеры могут быть соединены с помощью интерфейсных плат по различным каналам связи. На рисунке в качестве примера показан интерфейс RS-485</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Подключение нескольких контроллеров к компьютеру.</b></p> <p>Канал связи обеспечивает доступ к группе контроллеров. В качестве физического интерфейса используется встроенный RS485 (интерфейс «В») или интерфейсная плата Z-RS485, установленная в гнездо «С» или «D». Для подключения к компьютеру используется преобразователь интерфейса PC-I-RS485</p>	

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б (продолжение)

<p style="text-align: center;"><b>Сегмент канала связи RS232</b></p> <p>Этот канал связи обеспечивает соединение «точка-точка». В компьютере используется штатный порт RS232. В интерфейсы «С» и «D» контроллера можно установить интерфейсные платы Z-RS232. Подключение производится кабелем типа «нуль-модем». Соединение через интерфейс «А» рекомендуется использовать только для отладки. Для соединения с гнездом «А» используется специальный кабель</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Сегмент выделенной линии</b></p> <p>По этому каналу связи можно объединять группу контроллеров. В контроллеры следует установить интерфейсные платы Z-ML. Количество подключаемых контроллеров зависит от затухания сигнала в кабеле</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Сегмент радиоканала</b></p> <p>По этому каналу связи можно связывать группу контроллеров. В контроллеры следует установить интерфейсные платы Z-MR</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Сегмент коммутируемой линии</b></p> <p>По этому каналу связи можно связывать группу контроллеров, подключенных к одной АТС. В контроллеры следует установить интерфейсные платы Z-MD</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Большая локальная система</b></p> <p>В системе используются только каналы связи RS232 и RS485. Количество контроллеров ограничивается только адресным пространством — 65000. Количество модулей практически не ограничено. С учетом мостов, расстояния могут быть достаточно большими</p>	

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б (продолжение)

<p><b>Подключение нескольких КП по выделенной линии</b></p> <p>Типовая распределенная система. Расстояния ограничены только качеством используемого канала связи. Это обычно 10–30 км, иногда до 50 км. Этого вполне достаточно, чтобы охватить комбинат, микрорайон, а иногда и весь город. Используя мосты, можно и дальше наращивать объем и увеличивать размер системы</p>	 <p>The diagram shows a central PC-I-RS485 interface connected to a network of bridges (D-162) and ET units. The bridges are connected via Z-ML lines, and the ET units are connected via Z-ML lines to the bridges. The system is distributed across a network.</p>
<p><b>Система с использованием коммутируемого канала связи</b></p> <p>Для построения системы с коммутируемыми линиями связи используется несколько контроллеров — мостов с платами Z-MD. Количество линий связи в диспетчерской зависит от объемов системы. Желательно иметь одну «горячую линию» для приоритетных сообщений (аварийная сигнализация и т.п.), и несколько линий для текущего мониторинга системы</p>	 <p>The diagram shows a PC-I-RS485 interface connected to a network of bridges (D-162) and ET units. The bridges are connected via Z-MD lines to a central ATC (Automatic Train Control) unit. The system uses a switchable communication channel (RS485) and a control line (RS232).</p>
<p><b>Организация диспетчерского пункта</b></p> <p>В типовой состав любого диспетчерского пункта входит диспетчерский компьютер, преобразователь PC-I-RS485 и контроллеры с интерфейсными платами. Контроллеры подключаются к компьютеру через интерфейс «В»</p>	 <p>The diagram shows a PC-I-RS485 interface connected to a network of bridges (D-162) and ET units. The bridges are connected via Z-MR lines to a central control unit (M). The system uses a switchable communication channel (RS485) and a control line (RS232).</p>
<p><b>Система с использованием выделенных линий и радиоканала</b></p> <p>Радиоканал используется обычно там, где отсутствуют выделенные линии связи. В диспетчерском пункте устанавливается компьютер и набор «ближних» контроллеров — мостов. На каждом объекте (КП) устанавливается контроллер и необходимый набор модулей</p>	 <p>The diagram shows a PC-I-RS485 interface connected to a network of bridges (D-162) and ET units. The bridges are connected via Z-MR lines to a central control unit (M). The system uses a switchable communication channel (RS485) and a control line (RS232). The diagram also shows a radio channel (ET/RS) connecting the control unit to the bridges.</p>

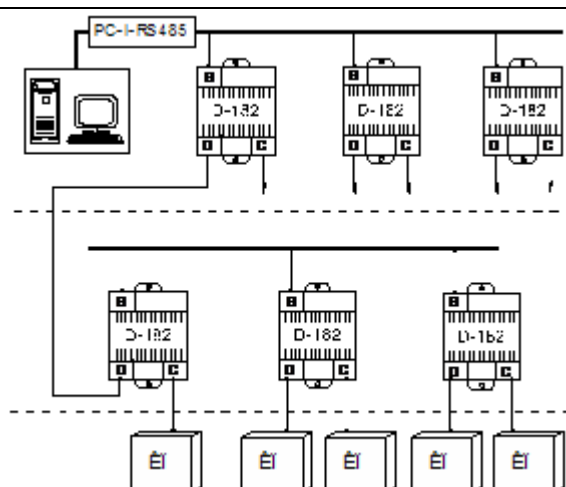
## ПРИЛОЖЕНИЕ Б (продолжение)

<p style="text-align: center;"><b>Организация контролируемого пункта (КП)</b></p> <p>Контролируемый пункт обычно состоит из одного контроллера с соответствующей интерфейсной платой и набора модулей ввода/вывода</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Организация дублированного канала связи</b></p> <p>Применение дублированного канала связи повышает надежность работы системы, но связан, в свою очередь, с дополнительными затратами. Кроме того, применение второго канала усложняет задачу приема сообщений, что повышает сложность системы. На рисунке приведен пример дублирования выделенной линии связи радиоканалом</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Применение ретранслятора</b></p> <p>На данной схеме мост используется в качестве ретранслятора в одном случае для общения диспетчерского пункта с КП вне зоны радиовидимости, в другом случае — для подключения КП, до которого от моста проложена линия связи, и нет возможности установить на нем радиостанцию</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Применение ретранслятора на длинной выделенной линии</b></p> <p>Рассмотрим сегмент контроллеров с платами Z-ML общей длиной 100 км, но такой, что расстояние между контроллерами находится в пределах устойчивой передачи данных (до 20–30 км). Если необходимо передавать информацию из одного конца линии в другой, некоторые из контроллеров следует назначить мостами</p>	

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б (продолжение)

### Построение многоуровневой иерархической системы на примере двух уровней

На данной схеме КП подключаются сначала на промежуточный уровень, который состоит из соединенных между собой контроллеров. Далее промежуточный уровень по линии связи выходит в диспетчерскую



### Использование глобальных сетей (Ethernet, GPRS, Internet)

Ethernet может использоваться как локально, так и в составе Интернета. Обмен данными между устройствами, подключенными в разные среды, возможен только, если Ethernet подключен к Интернету.

#### Соединение компьютер — контроллеры

К компьютеру в сети Ethernet (PC<sub>E</sub>) можно подключить до 65000 контроллеров D<sub>E</sub> или D<sub>G</sub>. Контроллеры D<sub>G</sub> могут быть подключены, только если PC<sub>E</sub> имеет выход в Интернет.

У компьютера и у D<sub>E</sub> должны быть фиксированные IP адреса.

Контроллер может быть настроен на связь только с одним компьютером (сервером).

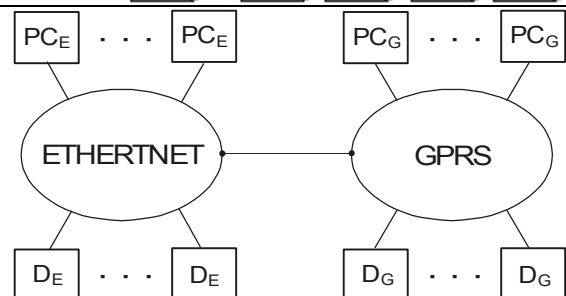
Доступ других компьютеров к конкретному контроллеру производится через его сервер. Количество серверов в системе не ограничено.

#### Соединение компьютер — компьютер

Компьютеры можно соединять любым способом и в любом количестве. Ограничения по адресации — 65000.

#### Соединение контроллер — контроллер

Соединение контроллеров допустимо только точка-точка (один с одним) в вариантах (D<sub>E</sub>-D<sub>E</sub>), (D<sub>E</sub>-D<sub>G</sub>) и планируется (D<sub>G</sub>-D<sub>G</sub>).



ETHERNET — среда передачи Ethernet, включая репитеры, маршрутизаторы, радиоудлинители и т.д.

GPRS — зона действия сотового оператора с поддержкой GPRS

D<sub>E</sub> — контроллер Деконт, подключенный к сети Ethernet

D<sub>G</sub> — контроллер Деконт, подключенный к GPRS

PC<sub>E</sub> — компьютер, подключенный к сети Ethernet

PC<sub>G</sub> — компьютер, подключенный к GPRS

