



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Авиационный колледж ДГТУ

Методические указания
к практическим занятиям
по дисциплине

**ОП.17 «Автоматические системы
безопасности»**

Авторы
Смирнов Ю. А.



Аннотация

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Автоматические системы безопасности» предназначены для студентов очной формы обучения направления 15.02.07. Автоматизация технологических процессов и производств.

Автор



к.т.н., доцент, преподаватель 1-категории
Авиационного колледжа ДГТУ Смирнов
Юрий Александрович

Оглавление

Практическое занятие по теме 1.2.3. Гидравлический расчет спринклерных и дренчерных водяных АУП.....	4
Практическое занятие по теме 1.3.2. Гидравлический расчет сплинкерных и дренчерных установок пенного пожаротушения	23
Практическое занятие по теме 1.4.2. Расчет установок газового пожаротушения.....	37
Практическое занятие по теме 1.5.2. Расчет установок порошкового пожаротушения.....	68
Практическое занятие по теме 1.9.1. Обоснование автоматической противопожарной защиты (АППЗ).....	79
Практическое занятие по теме 3.1.2. Примеры построения схем анализа технологического процесса как объекта управления	91
Практическое занятие по теме 3.1.3. Анализ промышленного процесса как объекта управления.....	98
Практическое занятие по теме 3.4.2. Обобщающий пример "Процесс переработки оборотного брака" с комментариями (arial)	99
Практическое занятие по теме 3.4.3. Типовые технологические процессы и разработка схем автоматизации	112
Практическое занятие по теме 3.5.4. Программируемые логические контроллеры (ПЛК).....	128
Практическое занятие по теме 3.5.5. Оборудование и компоненты РСУ	269
Практическое занятие по теме 3.5.7. Интегрированная среда разработки проекта MASTER SCADA	450
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ по теме 3.6.4. Примеры применения технологии АСМ	507

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ 1.2.3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СПРИНКЛЕРНЫХ И ДРЕНЧЕРНЫХ ВОДЯНЫХ АУП

ВОПРОСЫ

1. Гидравлический расчет спринкерных и дренчерных водяных АУП.
2. Электроуправление и сигнализация водяных АУП.
3. Методика проверки работоспособности и приемки в эксплуатацию водяных АУП. Требования к эксплуатации водяных АУП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабуров В.П., Бабуринов В.В., Фомин В.И., Смирнов В.И. Производственная и пожарная автоматика. Ч. 2. Автоматические установки пожаротушения: Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. –298 с. (с. 53-65).

1. Гидравлический расчет спринкерных и дренчерных водяных АУП

Гидравлический расчет спринклерной сети имеет целью определение расхода воды у «диктующего» спринклера (водопитателя наиболее удаленного и высоко расположенного относительно напорного патрубка) и сравнение расчетной интенсивности орошения с требуемой (нормативной); определение необходимого напора у водопитателя и наиболее экономичных диаметров труб.

Планы размещения оросителей и трассировку сети (трассы для прокладки трубопроводов) выполняют в соответствии с НПБ 88-2001* [19].

Трассировка спринклерной сети во многом зависит от конфигурации помещений, формы перекрытий, наличия опорных колонн, фонарей, балок.

На выбор места для спринклеров и трассировку трубопроводов большое влияние оказывает форма перекрытия и степень его огнестойкости. Спринклеры следует располагать в местах сосредоточения теплых масс воздуха между несущими балками, ребрами жесткости, чтобы обеспечить их быстрое вскрытие.

При выступающих вниз балках с резко выраженными главными балками (прогонами) и второстепенными балками, питающие трубопроводы располагаются перпендикулярно главным балкам, а распределительные трубопроводы - перпендикулярно второстепенным. Этим достигается расположение трубопроводов

близко к балкам и обеспечивается крепление труб, а также облегчается вскрытие легкоплавких замков спринклеров.

Дренчерные установки группового действия используются для защиты производственных помещений различных отраслей химической промышленности, складов особо пожароопасных материалов, а также для защиты сценических коробок театров с установкой дренчеров под колосниками, нижними ярусами рабочих галерей и переходных мостиков, в сейфах для хранения скатанных декораций.

Дренчерные завесы устраиваются для орошения отдельных конструкций, дверных и других проемов между смежными особо пожароопасными помещениями (если проем открытый, устанавливаются дренчеры с розеткой, если имеется дверь - дренчеры с лопаткой).

После составления плана размещения оросителей и трассировки сети делают чертеж аксонометрической схемы сети. Примеры выполнения различных вариантов аксонометрических схем показаны на рис. 2.13.

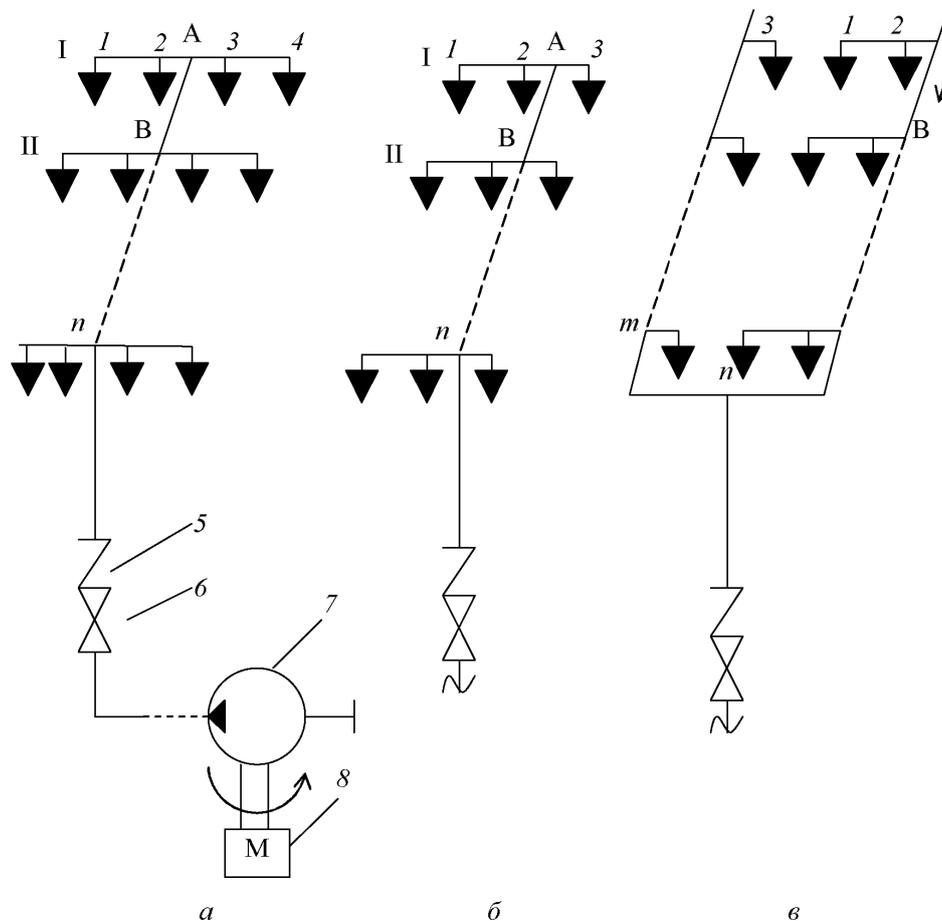


Рис. 2.13. Расчетные схемы водяных установок пожаротушения:
а – тупиковая симметричная схема; *б* – тупиковая несимметричная схема;
в – кольцевая схема; 1, 2, 3, 4 – оросители; 5 – клапан; 6 – задвижка; 7 – насос;
 8 – электродвигатель; А, В, *n*, *m* – точки сопряжения

Преимущество кольцевой сети перед «тупиковой» состоит в возможности некоторого уменьшения диаметра кольцевого трубопровода по сравнению с диаметром трубопровода между рядками. При двустороннем расположении ветвей массу трубопровода между рядками можно снизить примерно в два раза по сравнению с массой аналогичного трубопровода при одностороннем расположении ветвей. По НПБ 88-2001* [19] определяют группу помещений (производства технологических процессов) по степени опасности развития пожара. Для помещений с учетом требований нормативных документов принимают интенсивность орошения, площадь, защищаемую одним оросителем или легкоплавким замком, площадь для расчета расхода воды (расчетную площадь для спринклерных установок) и продолжительность работы установки. Для складских помещений интенсивность орошения определяется в зависимости от высоты складирования материалов и пожарной нагрузки.

Расчетное количество спринклеров определяется делением площади для расчета расхода воды на площадь, защищаемую одним спринклерным оросителем. Расход воды для дренчерных установок рассчитывают из условия одновременной работы всех дренчеров защищаемого помещения. Для дренчерных установок допускается разбивка на секции. Однако число этих секций должно быть не менее трех, исходя из возможности возникновения пожара на границе двух секций и необходимости их одновременного срабатывания. В этом случае рассчитывается одна наиболее удаленная секция, а на участке от запорно-пускового узла до насоса расход удваивается.

Расход воды, а также количество одновременно работающих секций для защиты помещений 1, 2, 3 и 4 групп находят в зависимости от технологических данных, а при их отсутствии - по НПБ 88-2001* [19].

Гидравлический расчет установки пожаротушения будем производить в соответствии со схемой расстановки оросителей, показанной на рис. 2.13, а. Гидравлический расчет начинается с определения необходимого напора на «диктующем» оросителе [19, 20].

В качестве «диктующего» принимаем ороситель 1. Величина напора на «диктующем» оросителе определяется как наибольшая из двух следующих значений:

$$H_1 = \max \left\{ \begin{array}{l} H_{\text{расч}} = \left(\frac{IF_c}{K} \right)^2 \\ H_{\text{min}} \end{array} \right., \quad (2.1)$$

где H_{min} - свободный минимальный напор на оросителе, необходимый для обеспечения паспортной площади орошения, м; $H_{\text{расч}}$ - напор, необходимый для обеспечения заданной интенсивности орошения л/(см²) на площади орошения F_c оросителя с коэффициентом производительности оросителя K , который определяется по техническим данным завода-производителя; F_c - площадь орошения оросителя рассчитывается с учетом расстановки оросителей и не должна превышать величины, указанной в НПБ 88-2001* [19].

Определяем расход из оросителя 1 (л/с):

$$q_1 = K\sqrt{H_1} \quad (2.2)$$

Для выбора оптимального типа оросителя определяем требуемые напор H_1 и расход Q_1 на «диктующем» оросителе для двух типоразмеров оросителей и сравниваем полученные значения интенсивностей орошения с нормативной величиной. Принимаем в качестве расчетного тот ороситель, у которого превышение расчетной интенсивности над нормативной наименьшее.

Затем определяем потери напора на участке $l-2$:

$$h_{l-2} = \frac{l_{l-2} Q_{l-2}^2}{K_l}, \quad (2.3)$$

где l_{l-2} – длина участка $l-2$, м; Q_{l-2} – расход на участке $l-2$, л/с; K_l – характеристика трения трубопровода, л²/с².

Для определения характеристики трения трубопровода необходимо рассчитать диаметр условного прохода трубопровода на участке $l-2$:

$$d_{l-2}^{\text{уп}} = \sqrt{\frac{4 Q_{l-2} 10^{-3}}{\pi V}}, \quad (2.4)$$

где V – скорость движения воды по трубам, м/с (рекомендуется $V = 3-5$ м/с).

Полученный по результатам расчёта диаметр условного прохода трубопровода округляют до ближайшего значения для труб стальных электросварных.

Напор у оросителя 2 вычисляется по формуле

$$H_2 = H_1 + h_{l-2}.$$

Расход воды из оросителя 2 находится по формуле

$$Q_2 = K \sqrt{H_2}. \quad (2.5)$$

По известному расходу воды на участке 2-А ($Q_{2-А} = Q_1 + Q_2$) определяются потери напора на этом участке:

$$h_{2-А} = \frac{l_{2-А} Q_{2-А}^2}{K_l}. \quad (2.6)$$

Напор в точке А:

$$H_A = H_2 + h_{2-А}. \quad (2.7)$$

Таким образом, для левой ветви рядка I (см. рис. 2.13, а) необходимо обеспечить расход $Q_{2-А}$ при напоре H_A . Правая часть рядка симметрична левой, поэтому расход для этой ветви тоже будет равен $Q_{2-А}$, а напор в точке А будет равен H_A . Следовательно, для рядка I имеем напор, равный H_A ,

а расход воды $Q_I = 2 Q_{2-A}$. Правая ветвь рядка I (рис. 2.13, б) несимметрична левой ветви, поэтому правую ветвь рассчитывают отдельно и определяют для нее H_A и Q_{3-A} .

Расчет параметров правой ветви ведется по методу характеристик, разработанному проф. В. Г. Лобачевым. Сущность метода заключается в определении одной из трех величин: расхода Q , характеристики B или напора H , если известны две из них. Связь между приведенными величинами определяется по формуле

$$Q = \sqrt{BH} . \quad (2.8)$$

Характеристика правой ветви 3-A есть величина постоянная для данной ветви и определяется диаметром трубы, шероховатостью стенок, количеством оросителей и их параметрами, расстоянием между оросителями.

Для определения характеристики правой ветви задаемся напором и расходом из оросителя 3 $H_3 = H_1$, $Q_3 = Q_I$, и определяем напор в точке А (м):

$$H_A = H_3 + \frac{l_{3-A} Q_{3-A}^2}{K_I} , \quad (2.9)$$

где Q_{3-A} – расход из правой ветви (равен Q_3), л/с.

Затем определяем характеристику правой ветви 3-A

$$B_{3-A} = \frac{Q_{3-A}^2}{H_A} . \quad (2.10)$$

Сравнивая напоры для питания левой ветви 1-A с напором для питания правой ветви 3-A, видим, что больший напор необходим для питания левой ветви 1-A. Его и следует поддерживать в разветвлении (так как в одной точке не могут быть два разных напора). Следовательно, в качестве расчетного принимаем больший напор H_A и для него определяем исправленный (уточненный) расход для правой ветви

$$Q_{3-A} = \sqrt{B_{3-A} H_A} . \quad (2.11)$$

Расход воды из рядка I равен $Q_I = Q_{1-A} + Q_{3-A}$.

Потери напора на участке А-В находят по формуле

$$h_{A-B} = \frac{l_{A-B} Q_I^2}{K_I} . \quad (2.12)$$

Напор в точке В

$$H_B = H_A + h_{A-B} . \quad (2.13)$$

Рядок II рассчитывается по его характеристике B_p . Так как характеристики рядков, выполненных конструктивно одинаково, равны, то характеристику рядка II определяют по параметрам рядка I:



$$B_p = \frac{Q_1^2}{H_A}. \quad (2.14)$$

Расход воды из рядка II определяют по формуле

$$Q_{II} = \sqrt{B_p H_B}. \quad (2.15)$$

Расчет всех последующих рядков ведется аналогично расчету рядка II. Расчет сети производится до тех пор, пока в него не будет включено то количество оросителей, которое обеспечивает орошение расчетной площади.

Расчет кольцевой сети (рис. 2.13, в) начинают с определения диаметра кольцевого трубопровода. Диаметр кольцевого трубопровода определяется с учетом прохождения по каждому полукольцу (относительно узла подвода питающего трубопровода, точка n на рис. 2.13, в) половины расчетного расхода воды. В установках водяного пожаротушения кольцевого типа определение напора и расхода воды в ветвях производится также, как в тупиковых. Затем рассчитываются значения напора и расхода в месте соединения ветви с «диктующим» оросителем и кольца (точка А на рис. 2.13, в).

Расход в точке А делится на две части для правого и левого полукольца, которые рассматриваются справа и слева от точки А до точки n ввода питающего трубопровода. Соотношение расходов в правом и левом полукольце определяется количеством в них оросителей и гидравлическим сопротивлением полуколец. Далее определяется напор и расход в точке n при обходе по правому и левому полукольцу. Если разность между напорами в точке n меньше 0,5 м, то соотношение расходов в точке А выбрано верно. Напор в точке n H_n определяется как среднее арифметическое значений напоров, полученных для левого и правого полукольца, а расход в точке n Q_n будет равен сумме расходов из правого и левого полукольца. Определяем требуемый напор у основного водопитателя (на насосе) по формуле

$$H_{\text{вод}} = 1,2 h_{\text{лин}} + h_{\text{кл}} + Z + H_1 - H_T, \quad (2.16)$$

где $h_{\text{лин}}$ – суммарные потери напора в сети (коэффициент 1,2 учитывает 20 %-ный запас на неучтенные местные потери напора сети), которые определяются следующим образом:

$$h_{\text{лин}} = h_{\text{распр}} + h_{\text{ст}} + h_{\text{подв}}, \quad (2.17)$$

где $h_{\text{распр}}$ – потери в распределительной сети, $h_{\text{распр}} = H_n - H_1$; $h_{\text{ст}}$ – потери напора в стояке; $h_{\text{подв}}$ – потери напора в подводящем трубопроводе; $h_{\text{кл}}$ – потери напора в клапане узла управления, $h_{\text{кл}} = \xi Q^2$, ξ – коэффициент потерь напора в узле управления, принимается по техническим данным завода-производителя, Q – расчетный расход воды через узел управления, л/с; Z – разность отметок «диктующего» оросителя и напорного патрубка водопитателя, м; H_1 – напор на «диктующем» оросителе, м; H_T – гарантированный напор в водопроводной сети (если забор воды ведется из резервуара,



то $H_r = 0$), м; H_n – напор в месте соединения распределительной сети питающего трубопровода.

Расчет и выбор элементов установки пожаротушения производим образом, чтобы напор у водопитателя не превышал 100 м. Если получившаяся величина напора превосходит это значение, следует исполнять одну из перечисленных ниже рекомендаций (или их комбинации)

- произвести кольцевание сети, если расчет производился для твоей сети;
- уменьшить напор на «диктующем» оросителе, если он определен величиной $H_{расч}$, для чего или увеличить диаметр оросителя, или уменьшить площадь, защищаемую одним оросителем, уменьшив расстояние между ними;
- увеличить диаметры распределительных, питающего и подводных трубопроводов;
- для дренчерных установок допускается разбивка на секции.

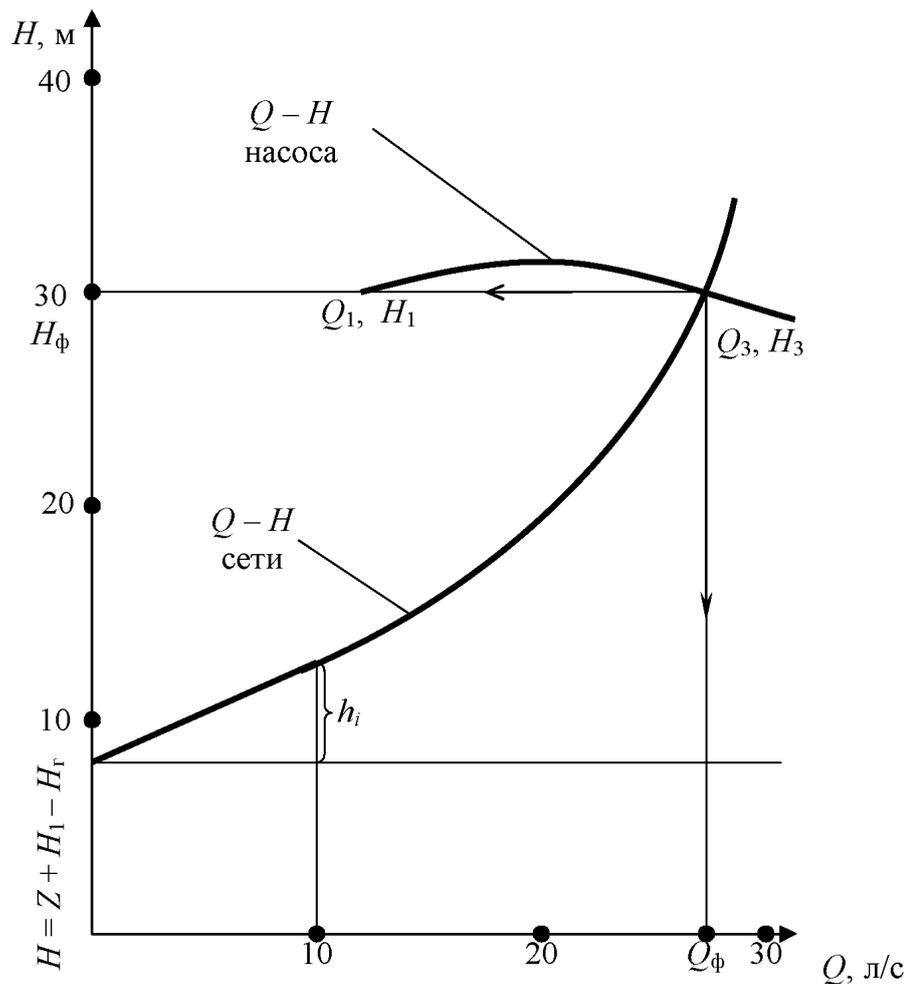


Рис. 2.14. График насос–сеть

По величинам расхода Q и напора $H_{\text{вод}}$ подбирается марка насоса и строится его $Q - H$ характеристика (рис. 2.14). Затем находится фактическое значение напора и расхода воды в сети, которое определяется точкой пересечения $Q - H$ характеристик насоса и сети на совмещённом графике.

Для построения характеристики сети определяется сопротивление сети

$$S_{\text{сети}} = \frac{1,2 h_{\text{лин}} + h_{\text{кл}}}{Q^2}. \quad (2.18)$$

Задаваясь различными значениями расхода Q_i , рассчитываем значения потерь напора $h_i = S Q_i^2$. Для построения совмещённого графика на оси ординат откладываем значения $H = Z + H_1 - H_T$ и от этого значения откладываем величины h_i для каждого Q_i (см. рис. 2.14). Затем находится фактическое значение напора и расхода воды в сети, которое определяется точкой пересечения $Q - H$ характеристик сети и насоса на совмещённом графике.

2. Электроуправление и сигнализация водяных АУП

Аппаратура электроуправления установок пожаротушения должна обеспечивать [19]:

- формирование команды на автоматический пуск установки пожаротушения при срабатывании двух или более пожарных извещателей, а для установок водяного пожаротушения допускается формирование команды от двух датчиков давления;
- автоматическое переключение цепей питания с основного ввода электроснабжения на резервный при исчезновении напряжения на основном вводе, с последующим переключением на основной ввод электроснабжения при восстановлении напряжения на нем;
- возможность отключения и восстановления режима автоматического пуска установки;
- автоматический пуск рабочих насосов;
- автоматический пуск резервных насосов в случае отказа пуска или невыхода рабочих насосов на режим в течение установленного времени;
- автоматическое включение электроприводов запорной арматуры;
- автоматический пуск и отключение дренажного насоса; местный, а при необходимости дистанционный пуск и отключение насосов (за исключением спринклерных систем);
- автоматическое и местное управление устройствами компенсации утечки огнетушащего вещества и сжатого воздуха из трубопроводов и гидропневматических емкостей.

Аппаратура управления установок пожаротушения должна обеспечивать автоматический контроль:

- соединительных линий между приборами приемно-контрольными пожарной сигнализации и приборами управления, предназначенными для выдачи команды на автоматическое включение установки (для установок водяного пожаротушения - пожарных насосов) на обрыв и короткое замыкание;
- соединительных линий световых и звуковых оповещателей на обрыв и короткое замыкание;
- электрических цепей дистанционного пуска установки пожаротушения на обрыв и короткое замыкание (рекомендуется);
- исправности световой и звуковой сигнализаций (по вызову), в том числе оповещателей;
- отключения звуковой сигнализации при сохранении световой сигнализации (на приборе);
- автоматического включения звуковой сигнализации при поступлении следующего сигнала о пожаре от системы пожарной сигнализации;
- формирования команды на управление технологическим оборудованием и инженерными системами объекта (при необходимости);
- формирования команды на отключение вентиляции (при необходимости);
- формирования команды на включение системы оповещения (при необходимости);
- электрических цепей запорных устройств с электроприводом на обрыв;
- электрических цепей приборов, регистрирующих срабатывание узлов управления, формирующих команду на автоматическое включение пожарных насосов на обрыв и короткое замыкание;
- аварийного уровня в резервуаре, в дренажной приемке;
- давления в гидроимпульсном устройстве.

Устройства отключения и восстановления режима автоматического пуска дренчерных установок должны быть размещены в помещении дежурного поста или другом помещении с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство.

При наличии защиты от несанкционированного доступа устройства восстановления автоматического пуска могут быть размещены у входов в защищаемые помещения.

Общие требования к сигнализации. В помещении пожарного поста или другом помещении с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство, должна быть предусмотрена *световая и звуковая сигнализация*:

- о возникновении пожара (с расшифровкой по направлениям или помещениям в случае применения адресных систем пожарной сигнализации);
- о срабатывании установки (с расшифровкой по направлениям или помещениям);
- о пуске насосов;
- о начале работы установки с указанием направлений, по которым подается огнетушащее вещество (рекомендуется подача кратковременного звукового сигнала);
- об отключении автоматического пуска насосов и установки;
- о неисправности установки;
- об исчезновении напряжения на основном и резервном вводах электроснабжения установки;
- об отсутствии полного открытия задвижек запорных устройств с электроприводом в режиме подачи команды на их открытие;
- о неисправности цепей электроуправления запорных устройств;
- о снижении ниже допустимого уровня воды и давления воздуха (звуковой сигнал общий);
- об аварийном уровне в пожарном резервуаре, дренажном приемке (общий сигнал);

световая сигнализация:

- о наличии напряжения на основном и резервном вводах электроснабжения;
- об отключении звуковой сигнализации о пожаре (при отсутствии автоматического восстановления сигнализации);
- об отключении звуковой сигнализации о неисправности (при отсутствии автоматического восстановления сигнализации);
- о положении задвижек с электроприводом (открыты, закрыты).

Звуковой сигнал о пожаре должен отличаться тональностью или характером звука от сигнала о неисправности и срабатывании установки.

В помещении насосной станции следует размещать устройства местного пуска и остановки насосов (допускается осуществлять пуск и остановку пожарных насосов из помещения дежурного поста), местного пуска и остановки компрессора.

Перед входами в защищаемые помещения необходимо предусматривать световую сигнализацию об отключении автоматического пуска дрен- черной установки.

В помещении насосной станции следует предусматривать *световую сигнализацию:*

- ❖ о наличии напряжения на основном и резервном вводах электро-снабжения;
- ❖ об отключении автоматического пуска пожарных насосов, насосов- дозаторов, дренажного насоса;
- ❖ о неисправности электрических цепей приборов, регистрирующих срабатывание узлов управления и выдающих команду на включение установки и запорных устройств (с расшифровкой по направлениям);
- ❖ о неисправности электрических цепей управления задвижками запорных устройств с электроприводом (с расшифровкой по направлениям);
- ❖ об отсутствии полного открытия задвижек запорных устройств с электроприводом в режиме подачи команды на их открытие (с расшифровкой по направлениям);
- ❖ об аварийном уровне в пожарном резервуаре, в дренажном приямке (общий сигнал).

Если электрозадвижки установлены не в помещении насосной станции, то сигналы неисправности электроцепей и отсутствие полного открытия задвижек выдаются по месту установки электрозадвижек.

Схема автоматизации установки пожаротушения (рис. 2.15) включает в

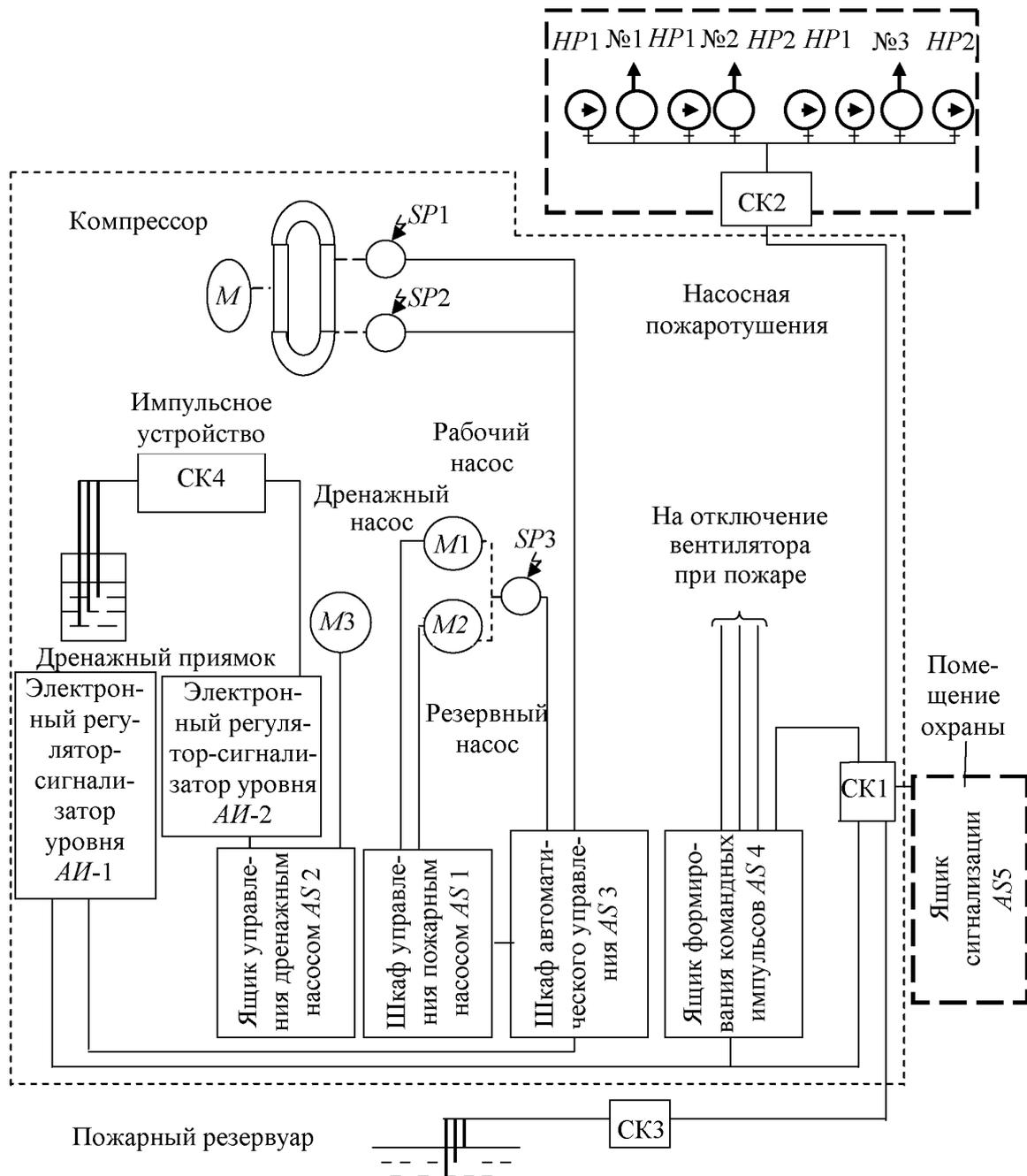


Рис. 2.15. Схема автоматизации установки пожаротушения

себя шкаф управления пожарным насосом AS1, который служит для включения резервного насоса, подающего огнетушащее вещество в распределительную сеть при отказе рабочего насоса; электроконтактный манометр SP3, обеспечивающий посредством шкафа автоматического управления AS3 включение резервного насоса при отсутствии сигнала на включение рабочего насоса; шкаф автоматического управления AS3 для включения основного водопитателя посредством шкафа управления пожарными насосами

AS1. Сигнал на шкаф управления пожарным насосом *AS1* поступает при одновременной выдаче сигнала электроконтактными манометрами SP1 и SP2, устанавливаемыми на импульсном устройстве. Сигнализаторы давления универсальные *HP1* и *HP2*, которые могут использоваться как для запуска пожарных насосов (при их одновременном срабатывании), так и для выдачи сигнала о прохождении огнетушащего вещества в распределительную сеть при срабатывании одного сигнализатора давления универсального.

Электронный регулятор сигнализатор уровня *AI-2* служит для контроля уровня воды в дренажной системе, используется для включения ящика управления дренажным насосом AS2. Дренажный насос в насосной станции устанавливается в том случае, если пожарные насосы располагаются ниже уровня грунтовых вод.

Электронный регулятор-сигнализатор уровня AI-1 служит для контроля уровня огнетушащего вещества в пожарном резервуаре и посредством шкафа автоматического управления *AB3* подает сигнал на включение пожарного насоса, используемого для заполнения пожарного резервуара при уменьшении в нем уровня огнетушащего вещества.

3. Методики проверки работоспособности и приемки в эксплуатацию водяных АУП. Требования к эксплуатации водяных АУП

В местах, где имеется опасность механических повреждений, оросители должны быть защищены надежными ограждениями, не влияющими на карту орошения и распространения тепловых потоков. Оросители должны постоянно содержаться в чистоте. В период проведения в защищаемых помещениях ремонтных работ оросители должны быть защищены от попадания на них штукатурки, краски и побелки. После окончания ремонта помещения защитные приспособления должны быть сняты.

Запас оросителей на объекте (предприятии) должен быть не менее 10 % для каждого типа оросителей из числа смонтированных на распределительных трубопроводах, для их своевременной замены в процессе эксплуатации.

Запрещается устанавливать взамен вскрывшихся или неисправных оросителей пробки и заглушки, а также устанавливать оросители с иной (кроме предусмотренной проектно-сметной

документацией) температурой плавления замка; складировать материалы на расстоянии менее 0,6 м от оросителей.

Трубопроводы в помещениях с химически активной или агрессивной средой должны быть защищены кислотоупорной краской.

Запрещается использование трубопроводов установок пожаротушения для подвески или крепления какого-либо оборудования; присоединение производственного оборудования или санитарных приборов к питательным трубопроводам установки пожаротушения; установка запорной арматуры и фланцевых соединений на питательных и распределительных трубопроводах; использование внутренних пожарных кранов, установленных на спринклерной сети, для других целей, кроме тушения пожара; использование компрессоров не по прямому назначению.

У каждого узла управления должна быть вывешена функциональная схема обвязки, а на каждом направлении - табличка с указанием рабочих давлений, наименования защищаемых помещений, типа и количества оросителей в каждой секции системы, положения (состояния) запорных элементов в дежурном режиме.

Резервуары для хранения неприкосновенного запаса воды для целей пожаротушения должны быть оборудованы устройствами, исключающими расход воды на другие нужды.

Помещение насосной станции должно быть обеспечено телефонной связью с диспетчерским пунктом.

У входа в помещение насосной станции должна быть вывешена табличка «Станция пожаротушения» и должно постоянно функционировать световое табло с аналогичной надписью.

В помещении насосной станции должны быть вывешены четко и аккуратно выполненные схемы обвязки насосной станции и принципиальная схема установки пожаротушения. Все показывающие измерительные приборы должны иметь надписи о рабочих давлениях и допустимых пределах их измерений.

На диспетчерском пункте (объекте) должен круглосуточно находиться дежурный персонал в количестве не менее 2 человек.

Диспетчерский пункт должен быть обеспечен прямой телефонной связью с помещением насосной станции, основного водопитателя, городской телефонной связью, исправными электрическими фонарями (не менее 3 штук), а также средствами индивидуальной защиты.

В диспетчерском пункте должна быть предусмотрена световая и звуковая сигнализации о срабатывании установок пожаротушения, а также о возникших в системе неисправностях.

В диспетчерском пункте должна быть вывешена инструкция о действиях дежурного персонала при поступлении сигналов о срабатывании установки.

При проверке организации эксплуатации АУП представитель органов ГПН должен:

- убедиться в наличии приказа (распоряжения) администрации объекта о назначении ответственного лица за эксплуатацию установки и персонала для технического обслуживания и оперативного круглосуточного контроля ПС и АУП;
- ознакомиться с технической документацией (проектом, рабочими или исполнительными чертежами, актами приемки и сдачи установок в эксплуатацию, паспортами на приборы и оборудование, инструкцией по эксплуатации установок, план-графиком ТО, перечнем регламентных работ, журналом учета ТО и неисправностей установок, должностными инструкциями для обслуживающего и оперативного персонала, программой и методикой комплексных испытаний установок);
- проверить умение дежурного (оперативного) и обслуживающего персонала работать с приемно-контрольными приборами (щитами) сигнализации, а также знание ими порядка проверки работоспособности установок и действий при срабатывании извещателей и приборов;
- провести контроль технического состояния, проверить работоспособность ПС и АУП;
- проверить наличие и исправность телефонной связи с пожарным постом или диспетчерским пультом объекта.

При контроле технического состояния провести внешний осмотр оборудования. Проверить наличие пломб на элементах и узлах, подлежащих опломбированию.

При проверке работоспособности представитель ГПН должен:

- убедиться в срабатывании извещателей и выдаче соответствующих извещений на ППКП и сигналов управления с ППУ;
- убедиться в работоспособности шлейфа ПС по всей его длине путем имитации обрыва или короткого замыкания в конце шлейфа ПС, а также проверить исправность электрических цепей запуска;

– убедиться в работоспособности приемно-контрольных приборов, а также приборов управления совместно с периферийными устройствами (оповещателями, исполнительными устройствами).

Эти проверки должны выполняться лицами, ответственными за эксплуатацию систем.

Типовой регламент технического обслуживания установок водяного пожаротушения должен содержать работы, предусмотренные технической документацией заводов-изготовителей на элементы установки. Кроме того, содержать следующие работы по техническому обслуживанию установки в целом.

Внешний осмотр составных частей установки на отсутствие повреждений, коррозии, грязи, течи, прочность крепления, наличие пломб. Проверяется оборудование:

- 1) технологической части - трубопроводов, оросителей, обратных клапанов, дозирующих устройств, запорной арматуры, манометров, пневмобака, насосов;
- 2) электротехнической части - шкафов электроуправления, электродвигателей;
- 3) сигнализационной части - приемно-контрольных устройств (приборов), шлейфов сигнализации, извещателей, оповещателей.

Контроль давления, уровня воды, рабочего положения запорной арматуры и т. д.

Контроль основного и резервного источников питания и проверка автоматического переключения питания с рабочего ввода на резервный.

Проверка работоспособности составных частей установки (технологической части, электротехнической части, сигнализационной части).

Проверка работоспособности установки в ручном (местном и дистанционном) и автоматическом режимах.

Промывка трубопроводов и смена воды в установке и резервуарах при необходимости.

Метрологическая поверка КИП. Измерение сопротивления защитного и рабочего заземления.

Измерение сопротивления изоляции электрических цепей.

Гидравлические и пневматические испытания трубопроводов на герметичность и прочность.

Техническое освидетельствование составных частей установки, работающих под давлением в соответствии с нормами Г осгортехнадзора.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ 1.3.2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СПЛИНКЕРНЫХ И ДРЕНЧЕРНЫХ УСТАНОВОК ПЕННОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

ВОПРОСЫ

1. Гидравлический расчет сплинкерных и дренчерных установок пенного пожаротушения.
2. Расчет автоматических установок пенного пожаротушения для защиты резервуаров с огнеопасными жидкостями.
3. Установки пожаротушения высокократной пеной. Расчет параметров установок пожаротушения высокократной пеной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабуров В.П., Бабурин В.В., Фомин В.И., Смирнов В.И. Производственная и пожарная автоматика. Ч. 2. Автоматические установки пожаротушения: Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. –298 с. (с. 80-90).

1. Гидравлический расчет сплинкерных и дренчерных установок пенного пожаротушения

Расчет автоматической установки пожаротушения с использованием пены низкой кратности (при тушении по поверхности) начинают с определения группы защищаемого помещения (производств и технологических процессов) по степени опасности развития пожара в зависимости от его функционального назначения и пожарной нагрузки по прил. 1 НПБ 88-2001* [19].

Затем для помещений 1; 2; 3; 4.1, 4.2 групп высотой до 10 м по табл. 1 п. 4.4 НПБ 88-2001* [19], для помещений высотой более 10 м по табл. 3 определяют интенсивность орошения пеной низкой кратности, площадь для расчета расхода раствора пенообразователя (для спринклерных установок), расстояние между спринклерными оросителями или легкоплавкими замками. Для помещений 5; 6; 7

групп (складские помещения) интенсивность орошения определяется по табл. 2 НПБ 88-2001* [19].

После этого по каталогам производят выбор типа оросителя. При этом необходимо учитывать, что площадь, защищаемая оросителями ОЭ-16 и 2ОЭ-25 при высоте установки 4 м и более, составляет соответственно 16 м и 19,6 м².

Далее производят расстановку оросителей и трассировку трубопроводов в соответствии с требованиями НПБ 88-2001* [19].

Гидравлический расчет установок пенного пожаротушения пеной низкой кратности производится аналогично гидравлическому расчету установок водяного пожаротушения.

После определения фактических значений расхода раствора пенообразователя $Q_{\text{ф}}$ и напора $H_{\text{ф}}$ определяется расход пенообразователя, необходимый объем пенообразователя и его резервный запас.

Расход пенообразователя определяется следующим образом:

$$q_{\text{по}} = (C/100) Q_{\text{ф}},$$

где C – концентрация пенообразователя в растворе пенообразователя;

$Q_{\text{ф}}$ – фактический расход раствора пенообразователя, л/с.

Расчетный объем пенообразователя на одно тушение

$$V_{\text{по}} = q_{\text{по}} \tau_{\text{туш}},$$

где $\tau_{\text{туш}}$ – продолжительность работы установки пенного пожаротушения с пеной низкой кратности (п. 3* примечания табл. 1 раздел 4 НПБ 88–2001* [19]).

Резервный запас пенообразователя согласно п. 4.58 НПБ 88–2001* [19] составляет 100 %. Таким образом, общий объем пенообразователя (с учетом резерва)

$$V_{\text{общ}} = 2 V_{\text{по}}.$$

Тушение пожара с помощью пены низкой кратности производят либо с использованием заранее приготовленного раствора пенообразователя, либо с помощью раствора пенообразователя, получаемого путем дозированного введения пенообразователя в подаваемую воду. Первый способ наиболее целесообразно применять в спринклерных установках, второй – в дренчерных.

Наиболее часто применяемый способ дозирования в дренчерных установках – использование насоса-дозатора с дозирующей шайбой. Исходя из величины расхода пенообразователя $q_{\text{по}}$ производим выбор насоса-дозатора и строим его характеристику (рис. 3.11). По характеристике определяем напор на насосе-дозаторе для обеспечения необходимого расхода пенообразователя $q_{\text{по}}$.

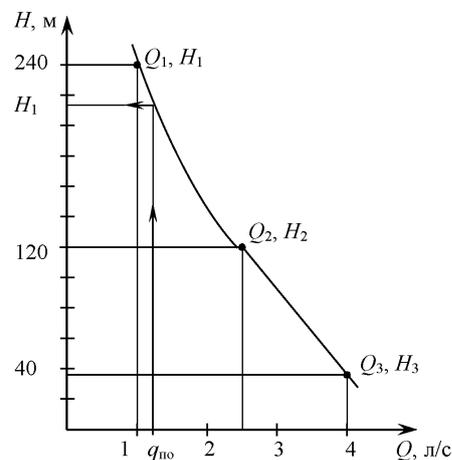


Рис. 3.11. Характеристика насоса-дозатора

Определяем диаметр дозирующей шайбы:

$$d_{\text{ш}} = \sqrt{\frac{q_{\text{по}} 10^{-3}}{\pi \mu \sqrt{2 g \Delta H}}},$$

где $\mu = 0,62$ – коэффициент расхода шайбы; $q_{\text{по}}$ – расход пенообразователя, л/с; $\Delta H = H_1 - H_{\text{ф}}$, H_1 – напор, определяемый по характеристике насоса-дозатора; $H_{\text{ф}}$ – фактический напор в сети, н; g – ускорение свободного падения, м/с².

Расчет автоматических установок пенного пожаротушения с использованием пены средней кратности (тушение по объему производится в соответствии с п. 11 прил. 2 НПБ 88–2001* [19]) начинается с определения объема раствора пенообразователя V_1 , м³.

$$V_1 = \frac{k_2 V}{k_3}, \quad (3.1)$$

где k_2 – коэффициент разрушения пены (принимается по табл. 2 прил. 2 НПБ 88–2001* [19]); V – объем, заполняемый пеной, м³ (определяется с учетом п. 4.26 НПБ 88–2001* [19]); k_3 – кратность пены.

Затем определяем число одновременно работающих генераторов пены n по формуле

$$n = \frac{V_1}{q_{\Gamma} t}, \quad (3.2)$$

где q_{Γ} – производительность одного генератора по раствору пенообразователя, м³/мин; t – продолжительность работы установки с пеной средней кратности, мин (принимается по табл. 2 прил. 2 НПБ 88–2001* [19]).

$$q_{\Gamma} = K \sqrt{H_{\Gamma}}, \quad (3.3)$$

где H_{Γ} – напор на генераторе пены, м; K – коэффициент производительности генератора пены (определяется по паспорту на изделие).

После определения количества генераторов пены производим их расстановку в защищаемом помещении с учетом карты орошения. Распределительные сети в этом случае прокладывают, как правило, по кольцевой трассе с равномерным размещением генераторов на трубопроводе. Генераторы пены в защищаемом помещении должны располагаться таким образом, чтобы потоки пены, выходящие из каждого генератора, имели одно направление. Генераторы пены целесообразно размещать горизонтально под перекрытием

защищаемого помещения и так, чтобы они не мешали нормальной эксплуатации оборудования. В то же время генераторы должны устанавливаться на высоте не менее 1 м от верхнего уровня защищаемого оборудования (п. 4.26 НПБ 88-2001* [19]).

После расстановки генераторов пены определяют «диктующий» генератор и производят гидравлический расчет сети по аналогии с методиками, применяемыми для расчета установок водяного пожаротушения.

По результатам гидравлического расчета определяют фактический расход Q и напор H на основном водопитателе. Затем определяют основной и резервный запас пенообразователя и производят выбор дозирующего устройства (в качестве дозирующего устройства наиболее часто применяют дозирующую шайбу с насосом-дозатором) и производят его расчет.

2. Расчет автоматических установок пенного пожаротушения для защиты резервуаров с огнеопасными жидкостями

Резервуары с нефтью и нефтепродуктами в наземных резервуарных парках вместимостью 5000 м³ и более, а также здания и помещения склада, указанные в п. 8.5 СНиП 2.11.03-93 [25] подлежат защите системами автоматического пожаротушения. При этом на складах 111а категории (см. п. 1.1 табл. 1 СНиП 2.11.03-93 [25]) при наличии не более двух наземных резервуаров вместимостью 5000 м³, допускается тушение пожаров передвижной пожарной техникой, для чего резервуары оборудуются стационарно установленными генераторами пены и сухими трубопроводами (с соединительными головками для присоединения пожарной техники и заглушками), выведенными за обвалование. Для подземных резервуаров объемом 5000 м³ и более, сливноналивных эстакад и устройств для железнодорожных и автомобильных цистерн на складах I и II категорий, согласно п. 8.4 СНиП 2.11.03-93 [25], необходимо предусматривать стационарные системы пожаротушения (неавтоматические).

Здания и помещения складов нефти и нефтепродуктов, подлежащие оборудованию стационарными установками автоматического пожаротушения, приведены в табл. 7 СНиП 2.11.03-93 [25].

Для наземных и подземных резервуаров объемом менее 5000 м³, продуктовых насосных станций, размещаемых на площадках сливноналивных эстакад и устройств для железнодорожных и

автомобильных цистерн на складах III категории, а также указанных в п. 8.5 СНиП 2.11.03-93 [25] зданий и помещений складов при площади этих помещений и производительности насосных станций менее приведенных в табл. 7 СНиП 2.11.03-93 [25], согласно п. 8.6 СНиП 2.11.03-93 [25], следует, как минимум, предусматривать тушение передвижной пожарной техникой. При этом на резервуарах

3

объемом от 1000 до 3000 м (включительно) следует устанавливать пеногенераторы с сухими трубопроводами (с соединительными головками и заглушками), выведенными за обвалование. Для тушения пожаров в резервуарах применяют воздушно-механическую пену средней кратности (до 200).

Для исключения деформации горящего и прогрева смежных резервуаров их охлаждают вертикальными водяными завесами (вдоль стенок резервуара). Стационарная установка охлаждения резервуара состоит из горизонтального секционного кольца орошения (оросительного трубопровода с устройствами для распыления воды, в качестве которых может использоваться перфорированный трубопровод или дренчеры), размещаемого в верхнем поясе стенок резервуара, сухих стояков и горизонтальных трубопроводов, соединяющих секционное кольцо орошения с сетью противопожарного водопровода, и задвижек с ручным приводом для обеспечения подачи воды при пожаре на охлаждение всей поверхности резервуара либо ее четверти или половины (считая по периметру) в зависимости от расположения резервуаров в группе.

В соответствии с п. 8.7 СНиП 2.11.03-93 [25] наземные резервуары объемом 5000 м и более должны быть оборудованы стационарными установками охлаждения, причем для резервуаров с теплоизоляцией из негорючих материалов допускается стационарную установку охлаждения не присоединять к противопожарному водопроводу, при этом сухие трубопроводы её должны быть выведены за пределы обвалования и оборудованы соединительными головками и заглушками. Для подачи воды на охлаждение наземных резервуаров вместимостью менее 5000 м, а также подземных резервуаров вместимостью более 400 м предусматривается использовать передвижную пожарную технику. На складах I и II категории для охлаждения железнодорожных цистерн, сливноналивных устройств и эстакад следует предусматривать лафетные стволы.

Согласно п. 8.8 СНиП 2.11.03-93 [25] на складах III категории с резервуарами вместимостью менее 5000 м допускается не устраивать противопожарный водопровод, а предусматривать подачу воды на охлаждение и тушение пожара передвижной пожарной техникой из противопожарных емкостей (резервуаров) или открытых искусственных и естественных водоемов.

При расчете установок в соответствии с п. 8.11 СНиП 2.11.03-93 [25] допускается не учитывать подачу воды на охлаждение соседних с горящим наземных резервуаров с теплоизоляцией из негорючих материалов, а также соседних с горящим наземных резервуаров, расположенных на расстоянии более двух нормативных расстояний (указанных в п. 3.2 СНиП 2.11.03-93 [25]) от горящего резервуара.

Расчетный расход воды при пожаре на складе нефти и нефтепродуктов определяется согласно п. 8.9 СНиП 2.11.03-93 [25].
Расход огнетушащего

вещества в соответствии с п. 8.10 СНиП 2.11.03-93 [25] следует определять, исходя из интенсивности их подачи на 1 м^2 расчетной площади. Требуемый расход раствора пенообразователя для каждого резервуара $q_{р.р}$ определяется по формуле

$$q_{р.р} = I_p F_{рез}, \quad (3.4)$$

где I_p – интенсивность подачи раствора, л/(с·м²) (определяется согласно табл. 1 прил. 3 СНиП 2.11.03-93 [25]); $F_{рез}$ – площадь «зеркала горения» резервуара, м² (определяется в соответствии с п. 8.10 СНиП 2.11.03-93 [25]).

Число пеногенераторов для каждого резервуара определяется следующим образом:

$$n_{\text{пг}} = \frac{q_{\text{р.р}}}{q_{\text{пг}}}, \quad (3.5)$$

где $q_{\text{пг}}$ – производительность пеногенератора по раствору при оптимальном напоре, л/с.

Расход из пеногенератора определяется по формуле

$$q_{\text{пг}} = K\sqrt{H}, \quad (3.6)$$

где H – выбирается с учетом требований п. 11 прил. 3 СНиП 2.11.03–93 [25]; K – коэффициент производительности генератора (определяется по технической документации).

Количество пеногенераторов и расстояние между ними принимается в соответствии с п. 8 прил. 3 СНиП 2.11.03–93 [25].

Расчетный расход раствора пенообразователя определяют после округления числа генераторов пены (для наибольшего резервуара). Фактический расход пенообразующего раствора

$$q_{\text{р}} = n_{\text{пг}} q_{\text{пг}} N_{\text{п}}, \quad (3.7)$$

где $N_{\text{п}}$ – расчетное количество пожаров (один пожар при площади склада до 150 га и два пожара при площади склада более 150 га).

Диаметры напорных трубопроводов $d_{\text{т}}$, м, определяют по формуле

$$d_{\text{т}} = \sqrt{\frac{4q_{\text{рт}}10^{-3}}{\pi V}}, \quad (3.8)$$

где $q_{\text{рт}}$ – расход жидкости на рассматриваемом участке, л/с; V – скорость жидкости на рассматриваемом участке, м/с, принимают не более 3 м/с – во всасывающих трубопроводах насоса при работе от водопровода; 1 м/с – во всасывающих трубопроводах насоса при работе от водоема; не более 10 м/с – в напорных трубопроводах насоса; 0,9 м/с – в трубопроводе от бака с пенообразователем до дозирующего устройства.

Напор у основного водопитателя определяется по формуле

$$H \geq H_{\text{ген}} + 1,2 \sum H_1 + Z_{\Gamma} - H_{\Gamma}, \quad (3.9)$$

где $H_{\text{ген}}$ – расчетный напор у пеногенератора, м (принимается в соответствии с п. 11 прил. 3 СНиП 2.11.03–93 [25]); H_1 – потеря напора по длине трубопровода, м;

$$H_1 = \sum_{i=1}^n \frac{q_{pi}^2 l_i}{k_{Ti}}, \quad (3.10)$$

где q_{pi} – расход жидкости на i -м участке, л/с; l_i – длина трубопровода на рассматриваемом участке, м; k_{Ti} – удельная характеристика трения трубопровода, $\text{л}^2/\text{с}^2$ (определяется по табл. 1 прил. 2 НПБ 88–2001* [19]); 1,2 – коэффициент, учитывающий местные потери напора, которые в среднем составляют 20 % от потерь напора по длине трубопровода; Z_{Γ} – разность отметок оси напорного патрубка автоматического водопитателя и распылителя пеногенератора; H_{Γ} – гарантированный напор в водопроводе, м.

По вычисленным значениям напора H и расхода q_p (по каталогу) подбирают соответствующий насос для питания автоматической установки пенообразующим раствором.

Расчетный расход пенообразователя $q_{\text{по}}$, л/с,

$$q_{\text{по}} = q_p \frac{C_{\text{по}}}{100}, \quad (3.11)$$

где $C_{\text{по}}$ – концентрация пенообразователя в водном растворе, % (определяется по табл. 2 прил. 3 СНиП 2.11.03–93 [25]).

Расход воды q_v для получения пенообразующего раствора

$$q_v = q_p \frac{C_v}{100}, \quad (3.12)$$

где C_v – количество воды в растворе пенообразователя, %.

При выборе насоса, подающего раствор, учитывают не только расход раствора для питания пеногенераторов q_p , но и расход воды q_v в системе дозирования, если принятая в установке схема дозирования требует дополнительных расходов воды.

Объем пенообразователя $V_{\text{по}}$ (с учетом запаса в соответствии с п. 9 прил. 3 СНиП 2.11.03–93 [25]) определяется по формуле

$$V_{\text{по}} = K_{\text{зап}} \tau_{\text{туш}} q_{\text{по}} + V_{\text{по.тр}}, \quad (3.13)$$

где $K_{\text{зап}}$ – запас пенообразователя, определяется в соответствии с п. 9 прил. 3 СНиП 2.11.03–93 [25]; $\tau_{\text{туш}}$ – нормативное время тушения пожара в

резервуаре, с (принимается в соответствии с п. 3 прил. 3 СНиП 2.11.03–93 [25]); $q_{\text{по}}$ – расход пенообразователя, л/с; $V_{\text{по.гр}}$ – объем пенообразователя в растворопроводах, л.

Хранение пенообразователя осуществляется в соответствии с п. 10 прил. 3 СНиП 2.11.03–93 [25].

Расход воды на охлаждение горящего и смежного с ним резервуаров $q_{\text{в}}^{\text{охл}}$, л/с, равен

$$q_{\text{в}}^{\text{охл}} = \pi(I_{\text{в}}^{\text{гор}} D_{\text{рез}}^{\text{гор}} + 1/2 I_{\text{в}}^{\text{см}} D_{\text{рез}}^{\text{см}} n_{\text{рез}}^{\text{см}}) N_{\text{п}}, \quad (3.14)$$

где $I_{\text{в}}^{\text{гор}}$ – интенсивность подачи на 1 м длины окружности горящего резервуара, л/с (определяется в соответствии с п. 8.11 СНиП 2.11.03–93 [25]); $I_{\text{в}}^{\text{см}}$ – интенсивность подачи на 1 м половины длины окружности соседнего резервуара, л/с (определяется в соответствии с п. 8.11 СНиП 2.11.03–93 [25]); $D_{\text{рез}}^{\text{гор}}$, $D_{\text{рез}}^{\text{см}}$ – диаметры горящего и смежных резервуаров защищаемой группы, м; $n_{\text{рез}}^{\text{см}}$ – количество смежных резервуаров; $N_{\text{п}}$ – расчетное количество пожаров (один пожар при площади склада до 150 га и два пожара при площади склада более 150 га).

Общий расход воды на охлаждение наземных горизонтальных резервуаров объемом 100 м^3 (горящего и соседнего с ним) на основании п. 8.12 СНиП 2.11.03–93 [25] следует принимать 20 л/с . Общий расход воды на охлаждение подземных резервуаров (горящего и соседних с ним) следует принимать в соответствии с п. 8.13 СНиП 2.11.03–93 [25]. Общий расход воды на охлаждение лафетными стволами, число и расположение лафетных стволов, а также их диаметр определяются в соответствии с п. 8.14 СНиП 2.11.03–93 [25]. Свободный напор в сети противопожарного водопровода следует принимать согласно п. 8.15 СНиП 2.11.03–93 [25].

Диаметр перфорированного трубопровода (кольца водяного орошения) $d_{\text{оп}}^{\text{к}}$, мм, определяют из условия равномерной раздачи воды из отверстий:

$$d_{\text{оп}}^{\text{к}} = \sqrt{\frac{4 \sum f_{\text{отв}}}{\pi (0,3 - 0,5)}}, \quad (3.15)$$

где $f_{\text{отв}}$ – площадь сечения выпускного отверстия в перфорированном трубопроводе, мм^2 .

Обычно в перфорированном трубопроводе просверливают отверстия диаметром 3 мм ; расход из одного отверстия $0,08 \text{ л/с}$. Расстояние между отверстиями

$$l_{\text{отв}} = \frac{\pi D_{\text{рез}}^{\text{гор}}}{n_{\text{отв}}}, \quad (3.16)$$

где $n_{\text{отв}}$ – количество отверстий на кольце охлаждения.

По величинам $d_{\text{оп}}^{\text{к}}$ и $d_{\text{т}}$ и соответствующему ГОСТу подбирают типы труб для магистральных, распределительных и перфорированных трубопроводов.

Напор, развиваемый насосом системы охлаждения,

$$H_{\text{н}}^{\text{охл}} \geq H_{\text{оп}}^{\text{к}} + 1,2 H_1 + Z_{\text{оп}}^{\text{к}} - H_{\text{Гар}}, \quad (3.17)$$

где $H_{\text{оп}}^{\text{к}} \geq 10 \text{ м}$ – минимальный свободный напор на уровне оросительного кольца (определяется в соответствии с п. 8.15 СНиП 2.11.03–93 [25]);

$Z_{\text{оп}}^{\text{к}}$ – разность отметок наиболее удаленного и высоко расположенного оросительного кольца и оси насоса, м.

Общий объем воды определяется по формуле

$$U_{\text{в}} = q_{\text{р}} \tau_{\text{т}} + q_{\text{в}}^{\text{охл}} \tau_{\text{охл}}, \quad (3.18)$$

где $\tau_{\text{охл}}$ – определяется согласно п. 8.16 СНиП 2.11.03–93 [25].

Сети противопожарного водопровода и растворопровода следует проектировать в соответствии с п. 13 и 14 прил. 3 СНиП 2.11.03–93 [25].

3. Установки пожаротушения высокократной пеной

Установки пожаротушения высокократной пеной применяются для объемного и локально-объемного тушения пожаров классов А2, В по ГОСТ 27.331-87 [26], для тушения пожаров отдельных агрегатов или оборудования в тех случаях, когда применение установок для защиты помещения в целом технически невозможно или экономически нецелесообразно.

По воздействию на защищаемые объекты установки подразделяются на:

- установки объемного пожаротушения;
- установки локального пожаротушения по объему.

По конструкции пеногенераторов установки подразделяются на:

- установки с генераторами, работающими с принудительной подачей воздуха (как правило, вентиляторного типа);
- установки с генераторами эжекционного типа.

Общие требования к проектированию установок пожаротушения высокократной пеной можно свести к следующим:

- установки должны соответствовать общим техническим требованиям, установленным ГОСТ Р 50800-95 [21];
- в установках следует использовать только специальные пенообразователи, предназначенные для получения пены высокой кратности;
- установки должны обеспечивать заполнение защищаемого объема пеной до высоты, превышающей самую высокую точку оборудования не менее чем на 1 м, в течение не более 10 мин;
- оборудование, длину и диаметр трубопроводов необходимо выбирать из условия, что инерционность установки не превышает 180 с;
- производительность установок и количество раствора пенообразователя определяются исходя из расчетного объема защищаемых помещений в соответствии с рекомендуемым прил. 3 НПБ 88-2001* [19];
- при применении установок в нескольких помещениях в качестве расчетного принимается то помещение, для защиты которого требуется наибольшее количество раствора пенообразователя;
- при применении установок для локального пожаротушения по объему защищаемые агрегаты или оборудование ограждаются

- металлической сеткой с размером ячейки не более 5 мм. Высота ограждающей конструкции должна быть на 1 м больше высоты защищаемого агрегата или оборудования и находиться от него на расстоянии не менее 0,5 м;
- расчетный объем локального пожаротушения определяется произведением площади основания ограждающей конструкции агрегата или оборудования на ее высоту;
 - время заполнения защищаемого объема при локальном тушении не должно превышать 180 с;
 - установки должны быть снабжены фильтрующими элементами, установленными на питающих трубопроводах перед распылителями, размер фильтрующей ячейки должен быть меньше минимального размера канала истечения распылителя;
 - в одном помещении должны применяться генераторы пены только одного типа и конструкции;
 - количество пеногенераторов определяется расчётом, но принимается не менее двух;
 - при расположении генераторов пены в местах их возможного механического повреждения должна быть предусмотрена их защита;
 - в установках кроме расчетного количества должен быть 100%-ный резерв пенообразователя;
 - при проектировании насосных станций водоснабжения установок, трубопроводов и их крепления необходимо руководствоваться требованиями раздела 4 НПБ 88-2001* [19];
 - трубопроводы следует проектировать из оцинкованных стальных труб по ГОСТ 3262-75 [27].

Требования к установкам с генераторами, работающими с принудительной подачей воздуха

Генераторы пены должны размещаться в насосной станции или непосредственно в защищаемом помещении. В первом случае пена в защищаемое помещение подается либо непосредственно из выходного патрубка генератора, либо по специальным каналам, диаметр которых должен быть не менее диаметра выходного патрубка генератора, а длина не более 10 м. Во втором случае должен быть обеспечен забор свежего воздуха или применены пенообразователи, способные образовывать пену в среде продуктов горения.

Каналы для подачи пены должны соответствовать классу пожарной опасности КО.

В верхней части защищаемых помещений должен быть предусмотрен сброс воздуха при поступлении пены.

Если площадь защищаемого помещения превышает 400 м², то ввод пены необходимо осуществлять не менее чем в двух местах, расположенных в противоположных частях помещения.

Требования к установкам с генераторами эжекционного типа

Установка может защищать как весь объем помещения (установка объемного пожаротушения), так и часть помещения или отдельную технологическую единицу (установка локального пожаротушения по объему). В первом случае генераторы размещаются под потолком и распределяются равномерно по площади помещения так, чтобы обеспечить заполнение пеной всего объема помещения, включая выгороженные в нем участки. Во втором случае генераторы размещаются непосредственно над защищаемым участком помещения или технологической единицей.

Расчет параметров установок пожаротушения высокократной пеной

Расчёт параметров установок пожаротушения высокократной пеной производится на основании методики, изложенной в прил. 3* НПБ 882001* [19]. Определяется расчетный объем V , м³, защищаемого помещения или объем локального пожаротушения. Расчетный объем помещения определяется произведением площади пола на высоту заполнения помещения пеной, за исключением величины объема сплошных (непроницаемых) строительных несгораемых элементов (колонны, балки, фундаменты и т. д.).

Выбираются тип и марка генератора высокократной пены и устанавливается его производительность по раствору пенообразователя

q , $\text{дм}^3 \cdot \text{мин}^{-1}$.

Определяется расчетное количество генераторов высокократной пены:

$$n = \frac{aV10^{-3}}{q\tau K}, \quad (3.19)$$

где a – коэффициент разрушения пены; τ – максимальное время заполнения пеной объема защищаемого помещения, мин; K – кратность пены.

Значение коэффициента a рассчитывается по формуле

$$a = K_1 K_2 K_3, \quad (3.20)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий усадку пены, принимается равным 1,2 при высоте помещения до 4 м и 1,5 – при высоте помещения до 10 м, при высоте помещения свыше 10 м определяется экспериментально; K_2 – учитывает утечки пены, при отсутствии открытых проемов принимается равным 1,2, при наличии открытых проемов определяется экспериментально; K_3 – учитывает влияние дымовых газов на разрушение пены, для учета влияния продуктов горения углеводородных жидкостей значение коэффициента принимается равным 1,5, для других видов пожарной нагрузки определяется экспериментально.

Максимальное время заполнения пеной объема защищаемого помещения принимается не более 10 мин.

Определяется производительность системы по раствору пенообразователя Q , $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$:

$$Q = \frac{nq}{60 \cdot 10^3}. \quad (3.21)$$

По технической документации устанавливается объемная концентрация пенообразователя в растворе c , %.

Определяется расчетное количество пенообразователя $V_{\text{пен}}$, м^3 :

$$V_{\text{пен}} = c Q \tau 10^{-2} \cdot 60. \quad (3.22)$$

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ 1.4.2. РАСЧЕТ УСТАНОВОК ГАЗОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

ВОПРОСЫ

1. Расчет установок газового пожаротушения.
 - 1.1. Расчет установок хладонового пожаротушения.
 - 1.2. Расчет установок углекислотного пожаротушения.

- 1.3. Расчет установок пожаротушения с регенерированными озоноразрушающими газовыми огнетушащими составами.
- 1.4. Расчет установок с применением сжатых газов.
- 1.5. Методика расчета сбросных отверстий.
2. Испытание смонтированных установок газового пожаротушения.
 - 2.1. Общие сведения.
 - 2.2. Методика проведения испытаний установок автоматических газового пожаротушения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабуров В.П., Бабуринов В.В., Фомин В.И., Смирнов В.И. Производственная и пожарная автоматика. Ч. 2. Автоматические установки пожаротушения: Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. –298 с. (с. 152-174).

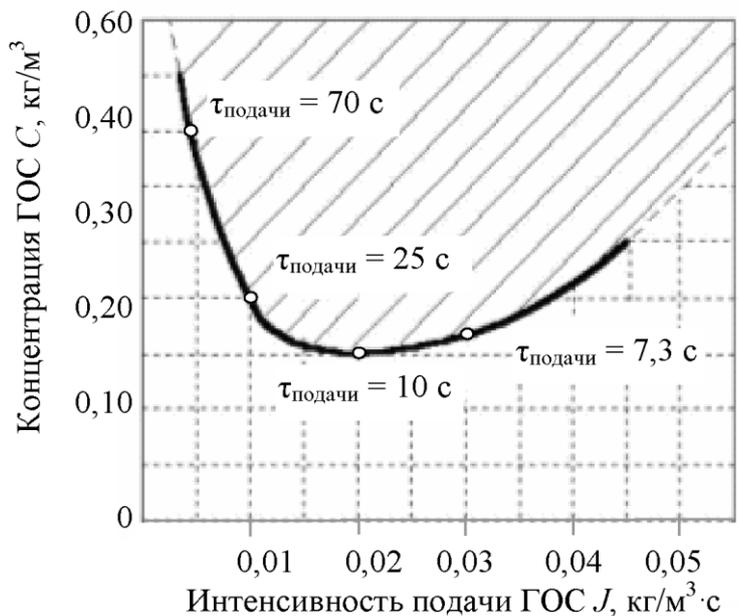
1. Расчет установок газового пожаротушения

При экспертизе проектной документации и обследовании действующих установок газового пожаротушения у практических работников ГПН часто возникает необходимость проведения анализа правильности принятых решений проектировщиками по основным техническим показателям УАГП: количеству ГОС, трассировке и диаметрам трубопроводов, количеству выпускных насадков, расчетному времени выпуска огнетушащих средств в помещение и рабочему давлению в модулях. При этом нередко возникают трудности, связанные с отсутствием апробированных расчетных методов и необходимых исходных данных для проведения таких расчетов. Практика показывает, что перечисленные выше показатели тесно взаимосвязаны друг с другом и их правильное обоснование и использование в конечном счете определяет эффективность работы проектируемой и эксплуатируемой УАГП.

Основопологающим для определения нормативных параметров пожаротушения является выполнение условия подачи расчетного количества ГОС

(95 % по массе) за требуемое нормативное время по НПБ 88-2001 [19]. Этим достигается требуемая интенсивность подачи ГОС J . Для понимания этого положения обратимся к графику зависимости расхода ГОС и создаваемой при этом концентрации) от интенсивности его подачи (рис. 4.42).

Рис. 4.42. Зависимость концентрации C от интенсивности подачи J на примере ГОС типа хладон



Исследованиями ВНИИПО МЧС РФ, проведенными под руководством докт. техн. наук, проф. А. Баратова, было установлено, что при разработке проектов УАГП следует учитывать характер зависимости $C = f(J)$ при объемном тушении пожара. Это объясняется ранее приведенными аргументами в пользу меньшего количества образующихся вредных веществ, а также более высокой эффективностью тушения пожара. Для иллюстрации, в качестве примера, рассмотрим закономерности, характерные для систем тушения с использованием хладона. Экспериментально было установлено, что тушение происходит в области, ограниченной кривой $C = f(J)$, это заштрихованная область графика. Причем оптимальные условия, по требуемому количеству ГОС, достигаются в точке экстремума с значением времени подачи $\tau_{\text{подачи}} = 10$ с.

Можно увеличить расчетное время подачи ГОС, например, до 70 с, однако для эффективного тушения пожара это потребует увеличить также концентрацию огнетушащего вещества (удельный расход) и расчетную массу ГОС на 75 %, что скажется на металлоемкости установки и в конечном счете на экономической целесообразности применения УАГП.

Зависимость, представленная на рис. 4.42, является типичной для большинства огнетушащих средств газового пожаротушения. Таким образом, очевидно, что расчетное количество ГОС, диаметры трубопроводов, давление в модулях и время выпуска огнетушащего состава являются тесно взаимосвязанными характеристиками, при неправильном выборе которых система пожаротушения на практике может оказаться недостаточно эффективной. Поэтому для

обоснования принятия решений о соответствии УАГП требованиям норм необходимо иметь представление о методике расчета основных типов систем газового пожаротушения. При проведении необходимых расчетов используются данные, приводимые по НПБ-88, а также экспериментально полученные данные по огнетушащей способности ГОС (табл. 4.15).

Таблица 4.15

Нормативная объемная огнетушащая концентрация ГОС

Наименование материала, вещества	Нормативная объемная огнетушащая концентрация, %						
	Двуокись углерода	Хладон 125	Хладон 227ea	Хладон 318Ц	Азот	Шести-фтористая сера	Инерген
н-гептан	34,9	9,7	7,0	7,8	34,5	10,0	36,5
Этанол	35,7	11,7	–	7,8	36,0	14,4	36,0
Ацетон	33,7	–	–	7,2	–	10,8	37,2
Керосин	32,6	–	–	7,2	–	–	–
Резина ИРП-1118	28,0	7,3	6,6	7,0	–	12,0	–
Бумага, древесина	39,0	14,4	–	9,0	–	19,2	–
Толуол	25,0	–	6,0	5,5	–	–	–
Масло трансформаторное	–	9,5	–	7,2	27,8	7,2	28,3

Для жидких горючих веществ, информация о которых не приведена в справочных данных, нормативная объемная огнетушащая концентрация ГОС, все компоненты которой при нормальных условиях находятся в газовой фазе, может быть определена как произведение минимальной объемной огнетушащей концентрации на коэффициент безопасности, равный $K_b = 1,2$, для всех ГОС, за исключением двуокиси углерода. Для CO_2 коэффициент безопасности принимается равным $K_b = 1,7$. Для ГОС, находящихся при нормальных условиях в жидкой фазе, а также смесей ГОС, хотя бы один из компонентов которых при нормальных условиях находится в жидкой фазе, нормативную огнетушащую концентрацию определяют умножением объемной огнетушащей концентрации на $K_b = 1,2$.

1.1. Расчет установок хладонного пожаротушения



Масса остатка ГОС в трубопроводах $M_{\text{тр}}$, кг, определяется по формуле

$$M_{\text{тр}} = V_{\text{тр}} \rho_{\text{гоtv}} \quad (4.5)$$

где $V_{\text{тр}}$ – объем всей трубопроводной разводки установки, м^3 ; $\rho_{\text{гоtv}}$ – плотность остатка ГОС при давлении, которое имеется в трубопроводе после окончания истечения массы газового огнетушащего вещества M_p в защищаемое помещение; $M_6 n$ – произведение остатка ГОС в модуле M_6 , кг, который принимается по ТД на модуль, на количество модулей в установке n .

Расчет включает в себя определение массы основного (рабочего) и резервного ГОС, количества модулей (баллонов), диаметров магистрального и распределительного трубопроводов, количества выпускных насадков и времени выпуска основного заряда. В качестве газа-вытеснителя следует применять воздух или азот, для которых точка росы должна быть не выше -40 °С. Для выполнения расчета УАГП разрабатывается аксонометрическая схема сети УАГП из условия равномерного распределения выпускных насадков в помещении. Расчетная масса ГОС M_r , которая должна храниться в установке, определяется по формуле

$$M_r = K_1 [M_p + M_{тр} + M_{\delta}n], \quad (4.2)$$

где M_p – масса ГОС, предназначенная для создания в объеме помещения огнетушащей концентрации,

$$M_p = V_p \rho_1 (1 + K_2) \frac{C_n}{100 - C_n}, \quad (4.3)$$

где V_p – расчетный объем защищаемого помещения, m^3 ; K_1 – коэффициент, учитывающий утечки ГОС из сосудов ($K_1 = 1,05$); K_2 – коэффициент, учитывающий потери ГОС через проемы помещения; ρ_1 – плотность газового огнетушащего средства с учетом высоты защищаемого объекта относительно уровня моря для минимальной температуры в помещении T_m , $kg \cdot m^{-3}$, определяется по формуле

$$\rho_1 = \rho_o \frac{T_o}{T_m} K_3, \quad (4.4)$$

где ρ_o – плотность паров ГОС при температуре $T_o = 293$ К (20 °С) при атмосферном давлении $101,3$ кПа; T_m – минимальная температура воздуха в защищаемом помещении, К; K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий высоту расположения объекта относительно уровня моря; C_n – нормативная объемная концентрация, % (об).

Масса остатка ГОС в трубопроводах $M_{\text{тр}}$, кг, определяется по формуле

$$M_{\text{тр}} = V_{\text{тр}} \rho_{\text{гоtv}}, \quad (4.5)$$

где $V_{\text{тр}}$ – объем всей трубопроводной разводки установки, м^3 ; $\rho_{\text{гоtv}}$ – плотность остатка ГОС при давлении, которое имеется в трубопроводе после окончания истечения массы газового огнетушащего вещества M_p в защищаемое помещение; $M_6 n$ – произведение остатка ГОС в модуле M_6 , кг, который принимается по ТД на модуль, на количество модулей в установке n .

Коэффициент, учитывающий потери ГОС через проемы помещения:

$$K_2 = \Pi \delta \tau_{\text{под}} \sqrt{H}, \quad (4.6)$$

где Π – параметр, учитывающий расположение проемов по высоте защищаемого помещения, $\text{м}^{0,5} \cdot \text{с}^{-1}$.

Тушение пожаров подкласса A_1 (кроме тлеющих материалов) следует осуществлять в помещениях с параметром негерметичности не более $0,001 \text{ м}^1$. Значение массы M_p для тушения пожаров подкласса A_1 определяется по формуле

$$M_p = K_4 M_{p\text{-гепт}}, \quad (4.7)$$

где $M_{p\text{-гепт}}$ – значение массы M_p для нормативной объемной концентрации C_n при тушении н-гептана, вычисляется по формуле (4.3); K_4 – коэффициент, учитывающий вид горючего материала. Значения коэффициента K_4 принимаются равными: 1,3 – для тушения бумаги, гофрированной бумаги, картона, тканей и т. п. в кипах, рулонах или папках; 2,25 – для помещений с этими же материалами, в которые исключен доступ пожарных после окончания работы АУГП, при этом резервный запас рассчитывается при значении K_4 , равном 1,3.

При срабатывании установки хладон истекает под постоянно изменяющимся давлением сжатого воздуха или азота (в сторону уменьшения). В трубопроводах происходит неустановившийся процесс движения, параметры которого (скорость, расход, число Рейнольдса, коэффициенты сопротивления, потери напора) изменяются во времени. Максимальное значение параметров наблюдается в начале истечения, минимальное – в конце. Из выпускного насадка с большой скоростью непрерывно истекает смесь воздуха (азота) и ГОС, образующие мелкодисперсный распыл хладона. Поэтому при оценке максимального давления в системе следует учитывать его расширение в баллонах и трубопроводах на участке от модулей до оросителя. К трубной разводке УАГП с использованием хладонов 125,

318Ц или 227еа следует предъявлять особые требования, направленные на предотвращение расслоения двухфазной среды внутри трубной разводки, особенно в конечной стадии истечения. Это касается, прежде всего, соединений магистральных трубопроводов и отдельных рядков в вертикальных (верх, низ) отводах.

Минимальное значение давления сжатого воздуха или азота должен обеспечивать необходимый напор у выпускного диктующего насадка, расположенного в самых неблагоприятных условиях. Гидравлический расчет ведут путем определения суммарных потерь напора по всей сети трубопроводов.

Если рассматривать движение сжиженных газов типа хладон 125, 318Ц, 227еа, 114В2 в виде однородной жидкости, можно воспользоваться известными математическими зависимостями.

Расход хладона через насадок Q_m определяется по формуле

$$Q_m = \mu A \sqrt{2gH}, \quad (4.8)$$

где μ – коэффициент расхода через насадок; A – площадь выпускного отверстия насадка, м^2 ; H – напор у насадка, м.

Потери напора на участке трубопровода длиной L определяются по формуле Дарси – Вейсбаха

$$\Delta h = \lambda \frac{L v^2}{d 2g}, \quad (4.9)$$

где v – скорость потока хладона, м/с; d – диаметр трубопровода, м.

Коэффициент сопротивления λ определяется по формуле Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{n}{d} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}, \quad (4.10)$$

где n – эквивалентная шероховатость; Re – число Рейнольдса.

$$v = \frac{Q}{S}, \quad (4.11)$$

где Q – расход хладона, $\text{м}^3/\text{с}$; S – площадь сечения трубопровода, м^2 .

Расчетный минимальный напор H_{\min} в модуле с хладонном складывается из потерь напора в трубопроводах, фасонных частях, запорной арматуре и свободного напора перед диктующим выпускным насадком распылителем. Минимальное давление P_{\min} в модуле, МПа, к концу истечения хладона равно:

$$P_{\min} = H_{\min} \gamma \cdot 10^{-6}. \quad (4.12)$$

Расчетное давление сжатого воздуха (азота) в модуле, МПа, определяется по формуле

$$P_{\max} = P_{\min} (V_{\max}/V_{\min})^{1,4} + 0,1, \quad (4.13)$$

где V_{\max} – объем модулей и трубопроводов, м³; V_{\min} – объем воздуха (азота) в модулях, м³.

Давление наддува ГОС принимается в диапазоне 3,0–4,5 МПа для модульных и 4,5–6,0 МПа для централизованных установок.

Расчетное время выпуска хладона в помещение определяется из выражения

$$\tau = \frac{V_{\min}}{k_1} \left\{ \frac{0,588}{P_{\min}^{0,5}} \left[1 - \left(\frac{P_{\min}}{P_{\max}} \right)^{0,5} \right] + \frac{0,162}{P_{\min}^{1,5}} \left[1 - \left(\frac{P_{\min}}{P_{\max}} \right)^{1,5} \right] \right\}, \quad (4.14)$$

где k_1 – коэффициент проводимости, определяется по формуле

$$k_1 = \frac{Q_{\min}}{\sqrt{P_{\min}}}, \quad (4.15)$$

где Q_{\min} – минимальный расход хладона, м³/с.

Время выпуска в помещение расчетной массы ГОС принимается равным $\tau_{\text{под}} < 10$ с для модульных АУГП, где применяются хладоны и SF₆; $\tau_{\text{под}} < 15$ с для централизованных АУГП, где применяются хладоны и SF₆. Следует указать, что время выпуска ГОС является важным параметром функционирования УАГП, так как оно определяет фактическую интенсивность подачи хладона в защищаемое помещение I , кг/с·м³, которая в свою очередь, обеспечивает эффективность процесса тушения пожара. При превышении нормативного времени выпуска огнетушащего средства следует увеличить давление наддува ГОС в модуле. Если это мероприятие не позволяет выполнить нормативные требования, то необходимо увеличить объем газа вытеснителя в каждом модуле, т. е. уменьшить коэффициент заполнения модуля, что влечет за собой увеличение общего количества модулей в установке газового пожаротушения.

Выполнение нормативных требований соблюдения 20%-ной разницы расходов между насадками достигается уменьшением суммарной площади выходных отверстий насадков.

В НПО «Пожарная автоматика сервис» совместно с ЦНИИ 26 МО РФ была разработана методика расчета УАГП с применением сжиженных газовых огнетушащих составов. В основе расчета использован графический метод решения системы уравнений, описывающих процесс выпуска огнетушащего средства из модулей по трубной разводке, для оценки приведенного массового расхода ГОС.



Критерием правильности проведенного расчета и выбора диаметров трубопроводов является величина времени выпуска ГОС в помещение. Расход из установки Q определяется из выражения

$$Q = I \mu f N, \quad (4.16)$$

где I – массовый расход ГОС, $\text{кг/с}\cdot\text{м}^2$; μ – коэффициент расхода насадка; f – площадь насадка; N – число насадков.

Далее производится проверочный расчет системы графическим методом, при котором решается система уравнений. В результате определяется приведенный массовый расход I и время выпуска ГОС в зависимости от термодинамического параметра Y (рис. 4.43):

$$I = \frac{1}{\mu f} \sqrt{\frac{Y}{A}} = K \sqrt{Y}, \quad (4.17)$$

$$I = f(Y). \quad (4.18)$$

В расчетах принимается, что давление в модулях составляет постоянную величину $P = 4$ МПа или $P = 15$ МПа. В МИЖУ $P = 2$ МПа.

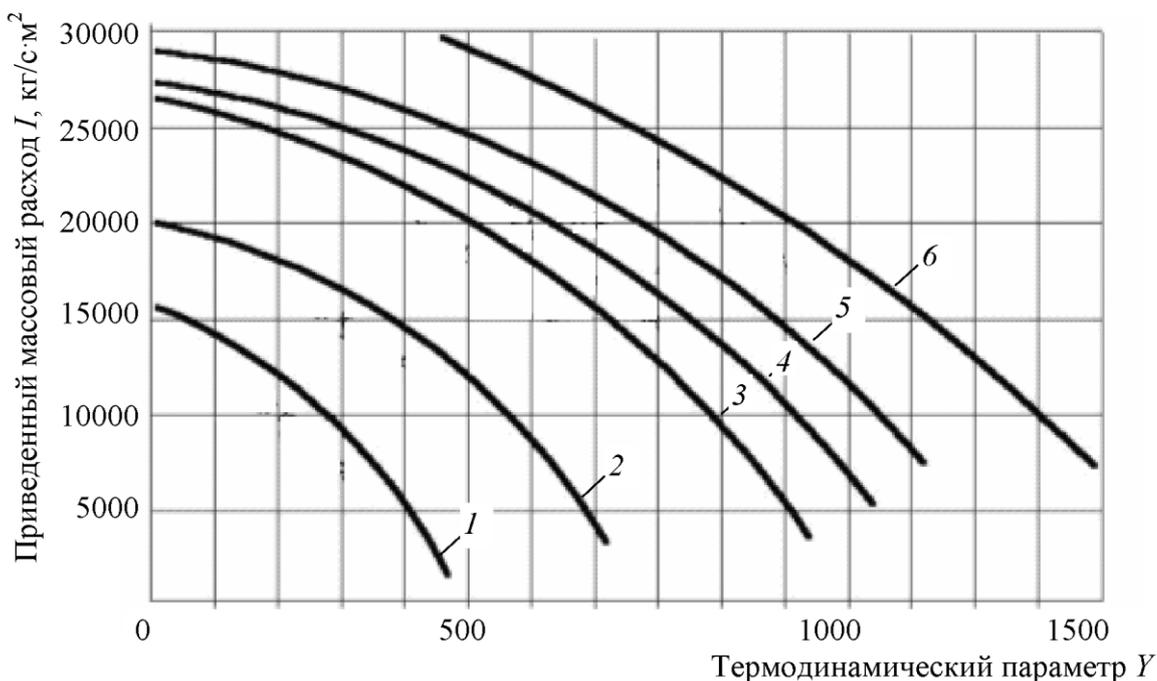


Рис. 4.43. Зависимость между приведенным расходом I и параметром Y :
 1 – CO_2 ; $K_3 = 0,9$; $P = 20$; 2 – CF_6 ; $K_3 = 1,1$; $P = 40$; 3 – $\text{C}_2\text{F}_5\text{H}$; $K_3 = 0,9$; $P = 40$;
 4 – ТФМ-18; $K_3 = 0,86$; $P = 150$; 5 – CO_2 ; $K_3 = 0,7$; $P = 150$; 6 – $\text{C}_3\text{F}_7\text{H}$; $K_3 = 1,19$; $P = 40$

Следует отметить, что методика предполагает использование вспомогательных данных и математических зависимостей в виде графиков функций применительно к конкретным типам используемых газовых составов.

Для того чтобы упростить проведение рутинных математических вычислений, в ведущих отечественных и зарубежных фирмах разработаны специальные программы гидравлического расчета УАГП с использованием компьютерной техники.

Так, в ЗАО «АРТСОК» разработана программа расчета на языке Fortran, которая получила название «2АБР». Методика расчета разработана применительно к хладонам 125, 227ea, 318Ц.

При проведении расчетов, в соответствии с геометрией защищаемого помещения, производится трассировка участков сети газовой АУП. В программу вносятся исходные данные по количеству модулей, их типу, высотным отметкам, диаметрам трубопроводов, площади отверстий выпускных насадков и их количеству. В расчетах уточняют основные параметры движения ГОС в трубопроводах, предполагая, что осуществляется нестационарное двухфазное движение жидкости, насыщенной газом-вытеснителем. На принтер выводятся мгновенные значения параметров потока ГОС, времени выхода 95 % и 100 % массы хладона, расходы через насадки, время опорожнения системы, распределения скоростей, массового расхода в отводах и др.

С математической точки зрения решается задача по расчету нестационарных полей давления, плотности и скорости ГОС при его движении по трубопроводам, в процессе истечения из модулей и насадков. Трубопроводная сеть УАГП разбивается на элементарные ячейки и для каждого элементарного объема записываются уравнения неразрывности, количества движения и уравнение состояния. Уравнение сохранения массы представлено в виде:

$$\frac{dP_k}{d\tau} = \frac{\sum_{m=1}^j G_{k,m}}{V_k}, \quad (4.19)$$

где $G_{k,m}$ – расход среды из ячейки с номером k в соседнюю с номером m ; V – объем k -й ячейки.

Расход ГОС из ячейки в ячейку определяется из уравнения движения:

$$\frac{dG_{k,k+1}}{d\tau} = \frac{L}{\frac{\Delta L_k}{2f_k} + \frac{\Delta L_{k+1}}{2f_{k+1}}} \left[P_k - P_{k+1} + \Delta h p_{k,k+1} - \frac{G_{k,k+1}}{2f_{k+1}^2} \left(\frac{\zeta_k}{P_k} + \frac{\zeta_{k+1}}{P_{k+1}} \right) \right], \quad (4.20)$$

где ΔL – линейный размер ячейки; P – давление в ячейке; f – сечение ячейки.

Вывод результатов расчета на монитор и принтер организован удобно, без использования дополнительных пояснений для их чтения. Однако расчетная программа адаптирована только для оборудования ЗАО «АРТСОК», хотя очевидно, что ее можно применять для расчета и других типов УАГП.

Результаты расчета, по данным авторов разработки, с точностью до 15 % совпадают с экспериментальными данными для модулей МГП и позволяют математически более точно описать процессы, происходящие на коротких участках труб за малый период времени.

Ведущие зарубежные производители оборудования УАГП, как правило, имеют собственные программы проверочного расчета, одобренные национальными страховыми компаниями.

1.2. Расчет установок углекислотного пожаротушения

Расчетная масса двуокиси углерода, хранящейся в установке, определяется по формуле

$$M_r = K_1 [M_p + M_{тр} + M_{\delta} n], \quad (4.21)$$

где M_p – масса ГОС, предназначенная для создания в объеме помещения огнетушащей концентрации, для ГОС – двуокиси углерода и сжатых газов:

$$M_p = V_p \rho_1 (1 + K_2) \ln \frac{100}{100 - C_n}. \quad (4.22)$$

Для установок локального пожаротушения расчетный объем V_p определяется произведением высоты защищаемого агрегата или оборудования (площадь проекции) на поверхность пола. При этом все расчетные габариты (длина, ширина и высота) агрегата или оборудования должны быть увеличены на 1 м. Нормативная массовая огнетушащая концентрация при локальном тушении по объему двуокисью углерода составляет 6 кг/м³.

Движение двуокиси углерода и комбинированных составов с использованием CO₂ происходит в виде двухфазной газожидкостной смеси. Эксперименты показали, что это движение может иметь разные формы:

- эмульсионное – смесь движется однородно (сифонная трубка МГП, коллектор);
- раздельное движение (горизонтальные участки трубопроводов на конечной стадии работы МГП при снижении рабочего давления) – жидкая фаза движется в нижней части, газовая – в верхней части сечения трубы;
- импульсное короткими объемами (пробками) – в конце истечения при неоптимально принятых диаметрах трубопроводов;
- распыленное – жидкая фаза в виде мелких капель выносится движущимся газовым потоком.

Отдельным формам движения соответствуют пульсации. Условия взаимодействия и переходные формы движения определяются диаметрами принятых трубопроводов, скоростями движения фаз, давлением, а также характером участков ответвлений. Картина усложняется нестационарным характером процесса движения CO₂ в связи с переменными во времени величинами давления, расхода и скорости движения.

Сложность протекающих процессов хорошо иллюстрирует зависимость изменения удельного веса углекислоты от давления и температуры (рис. 4.44). На линии насыщения, разделяющей области нахождения жидкой углекислоты и ее насыщенного пара - углекислого газа, удельный вес жидкой CO₂ изменяется от 1180 кг/м (при температуре $T = -56,6$ °С и давлении $P = 5,28$ кг/см), в этой точке А

углекислота существует одновременно в газообразном, жидком и твердом состоянии, до 468 кг/м (при температуре $T = +31,04\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении $P = 75,28\text{ кг/см}$). Это критическая точка (В), выше которой может быть только газообразная углекислота.

Для указанных значений давления и температуры плотность пара изменяется соответственно от $\rho_1 = 13,9\text{ кг/м}$ до $\rho_2 = 468\text{ кг/м}$. Математические модели с точным описанием процесса сложного движения ГОС в трубопроводах УАГП, при изменяющихся параметрах давления, температуры и плотности углекислоты, до настоящего времени не разработаны. Поэтому на практике используются упрощенные виды расчетов.

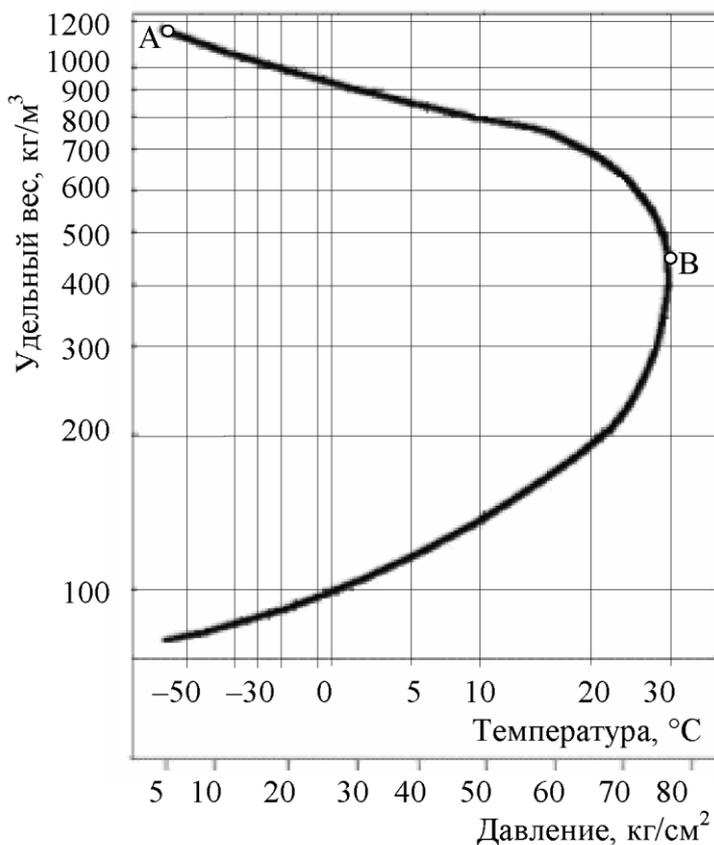


Рис. 4.44. Зависимость удельного веса углекислоты от давления и температуры

Среднее давление в модуле (резервуаре) p_m , МПа, определяется по формуле

$$p_m = 0,5(p_1 + p_2), \quad (4.23)$$

где p_1 – давление в модуле, МПа; p_2 – давление в модуле в конце выпуска расчетного количества двуокиси углерода, МПа. Средний расход двуокиси углерода Q_m , $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$, определяется по формуле

$$Q_m = \frac{m}{t}, \quad (4.24)$$

где m – расчетное количество двуокиси углерода, кг; t – нормативное время подачи двуокиси углерода, с.

Гидравлический расчет установок углекислотного пожаротушения отличается от расчета остальных систем. Это связано со сложными явлениями, возникающими при течении двухфазной жидкости по трубопроводам. Поэтому многие аналитические выражения, принятые в методике, установлены экспериментальным путем. По данным зарубежных авторов, в установках с CO_2 максимальная пропускная способность магистральных и распределительных трубопроводов различного диаметра с увеличением длины уменьшается.

Внутренний диаметр магистрального трубопровода d_i , м, равен

$$d_i = 9,6 \cdot 10^{-3} \left[(k_4)^{-2} (Q_m)^2 l_1 \right]^{0,19}. \quad (4.25)$$

Среднее давление в питающем (магистральном) трубопроводе в точке ввода его в защищаемое помещение

$$p_3(p_4) = 2 + 0,568 \cdot \ln \left[1 - \frac{2 \cdot 10^{-11} (Q_m)^2 l_2}{(d_i)^{5,25} (k_4)^2} \right], \quad (4.26)$$

где l_2 – эквивалентная длина трубопроводов, м:

$$l_2 = l_1 + 69 d_i^{1,25} \varepsilon_1, \quad (4.27)$$

где ε_1 – сумма коэффициентов сопротивления фасонных частей трубопроводов.

Рассматривая особенность движения CO_2 в трубопроводах различной длины, следует учитывать инерционность установки (промежуток времени от момента подачи сигнала на пуск до начала истечения ГОС из модуля, батареи), которая не должна превышать 15 с. Средний расход через насадок Q_m , $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$, определяется по формуле

$$Q_m = 4,1 \cdot 10^3 \mu k_5 A_3 \sqrt{\exp(1,76 p'_m)}, \quad (4.28)$$

где μ – коэффициент расхода через насадок; A_3 – площадь выпускного отверстия насадка, м; k_5 – коэффициент, определяемый по формуле

$$k_5 = 0,93 + \frac{0,03}{1,025 - 0,5 p'_m}. \quad (4.29)$$

Пропускная способность трубопроводов УАГП зависит от давления в трубопроводе P , кг/см², удельного веса ГОС – γ , кг/м³, длины трубопровода L , м, и удельного сопротивления трубопровода A и может быть представлена выражением

$$G = 0,1 \sqrt{\frac{P_1 \gamma_1}{2AL}}. \quad (4.30)$$

На рис. 4.45 представлен график определения давления в МИЖУ в конце выпуска CO₂.

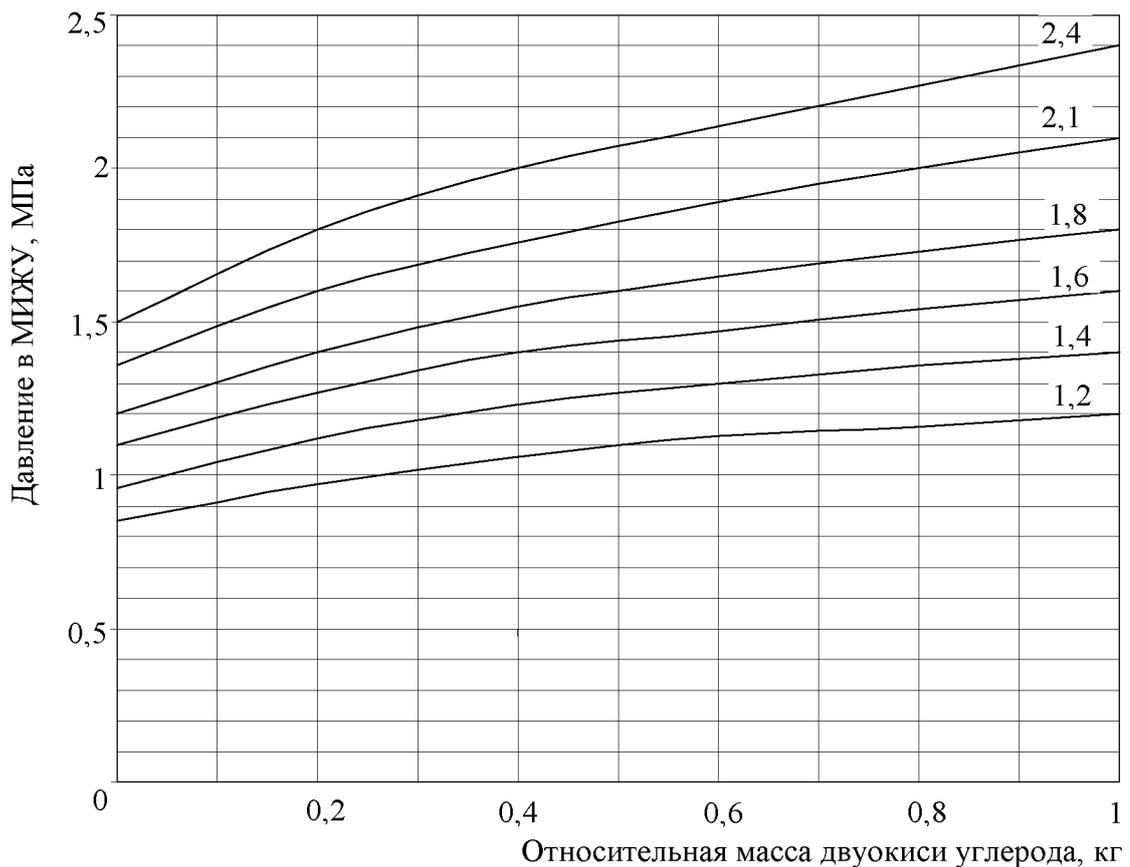


Рис. 4.45. График определения давления в МИЖУ в конце выпуска CO₂

Количество насадков ξ_1 определяется по формуле

$$\xi_1 = \frac{Q_m}{Q'_m}. \quad (4.31)$$

Внутренний диаметр распределительного трубопровода d'_i , м, рассчитывается, исходя из условия $d'_i \geq 1,4d\sqrt{\xi_1}$, где d – диаметр выпускного отверстия насадка.

Время выпуска двуокиси углерода в помещение определяется по формуле

$$\tau = \frac{0,95M_{\Gamma}}{G_{\text{ср}}}, \quad (4.32)$$

где $G_{\text{ср}}$ – средний за время подачи расход ГОС, кг/с.

Время выпуска в помещение расчетной массы ГОС для УАГП с углекислотой принимается из условия $\tau_{\text{под}} < 60$ с.

Время подачи ГОС при локальном тушении не должно превышать 30 с.

1.3. Расчет установок пожаротушения с регенерированными озоноразрушающими газовыми огнетушащими составами

В настоящее время существует большое количество объектов, которые защищаются эффективными газовыми огнетушащими составами - хладон 114В2 (тетрафтордибромэтан - $C_2F_4Br_2$), 13В1 (трифторбромметан - CF_3Br) и углекислотно-хладоновый состав 85/15 (85 % CO_2 , 15 % хладона 114В2). Замена таких систем более современными на действующих объектах бывает технически невозможной или экономически нецелесообразной. Поэтому на практике широко используется метод регенерации, т. е. восстановления систем в их начальное состояние.

Регенерированные озоноразрушающие газовые огнетушащие составы (РГОС) могут использоваться в установках объёмного пожаротушения и в установках локального пожаротушения по объёму для противопожарной защиты только особо важных объектов. К ним относятся следующие помещения, здания, сооружения:

- представляющие историческую или культурную ценность национального или мирового значения (музеи, картинные галереи, библиотеки и т. п.);

пожар на которых может привести к массовой гибели людей, к экологической катастрофе национального масштаба (стационарные и транспортные ядерные энергетические установки, объекты по добыче, транспортировке и переработке нефти и газа);

– применение для противопожарной защиты которых заменителей озоноразрушающих огнетушащих газов или альтернативных им огнетушащих веществ приведет к невыполнению общефедеральных программ, жизненно важных для функционирования государства, его безопасности и обороны (объекты космического назначения, авиационные двигатели военного и гражданского назначения, отсеки военной техники);

– обеспечивающие функционирование центров управления воздушным движением и командных пунктов управления родами войск.

В расчетах с РГОС (исходные данные для расчетов - в табл. 4.16) рекомендуется использовать методику, предложенную канд. техн. наук А. Ф. Жевлаковым и докт. техн. наук В. М. Николаевым (ФГУ ВНИИПО МЧС РФ).

Таблица 4.16

Исходные данные для расчета массы регенерированных газовых огнетушащих составов (РГОС) при объёмном тушении

Наименование огнетушащего состава	Класс пожара по ГОСТ 27331	Плотность газа при $P = 101,3$ кПа и $T = 20$ °С, кг/м ³	Нормативная объемная огнетушащая концентрация, % (об.)
Углекислотно-хладонный состав 85/15	А и В	3,23	12,0
Хладон 13В1	А и В	6,2	5,0
Хладон 114В2	А и В	10,9	2,24

Для хладонов 114В2 и 13В1 расчетное количество РГОС определяется из выражения

$$M_p = V_p \rho_1 (1 + K_2) \frac{C_H}{100 - C_H}. \quad (4.33)$$

Для комбинированного углекислотно-хладонового состава расчетное количество РГОС определяется из выражения

$$M_p = V_p \rho_1 (1 + K_2) \ln \frac{100}{100 - C_H}. \quad (4.34)$$

Площадь поперечного сечения рядка F_p , на котором установлено n_i насадков, рассчитывают по формуле

$$F_p = A_p F_H n_i, \quad (4.35)$$

где A_p – коэффициент, принимаемый равным от 1,2 до 1,3; F_H – площадь проходного сечения насадка; n_i – количество насадков, расположенных на одном рядке.

По рассчитанным значениям подбирают стандартные трубопроводы. При выборе схемы распределительной сети трубопроводов рекомендуется использовать симметричные и сбалансированные системы трубных разводов.

Необходимо учитывать в трассировке сети, что разделение потоков двухфазной среды должно происходить в горизонтальной плоскости и соотношение расходов в тройниках при использовании несимметричных схем не должно превышать соотношения 2/3.

Суммарный внутренний объем трубопроводов не должен превышать 80 % объема жидкой фазы газового огнетушащего вещества (РГОС), хранящегося во всех модулях установки, который определяется по формуле

$$V_{\text{ж}} = M_{\text{Г}} / \rho_{\text{Гж}},$$

где $V_{\text{ж}}$ – объем жидкой фазы в модулях установки; $M_{\text{Г}}$ – масса газового состава, хранящегося в модулях установки; $\rho_{\text{Гж}}$ – плотность жидкой фазы газового состава, при заданных начальных условиях хранения.

Суммарная площадь проходных сечений насадков установки $F_{\text{сн}}$ определяется по формуле

$$F_{\text{сн}} = M_{\text{Г}} / J \mu t_{\text{н}}, \quad (4.36)$$

где $M_{\text{Г}}$ – масса газового состава, необходимая для создания в защищаемом помещении нормативной огнетушащей концентрации; J – ориентировочный приведенный расход газового состава; μ – коэффициент расхода насадков, определяемый по справочным данным; $t_{\text{н}}$ – нормативное время подачи газового состава.

Суммарный массовый расход газового состава определяется по формуле

$$G_{\Sigma} = J \mu F_{\text{сн}}, \quad (4.37)$$

$$F_{\text{сн}} = F_{\text{н}} n_{\Sigma}, \quad (4.38)$$

где $F_{\text{н}}$ – площадь проходного сечения одного насадка. Для конкретного участка трубопровода эквивалентные длины определяются по формуле

$$L_i = 76,4 \xi_i D_{\text{М}}^{1,25}, \quad (4.39)$$

где L_i – эквивалентная длина участка трубопровода, ξ_i – коэффициент

гидравлического сопротивления модуля (батареи), сборки модулей, распределительного устройства, местного сопротивления; D_M – диаметр магистрального трубопровода, м.

$$L_i = L_i^1 (D_M/D_i)^{1,25}, \quad (4.40)$$

где L_i^1 – эквивалентная длина элемента, принимаемая в соответствии с технической документацией, м; D_i – внутренний диаметр элемента.

Эквивалентная длина нескольких элементов (батарей, модулей), имеющих равные эквивалентные длины и соединенных параллельно, определяется по формуле

$$L_p = L_i / n^2. \quad (4.41)$$

Эквивалентная длина двух элементов с различной эквивалентной длиной, соединенных параллельно, определяется по формуле

$$L = \frac{L_1 L_2}{(L_1^{0,5} + L_2^{0,5})^2}. \quad (4.42)$$

Эквивалентная длина магистрального трубопровода рассчитывается по формуле

$$L_{MЭ} = L_M + L_{сб} + L_{ск} + L_{пу} + L_{пов}, \quad (4.43)$$

где L_M – геометрическая длина магистрального трубопровода, $L_{сб}$, $L_{ск}$, $L_{пу}$, $L_{пов}$ – соответственно эквивалентные длины сборки модулей (батарей), стационарного коллектора, распределительного устройства, поворотов, приведенные к диаметру магистрального трубопровода, м.

Далее определяется средняя величина гидравлической характеристики разводки трубопроводов для i -го помещения:

$$P_{ср} = \frac{(P_1 + P_2 + \dots + P_k)}{k}, \quad (4.44)$$

где P_1, P_2, \dots, P_k – гидравлическая характеристика для каждого насадка в i -м помещении.

$$P_i = 1,1 \cdot 10^{-8} \left(\frac{N_i^2 L_{MЭ}}{D_M^{5,25}} + 1,1 \sum_{j=1}^k \frac{n_j^2 L_{jЭ}}{D_j^{5,25}} \right), \quad (i = 1, 2, 3, \dots, k), \quad (4.45)$$

где N_i – число насадков в i -м помещении; $D_j, L_{jЭ}$ – внутренний диаметр и эквивалентная длина j -го участка, м; n_j – число насадков, питаемых по j -му участку; k – число участков; $L_{MЭ}$ – эквивалентная длина магистрального трубопровода.

Для симметричной схемы разводки

$$P_{\text{ср}} = \frac{P_1 + P_2}{2}, \quad (4.46)$$

где P_1 и P_2 – гидравлические характеристики для диктующих насадков, давление перед которыми является наибольшим и наименьшим.

Для гидравлически сбалансированной распределительной сети

$$P_{\text{ср}} = P_{\text{к}}, \quad (4.47)$$

где $P_{\text{к}}$ – гидравлическая характеристика для любого насадка.

Приведенный расход (табл. 4.17) определяется по формуле

$$J = A + B K + C K^2 + D K^3. \quad (4.48)$$

Таблица 4.17

Ориентировочные значения приведенного расхода

Наименование РГОС	Приведенный расход J , кг/с·м ²
Хладон 114В2	15300 ± 500
Хладон 13В1	10200 ± 500
Углекислотно-хладоновый состав 85/15	11500 ± 500

$$\text{Величина } K = 1/\mu F_{\text{н}}(P_{\text{ср}})^{0,5}. \quad (4.49)$$

Числовые значения коэффициентов A , B , C , D в зависимости от вида РГОС указаны в табл. 4.18.

Далее определяется массовый расход G_{Σ} . Время подачи ГОС определяется по уравнению

$$t = M_{\text{г}}/G_{\Sigma}. \quad (4.50)$$

Числовые значения коэффициентов

Тип РГОС	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
Хладон 114В2 $P = 12,0$ МПа; $\eta = 1,0$	-1980	113,4	-0,059	$1,45 \cdot 10^{-5}$
Хладон 114В2 $P = 4,0$ МПа; $\eta = 1,5$	-2790	196,3	-0,105	$1,94 \cdot 10^{-5}$
Хладон 13В1 $P = 4,0$ МПа; $\eta = 1$	-216	46,8	-0,021	$3,4 \cdot 10^{-6}$
Углекислотно-хладоновый состав 85/15 $P = 5,8$; $\eta = 0,7$	-507	42,8	-0,024	$4,68 \cdot 10^{-6}$

Если расчетное время t превышает нормативное, необходимо увеличить диаметры трубопроводов или сократить расстояние между модулями (батареями) и насадками.

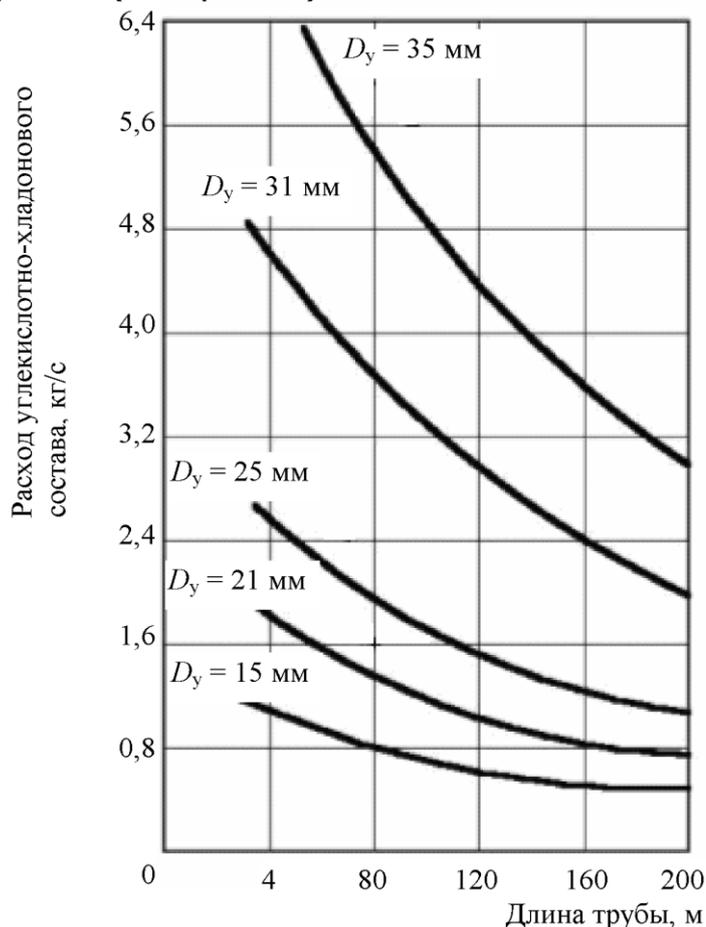


Рис. 4.46. Зависимость расхода углекислотно-хладонового состава от длины и диаметра трубопровода

Расчет времени выпуска комбинированного углекислотно-хладонового состава на практике удобно производить по графику изменения расхода смеси по трубопроводам в зависимости от их длины и диаметра (рис. 4.46).



1.4. Расчет установок с применением сжатых газов

Особенности расчета АУГП с использованием сжатых газов изложены в ВСН 21-02-01. Сжатые газы подают в защищаемое помещение с помощью струйных насадков или перфорированного трубопровода,

размещаемого по периметру помещения. Струи ГОС направляются горизонтально через отверстия диаметром 4–6 мм. При этом должно обеспечиваться отношение суммарной площади выпускных отверстий к площади поперечного сечения трубопровода в интервале 0,3–0,5. Расчетная масса для условно герметичных помещений производится по формуле

$$M_{pi} = -1,05\rho_i V \ln(1 - C_H), \quad (4.51)$$

где C_H – нормативная концентрация ГОС.

Число модулей для хранения основного запаса ГОС рассчитывается с учетом вместимости модулей V_M и коэффициента их загрузки $K_{загр}$ (табл. 4.19) по выражению

$$N = M_{pi} / K_{загр} V_M. \quad (4.52)$$

Таблица 4.19

Коэффициент загрузки модулей с ГОС в сжатом состоянии

Коэффициент загрузки, кг/л, при температуре эксплуатации 50 °С		
Азот N ₂	Аргон Ar	Инерген
0,148	0,22	0,17

Целью гидравлического расчета является выбор диаметров труб магистрального и распределительного трубопроводов, определение диаметра и числа выпускных отверстий в струйном насадке или на распределительном (допускается перфорированном) трубопроводе, расчет времени подачи ГОС в защищаемое помещение. Расчетное время подачи сжатого ГОС в помещение определяется по формуле

$$\tau = A \sqrt{K_i}, \quad (4.53)$$

где A – коэффициент, учитывающий изменение массы ГОС в модулях в процессе подачи; K_i – приведенная гидравлическая характеристика трубной разводки. Коэффициент A находится из выражения

$$A = a V_M N_M \left[\left(M_0 / M_p \right)^b K_{загр} / P_M \right]^{0,5} \left[\left(\frac{1}{1 - \frac{0,95 M_{pi}}{K_{исп} M_p (\max)}} \right)^c - 1 \right], \quad (4.54)$$

где a , b , c – числовые коэффициенты (табл. 4.20); V_M – вместимость модуля, м³; N_M – число модулей в сборке (батареи); $K_{загр}$ – коэффициент загрузки модуля, кг/м³; $M_p (\max)$ – расчетная масса ГОС для максимального помещения, кг; M_0 – фактическая масса ГОС; $K_{исп}$ – коэффициент использования b .

$$M_0 = V_M N_M K_{загр}. \quad (4.55)$$

Таблица 4.20

Числовые коэффициенты ($P_p = 15,0$ МПа)

Коэффициенты	N ₂	Ar	Инерген
A	5	3	4
B	0,4	0,67	0,5
C	0,2	0,33	0,25
B	0,0182	0,0169	0,0177
C	2,13	1,9	2,0

Для выпуска сжатых газов используются струйные насадки или перфорированные трубопроводы. Приведенная гидравлическая характеристика определяется из выражения

$$K_i = K_{Mi} + K_{PMi}, \quad (4.56)$$

где K_{Mi} и K_{PMi} – приведенная гидравлическая характеристика магистрального и перфорированного трубопровода.

$$K_{Mi} = \frac{BL_{\text{OM}}}{D_M^{5,25}}; \quad (4.57)$$

$$K_{PMi} = \frac{C}{0,36f^2 N_{\text{отв}}^2}, \quad (4.58)$$

где f – площадь выпускного отверстия, м²; $N_{\text{отв}}$ – число выпускных отверстий в перфорированном трубопроводе.

Для перфорированного трубопровода должно выполняться условие

$$0,3 \leq \left(\frac{fN_{\text{отв}}}{f_{\text{пт}}} \right) \leq 0,5, \quad (4.59)$$

где $f_{\text{пт}}$ – площадь сечения перфорированного трубопровода, м².

Геометрический баланс в отношении магистрального и перфорированного трубопровода соблюдается при условии

$$D_M \geq d_{\text{пт}} \sqrt{n_{\text{пт}}}, \quad (4.60)$$

где $n_{\text{пт}}$ – число перфорированных трубопроводов ($n_{\text{пт}} = 2$); $d_{\text{пт}}$ – диаметр перфорированного трубопровода.

Отсюда следует

$$\sqrt{0,3} \leq \frac{d}{d_{\text{пт}}} \sqrt{N_{\text{отв}}} \leq \sqrt{0,5}, \quad (4.61)$$

где d – диаметр выпускного отверстия.

1.5. Методика расчета сбросных отверстий

Для того чтобы исключить разрушение ограждающих и строительных конструкций защищаемого помещения при резком повышении давления, вызванном выпуском ГОС из насадков, часто требуется устройство специальных сбросных отверстий. Площадь проема для сброса избыточного давления F_c , м², определяется по формуле

$$F_c \geq \frac{K_2 K_3 M_P}{0,7 K_1 \tau_{\text{под}} \rho_1} \sqrt{\frac{\rho_v}{7 \cdot 10^6 \cdot P_a \left[\left(\frac{P_{\text{пр}} + P_a}{P_a} \right)^{0,2857} - 1 \right]}} - \sum F, \quad (4.62)$$

где $P_{\text{пр}}$ – предельно допустимое избыточное давление, которое определяется из условия сохранения прочности строительных конструкций защищаемого помещения или размещенного в нем оборудования, МПа; P_a – атмосферное давление, МПа; ρ_v – плотность воздуха в условиях эксплуатации защищаемого помещения, кг·м⁻³; K_2 – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,2; K_3 – коэффициент, учитывающий изменение давления при его подаче; $\tau_{\text{под}}$ – время подачи ГОТВ, определяемое из гидравлического расчета, с; $\sum F$ – площадь постоянно открытых проемов (кроме сбросного проема) в ограждающих конструкциях помещения, м².

Для ГОТВ – сжиженных газов коэффициент $K_3 = 1$.

Для ГОТВ – сжатых газов коэффициент K_3 принимается равным: для азота – 2,4; для аргона – 2,66; для состава инерген – 2,44.

Если значение выражения в правой части неравенства меньше или равно нулю, то проем (устройство) для сброса избыточного давления не требуется.

2. Испытание смонтированных установок газового пожаротушения

2.1. Общие сведения

Испытания смонтированных УАГП - важнейший этап в организации надежного функционирования системы пожаротушения. Испытания производят перед сдачей установок в эксплуатацию и в период эксплуатации не реже одного раза в 5 лет. Для этого назначается специальная рабочая комиссия, в состав которой входят и представители ГПС. Испытания УАГП проводят согласно требованиям

СНиП 3.05.05-84 [40], НПБ 88-2001* [19], ГОСТ Р 50969-96 [31], РД 78.145-93 [41] и ВСН 25-09.67-85 [42]. Испытания установок, как правило, осуществляют организации, монтирующие или эксплуатирующие установки, а также имеющие соответствующие лицензии. Испытания оформляются специальным актом. При приемке установок в эксплуатацию монтажная и наладочная организации должны предъявить:

- исполнительную документацию (комплект рабочих чертежей с внесенными в них изменениями);

- паспорта или другие документы, удостоверяющие качество изделий, оборудования и материалов, примененных при производстве монтажных работ.

Испытания установок по проверке времени срабатывания, продолжительности подачи ГОС и огнетушащей концентрации ГОС в объеме защищаемого помещения не являются обязательными. Необходимость их экспериментальной проверки определяет заказчик или, в случае отступления от норм проектирования, влияющих на проверяемые параметры, должностные лица органов управления и подразделений ГПС при осуществлении надзорных функций.

2.2. Методика проведения испытаний установок автоматических газового пожаротушения

Испытания проводят при нормальных климатических условиях, если методикой испытаний не оговорены особые условия. Испытание на взаимодействие элементов установки проводят с использованием сжатого воздуха вместо ГОС. Модули с ГОС отключают от установки. Вместо них (модулей) к пусковым цепям установки подключают имитаторы (электропредохранители, лампы, самопишущие приборы, пиропатроны и т. п.) и один-два баллона, наполненные сжатым воздухом до давления, соответствующего давлению в сосудах с ГОС. Автоматический пуск установок осуществляют путем срабатывания необходимого количества пожарных извещателей или имитирующих их устройств в соответствии с проектной документацией на установку.

Проверку времени срабатывания проводят при автоматическом пуске установки. Измеряется время от момента срабатывания последнего пожарного извещателя до момента начала истечения ГОС из насадка, после чего подача ГОС может быть прекращена. При испытаниях моменты начала или окончания истечения ГОС из насадка

необходимо определять с помощью термодар, датчиков давления, газоанализаторов, аудио- и видеозаписи струй (сжиженных ГОС) или другими объективными методами контроля.

Допускается вместо ГОС, которые при хранении в модуле представляют собой сжатый газ, применять другой инертный газ или сжатый воздух. Давление газа в модуле должно быть равно расчетному давлению ГОС в установке. Измеренное время без учета времени задержки на эвакуацию людей, остановку технологического оборудования и т. п. соответствует требованиям, т. е. не более 15 с. Испытание по определению продолжительности подачи ГОС, которое при хранении представляет собой сжиженный газ, проводят следующим образом. В модули установки заправляют 100 % массы ГОС, требуемой для создания нормативной огнетушащей концентрации в защищаемом помещении. Осуществляют пуск установки и подачу ГОС в защищаемое помещение. Измеряют время от момента начала истечения из насадка до момента окончания истечения из насадка жидкой фазы ГОС.

Обеспечение нормативной огнетушащей концентрации ГОС в защищаемом помещении проверяют измерением концентрации ГОС при холодных испытаниях или по факту тушения модельных очагов пожара при огневых испытаниях. Точки измерения концентрации (модельные очаги пожара) располагают на уровнях 10, 50 и 90 % от высоты помещения. Количество и места расположения точек измерения концентрации (модельных очагов пожара) на каждом уровне определяется методикой проведения испытаний. Места расположения точек измерения концентрации (модельных очагов пожара) не должны находиться в зоне непосредственного воздействия струй ГОС, подаваемых из насадков. При холодных испытаниях концентрацию ГОС измеряют газоанализатором.

При огневых испытаниях используют модельные очаги пожара - емкости с горючей нагрузкой, в качестве которой, как правило, применяют характерные для защищаемого помещения горючие материалы. Количество горючего материала определяют методикой испытаний, оно должно быть достаточным для обеспечения продолжительности горения в течение не менее 10 мин после начала подачи ГОС в защищаемое помещение. После зажигания модельных очагов пожара и выдержки времени свободного горения, устанавливаемого методикой испытаний, осуществляют ручной пуск установки. Фиксируют моменты тушения. При холодных испытаниях установку считают выдержавшей испытания, если концентрация ГОС

во всех точках измерения достигает значений не ниже нормативной за время не более 5 мин с момента начала подачи ГОС. При огневых испытаниях установку считают выдержавшей испытания, если все очаги потушены за время не более 5 мин с момента начала подачи ГОС и повторное воспламенение не произошло за время не менее 15 мин. Проверку массы ГОС и газа-вытеснителя в сосуде выполняют взвешиванием на весах или расчетом на основе результатов измерения уровня, температуры, давления.

При испытании трубопроводов УАГП и их соединений на прочность в качестве жидкости-наполнителя используют воду. Подъем давления проводят по ступеням: первая ступень - 0,05 МПа; вторая ступень - $0,5 P_1$ ($0,5 P_2$); третья ступень - p_1 (P_2); четвертая ступень - $1,25 P_1$ ($1,25 P_2$). На промежуточных ступенях подъема давления производят выдержку в течение 1-3 мин. Под давлением $1,25 P_1$ ($1,25 P_2$) трубопроводы выдерживают 5 мин. Затем давление снижают до P_1 (P_2) и производят осмотр. Допускается применение сжатого инертного газа или воздуха вместо испытательной жидкости при соблюдении требований техники безопасности.

Проверку автоматического и ручного дистанционного пуска установки выполняют без выпуска из установки ГОС. Сосуды с ГОС отключают от пусковых цепей и подключают имитаторы. Поочередно осуществляют автоматический, дистанционный пуск установки и фиксируют срабатывание всех имитаторов в пусковых цепях. Проверку автоматического и ручного дистанционного пуска установки выполняют без выпуска из установки ГОС. После пуска установки в защищаемом помещении контролируют включение устройств светового (световой сигнал в виде надписи на световых табло «Газ - уходи!») и звукового оповещения. Измеряют время с момента включения устройств оповещения до момента срабатывания имитаторов, установленных в пусковых цепях установки. Затем проверяют включение устройства светового оповещения (световой сигнал в виде надписи на световом табло «Газ - не входите!») перед защищаемым помещением. Результаты испытаний оформляются соответствующими актами.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ 1.5.2. РАСЧЕТ УСТАНОВОК ПОРШКОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

ВОПРОСЫ

1. Расчет установок порошкового пожаротушения.

- 1.1. Особенности проектирования установок порошкового пожаротушения.
- 1.2. Расчет автоматических установок порошкового пожаротушения модульного типа.
- 1.3. Расчет импульсных установок порошкового пожаротушения.
2. Особенности размещения, монтажа и эксплуатации установок порошкового пожаротушения.
 - 2.1. Требования к размещению оборудования установок порошкового пожаротушения.
 - 2.2. Требования к защищаемым помещениям.
 - 2.3. Требования к монтажу, испытаниям и сдаче в эксплуатацию.
 - 2.4. Особенности эксплуатации установок порошкового пожаротушения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабуров В.П., Бабуринов В.В., Фомин В.И., Смирнов В.И. Производственная и пожарная автоматика. Ч. 2. Автоматические установки пожаротушения: Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. –298 с. (с. 185-195).

1. Расчет установок порошкового пожаротушения

1.1. Особенности проектирования установок порошкового пожаротушения

Особенности проектирования установок порошкового пожаротушения сводятся к следующему [36].

Тип установки выбирают в зависимости от особенностей пожарной опасности защищаемого технологического процесса. Марку порошка и способ тушения (поверхностный, объемный) принимают, руководствуясь справочными данными по порошкам.

Тип привода (тросовый или электрический) принимают в зависимости от категории пожарной опасности защищаемого помещения. Электропуск УППТ в пожаровзрывоопасных помещениях с производствами категорий А и Б допустим лишь в случае применения пожарных извещателей во взрывозащищенном исполнении. Устройства ручного дистанционного пуска (кнопки, рычаги) следует располагать у выхода из защищаемого помещения и защищать от случайного включения.

Модули допускается размещать непосредственно в защищаемом помещении. Установки можно размещать на технологических площадках, этажерках, галереях или на специальных кронштейнах.

При этом расстояние от огнетушителей до технологического оборудования должно быть не менее 5 м. При нехватке производственных площадей как исключение указанное расстояние может быть сокращено до 3 м.

Трубопроводы распределительной сети окрашивают в серый цвет, пневмокоммуникаций - в синий, узлы управления и сигнализации - в красный.

Если суммарная площадь открытых (при пожаротушении) проемов более 15 %, то принимают только поверхностное (локальное) тушение.

Расчет начинают с определения площади проходного сечения коллектора [45]. При его протяженности от централизованного источника рабочего газа до первого модуля (до 100 м) рассчитывается в зависимости от количества модулей, подсоединенных к нему:

$$f = 0,632 n, \quad (5.1)$$

где f – площадь поперечного сечения коллектора, см^2 ; 0,632 – эмпирический коэффициент, см^2 , учитывающий расход газа на один модуль, сопротивление трубопровода и т. д.; n – число модулей, шт.

Если протяженность коллектора от централизованного источника рабочего газа до первого модуля более 100 м, проходное сечение коллектора рассчитывается по общим формулам.

При этом принимают следующие данные: расход газа на один модуль $75 \text{ л}\cdot\text{с}^{-1}$; начальное давление газа в централизованном источнике 12,5 МПа, остаточное давление газа в источнике 1,5 МПа.

При объемном порошковом пожаротушении число модулей определяется, исходя из требуемого количества порошка и одиночного заряда модуля:

$$N_{\text{мод}} \geq M_{\text{п}} / M_{\text{опа}} \quad \text{или} \quad N_{\text{мод}} \geq M_{\text{п}} / V_{\text{к}} \rho K_{\text{зап}}, \quad (5.2)$$

где $M_{\text{п}}$, $M_{\text{опа}}$ – соответственно требуемая масса огнетушащего порошка и масса заряда модуля, кг; $V_{\text{к}}$ – вместимость корпуса модуля, м^3 ; ρ – насыпная плотность порошка, $\text{кг}/\text{м}^3$; $K_{\text{зап}}$ – коэффициент запаса, принимаемый равным 0,35–0,95.

Масса огнетушащего порошка $M_{\text{п}}$ определяется по формуле

$$M_{\text{п}} = K(V_{\text{защ}} q_{\text{nv}} + f_{\text{пр}} q_{\text{ндоп}}), \quad (5.3)$$

где $K = 2$ – при возможности повторного воспламенения, в остальных

случаях $K = 1$; $V_{\text{защ}}$ – объем защищаемого помещения, м^3 ; q_{nv} – объемная огнетушащая способность порошка, $\text{кг}/\text{м}^3$; $f_{\text{пр}}$ – площадь открытых при пожаре проемов, м^2 ; $q_{n\text{доп}}$ – норма дополнительной массы порошка, принимается равной $2,5 \text{ кг}/\text{м}^2$ при $f_{\text{пр}} = 1-5 \%$ и $5 \text{ кг}/\text{м}^2$ при $f_{\text{пр}} = 5-15 \%$ от площади ограждающих конструкций. При большем соотношении площадей рекомендуется применять локальное пожаротушение. При этом дополнительное количество порошка, как правило, следует использовать для организации завесы из порошковых струй у открытых проемов.

При определении объема защищаемого помещения допускается из его геометрического объема вычитать объем, занимаемый в нем негорючими строительными конструкциями, не имеющими внутреннего объема, сообщаемого с объемом защищаемого помещения.

При локальном пожаротушении по объему (снаружи технического агрегата или оборудования) расчетный объем $V_{\text{л}}$ определяется по формуле

$$V_{\text{л}} = (a + 1,5) (b + 1,5) (h + 1,5), \quad (5.4)$$

где a , b , h – соответственно длина, ширина и высота защищаемого агрегата или оборудования, м.

Насадки для выпуска порошка при объемном пожаротушении должны размещаться таким образом, чтобы порошок равномерно распределялся во всем объеме защищаемого помещения; при локальном пожаротушении по объему порошковые струи должны быть направлены на поверхность оборудования, находящегося в защищаемом объеме.

Общее число модулей $N_{\text{мод}}$ при тушении порошком по площади (поверхности) определяется как наибольшее из двух значений:

$$N_{\text{мод}} = \max \{N_{\text{мод1}} N_{\text{мод2}}\}, \quad (5.5)$$

где $N_{\text{мод1}}$ – число модулей, определяемое необходимым количеством порошка; $N_{\text{мод2}}$ – число модулей, определяемое соотношением всей защищаемой площади и площади, защищаемой одним модулем.

Число модулей $N_{\text{мод1}}$ определяется по формуле (5.2). Масса порошка $M_{\text{п}}$ определяется по формуле

$$M_{\text{п}} = K F_{\text{защ}} q_{n,f}, \quad (5.6)$$

где K – имеет то же значение, что и в формуле (5.3); $F_{\text{защ}}$ – защищаемая площадь помещения или оборудования, м^2 ; $q_{n,f}$ – поверхностная огнетушащая способность порошка, $\text{кг}/\text{м}^2$.

Число модулей $N_{\text{мод2}}$ определяется по формуле

$$N_{\text{мод2}} = K F_{\text{защ}} / (F_1 n), \quad (5.7)$$

где K и $F_{\text{защ}}$ – те же величины, что и в формуле (5.6); F_1 – площадь, защищаемая одним насадком, м^2 ; n – число насадков в модуле.

Для того чтобы вся защищаемая площадь или поверхность технологического оборудования опрыскивалась огнетушащим порошком, расстояние от насадков до ограждающих конструкций не должно превышать 1,5 м. Расстояние от защищаемой поверхности (площади) до насадка должно быть не менее 2 м и не более 4,5 м.

Наибольший эффект тушения достигается при расстоянии от 3,0-3,5 м. Если в защищаемом помещении имеются технические площадки и вентиляционные короба шириной или диаметром более 0,75 м, под ним дополнительно должны устанавливаться модули, учитываемые при расчете по формуле (5.7).

Заметим, что если число модулей, определяемое по формуле (5.5), незначительно отличается от целого числа, то оно может быть сведено к целому числу посредством варьирования коэффициента заполнения модуля $K_{\text{зап}}$ либо простым округлением количества модулей в большую сторону.

Число модулей, определяемое по формуле (5.7), всегда округляется в большую сторону.

1.3. Расчет импульсных установок порошкового пожаротушения

Расчёт установок порошкового пожаротушения импульсных локального типа производится в соответствии с методикой [19]. Количество модулей импульсных порошковых (МИП) $N_{\text{л}}$, шт., определяется по формуле

$$N_{\text{л}} = \frac{S_{\text{з}}}{S_{\text{н}}} K_1 K_2 K_3, \quad (5.8)$$

где $S_{\text{з}}$ – площадь защищаемого участка (зоны), для оборудования площадь габарита оборудования, увеличивается на 10 %, м²; $S_{\text{н}}$ – нормативная площадь, м²; K_1 – коэффициент неравномерности распыления порошка, применяется при групповой установке МИП, принимается равным 1,2; K_2 – коэффициент запаса, учитывающий затенённость возможного очага пожара и зависящий от отношения площади, затенённой оборудованием S_3 , к защищаемой площади $S_{\text{з}}$, определяется по формуле

$$K_2 = 1 + 1,33 \frac{S_3}{S_{\text{з}}}; \quad \text{при } \frac{S_3}{S_{\text{з}}} \leq 0,15, \quad (5.9)$$

где S_3 – площадь затенения, определяемая как площадь части защищаемого участка, на которой возможно образование очага пожара, к которому движение порошка от МИП по прямой линии преграждается непроницаемыми для порошка элементами конструкции. При $\frac{S_3}{S_{\text{з}}} > 0,15$ рекомендуется

установка дополнительных МИП непосредственно в затенённой зоне или в положении, устраняющем затенение (при выполнении этого условия K_2 принимается равным 1);

K_3 – коэффициент, учитывающий изменение огнетушащей эффективности используемого порошка по отношению к горючему веществу в защищаемой зоне по сравнению с бензином А-76 (табл. 5.1);

K_4 – коэффициент, учитывающий степень негерметичности помещения. $K_4 = 1 + B F_{\text{нег}}$, где $F_{\text{нег}} = F/F_{\text{пом}}$ – отношение суммарной площади негерметичности (проемов, щелей) F к общей поверхности помещения $F_{\text{пом}}$, коэффициент B определяется по рис. 5.3.

Нормативная площадь S_n определяется по формуле

$$S_n = K_5 V_n^{2/3}, \quad (5.10)$$

где V_n – объём, защищаемый одним МИП выбранного типа, м^3 ; K_5 – коэффициент, характеризующий особенности распыления порошка МИП выбранного типа (определяется технической документацией на МИП).

При превышении высоты оборудования в защищаемой зоне величины $1,4 H$ (где H – высота выброса) для выбранного типа МИП установка последних осуществляется ярусами с шагом на высоте $0,8 \dots 1,4 H$ при условии, что их размещение должно обеспечивать равномерное заполнение порошком защищаемого объёма. МИП могут устанавливаться на подвесных конструкциях. При этом должны быть приняты конструктивные меры, предотвращающие последствие воздействия на подвесные элементы динамического усилия, возникающего при срабатывании МИП, равного пятикратному весу устанавливаемых модулей.

V_n и H принимаются для МИП выбранного типа в соответствии с техническими условиями разработчика-изготовителя.

Расчёт установок порошкового пожаротушения импульсных объёмного типа.

Количество МИП N , шт., необходимое для защиты помещения, определяется по формуле

$$N = \frac{V_{\text{п}}}{V_n} K_1 K_2 K_3 N_n, \quad (5.11)$$

где $V_{\text{п}}$ – объём защищаемого помещения, м^3 ; V_n – объём, защищаемый одним МИП выбранного типа, м^3 ; N_n – количество МИП, необходимое для нейтрализации утечек огнетушащего порошка через постоянно открытые проёмы, шт.

Значения коэффициентов $K_1 - K_3$ определяются аналогично расчёту УППИ локального типа.

Таблица 5.1

Коэффициент K_3 сравнительной эффективности огнетушащих порошков

при тушении различных веществ

№ п/п	Горючее вещество	Пирант-А	ПСБ-3М
1	Бензин А-76	1	0,9
2	Дизельное топливо	0,9	0,8
3	Трансформаторное масло	0,8	0,8
4	Бензол	1,1	1
5	Изопропанол	1,2	1,1
6	Древесина	2,0	–
7	Резина	1,5	–

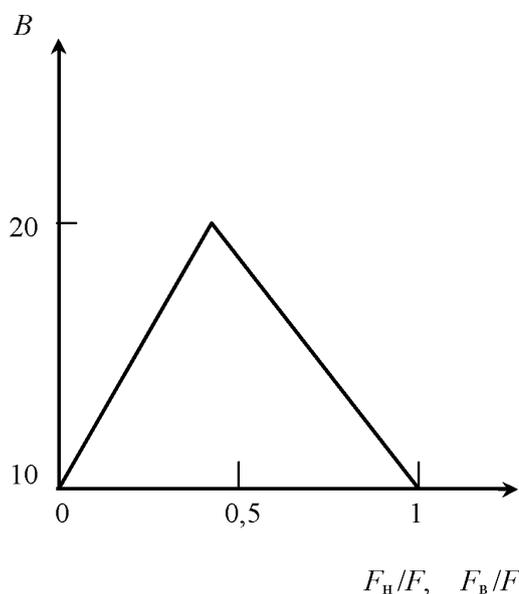


Рис. 5.3. Зависимость коэффициента B от отношения площади негерметичности верхней части F_v и нижней части F_n помещения к общей площади негерметичности F

При защите открытых технологических установок в качестве S_n принимается площадь максимального ранга очага класса В, тушение которого обеспечивается данными МПП (определяется по технической документации на МПП, m^2).

В случае получения при расчёте количества модулей дробных чисел за окончательное число модулей принимается следующее по порядку большее целое число.

Для автономных установок пожаротушения должен обеспечиваться одновременный групповой запуск всего количества модулей M , полученного по расчёту.

2. Особенности размещения, монтажа и эксплуатации установок порошкового пожаротушения

2.1. Требования к размещению оборудования установок порошкового пожаротушения

Централизованный источник рабочего газа, установка пожарной сигнализации и блок электроуправления установки должны размещаться, как правило, в специальных помещениях, отвечающих следующим требованиям: предел огнестойкости стен и перекрытий не менее 0,75 ч; высота не менее 2,5 м; пол с твердым покрытием, выдерживающим нагрузку от устанавливаемого оборудования; температура воздуха в пределах 288309 К; освещенность не менее 150 лк; среда невзрывоопасная.

Перед входной дверью снаружи должен устанавливаться светильник и табло. В обоснованных проектом случаях указанные сборочные единицы установок, кроме приемной станции пожарной сигнализации, могут быть размещены в производственных пожаробезопасных помещениях. В этом случае они должны быть огорожены остекленной перегородкой или металлической сеткой и оснащены предупредительными надписями.

Модули должны устанавливаться, как правило, в помещении соседнем с защищаемым. Помещение, в котором размещены модули, должно быть отделено от защищаемого помещения перегородкой с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Проемы в перегородке должны быть защищены трудносгораемыми дверями с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Распределительные трубопроводные сети модулей с насадками-распылителями допускается крепить к строительным конструкциям здания.

Коллектор для подачи рабочего газа и кабельную проводку рекомендуется прокладывать по эстакадам совместно с другими технологическими проводками. Коллектор и кабельная сеть должны быть защищены от механических повреждений.

Насадки для выпуска порошка при объемном пожаротушении должны размещаться таким образом, чтобы порошок равномерно распределялся во всем объеме защищаемого помещения. Насадки-распылители необходимо размещать таким образом, чтобы порошковые струи были направлены на поверхность оборудования, находящегося в защищаемом объеме.

При локальном пожаротушении насадки следует размещать так, чтобы при пожаре вся поверхность защищаемого технологического оборудования или защищаемой площади равномерно опылялась огнетушащим порошком.

Устройства дистанционного пуска установок (кнопки, рычаги) следует размещать у входа в защищаемое помещение с защитой их от случайного использования.

2.2. Требования к защищаемым помещениям

Защищаемые помещения должны иметь по возможности минимальную площадь открытых во время пожаротушения проемов. Окна и двери должны иметь автоматические доводчики.

Вентиляционные отверстия при пожаре должны автоматически перекрываться, а система вентиляции отключаться при срабатывании установки пожаротушения. По отношению к установкам типа 2б это требование невыполнимо. В этом случае необходимо компенсировать возможные утечки порошка его дополнительным количеством: при суммарной площади проемов 1-5 % от суммарной площади стен, потолка и пола помещения - на 2,5 кг на 1 м открытого проема; при суммарной площади проемов 5-15 % - на 5 кг на 1 м.

Пути эвакуации людей из помещения должны обеспечивать выход обслуживающего персонала в течение не более 30 с. Если это требование невыполнимо, то в схему автоматического управления установкой должно быть введено устройство, обеспечивающее задержку выдачи огнетушащего порошка до конца эвакуации людей из защищаемого помещения.

2.3. Требования к монтажу, испытаниям и сдаче в эксплуатацию

Монтаж установок должен производиться в соответствии с рабочими чертежами проекта и инструкциями по монтажу, прилагаемыми к поставляемым сборочным единицам. Отступление от проекта или инструкции по монтажу допускается лишь по согласованию с проектной организацией и с заводами-изготовителями сборочных 5 единиц.

Все сборочные единицы должны быть подвергнуты входному контролю в соответствии с требованиями технических условий и паспорта сборочной единицы.

Монтаж установок должен осуществляться обученным персоналом с помощью специального инструмента и оборудования, позволяющего обеспечить надлежащее качество работы.

Необходимо вести журнал монтажных работ, в котором указывается марка смонтированного оборудования, дефекты этого оборудования, выявленные при монтаже, фамилия, имя, отчество и должность ответственных за монтаж лиц из числа руководящего

технического персонала. В журнале отмечаются все отступления от проекта или инструкции по монтажу, а также указываются документы, разрешающие эти отступления.

Монтаж всех трубопроводов должен обеспечивать: прочность и плотность соединений труб и мест присоединения к ним приборов и арматуры, надежность закрепления труб на опорных конструкциях и самих конструкций на основаниях, возможность их визуального осмотра, а также их периодическую продувку.

Изменение направления трубопроводов рекомендуется выполнять из гибких труб. При необходимости для изменения направления труб можно применять стандартизированные трубные соединения.

При монтаже трубопроводов коллектора необходимо применять разъемные соединения. Допускаются сварные соединения, обеспечивающие условия движения сжатого газа.

Качество монтажных работ следует проверять при завершении каждой операции путем внешнего осмотра и пневматических испытаний в соответствии с указаниями паспорта сборочной единицы.

Коллектор для подачи рабочего газа должен быть подвергнут пневматическим испытаниям давлением 10,0 МПа в течение 120 с. Утечка газа в местах соединения трубопровода не допускается. Контроль утечки производится обмыливанием мест соединения.

После завершения монтажных работ и испытаний на прочность и плотность трубопроводы должны быть окрашены сначала защитной краской, а затем опознавательной. Опознавательная краска должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.4.026-76.

По завершении всех монтажных работ и проверки их качества установка предъявляется для приемки заказчику. Приемка должна производиться с участием представителя пожарной охраны.

По требованию заказчика установка может быть подвергнута дополнительным испытаниям (в том числе огневым), проводимым по специальной программе.

Установка в эксплуатацию принимается на основании двухстороннего акта. Другие требования к монтажу, наладке и сдаче установок в эксплуатацию следует принимать по соответствующей нормативной документации для установок водяного, пенного и газового пожаротушения, утвержденной в установленном порядке.

Технические средства УПТ должны соответствовать проектным решениям, технической документации заводов-изготовителей и иметь сертификаты соответствия.

После каждого срабатывания УПТ должны быть продуты сжатым азотом трубопроводы, по которым подавался огнетушащий порошок.

При *ежедневном техническом осмотре* необходимо:

- 1) произвести внешний осмотр для выявления возникших повреждений элементов установки;
- 2) убедиться в наличии пломб на предохранительном клапане и предохранительной чеке рукоятки пуска;
- 3) проверить наличие троса на роликах, состояние заземления;
- 4) убедиться в работоспособности сигнализации (при наличии) и соответствия давления требуемым параметрам по показаниям манометров;
- 5) проверить наличие напряжения на щите управления и состояние пожарных извещателей в установках с электропуском.

При *ежемесячном техническом обслуживании* необходимо проверить:

- состояние креплений, резьбовых соединений;
- давление в баллонах по показаниям манометров;
- работоспособность пожарных извещателей.

Места с нарушенным покрытием должны быть очищены от ржавчины с последующим нанесением антикоррозийного покрытия.

При *полугодовом техническом обслуживании* необходимо выполнить работы в объеме ежемесячного обслуживания, а также:

- проверить величину остаточной деформации троса и при необходимости натянуть его;
- произвести проверку или техническое освидетельствование манометров, баллонов, сосудов при истечении сроков освидетельствования;
- проверить состояние и работоспособность пневматического (порогового) клапана на сосуде;
- произвести взвешивание пусковых баллонов.

При техническом обслуживании *по истечении срока годности* огнетушащего состава, кроме перечисленных выше работ, необходимо произвести зарядку порошка в специализированных организациях и проверить соединения распределительной сети.

При техническом обслуживании *один раз в 5 лет* необходимо выполнить работы по техническому обслуживанию и дополнительно провести освидетельствование сосудов с порошком и газовых баллонов с рабочим газом в соответствии с требованиями Г осгортехнадзора, а также проверить работу предохранительного клапана.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ 1.9.1. ОБОСНОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ (АППЗ)

ВОПРОСЫ

1. Обоснование необходимости и выбор вида АППЗ.
2. Определение группы защищаемого помещения по степени опасности развития пожара.
3. Выбор и обоснование расчетных параметров для проектирования АУП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабуров В.П., Бабурин В.В., Фомин В.И., Смирнов В.И. Производственная и пожарная автоматика. Ч. 2. Автоматические установки пожаротушения: Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. –298 с. (с. 257-267).

1. Обоснование необходимости и выбор вида АППЗ

Проектированию АППЗ предшествует решение ряда вопросов, связанных с анализом пожарной опасности объекта, микроклимата, объемно-планировочными и конструктивными особенностями защищаемого объекта.

Проектирование установок пожарной автоматики осуществляется в несколько этапов:

1. Обоснование необходимости автоматической противопожарной защиты и выбор вида и типа установок.
2. Процесс проектирования установок.
3. Оценка экономической эффективности АУП.

В настоящее время применяются следующие методы обоснования необходимости применения и выбора вида АППЗ: нормативный и расчетные.

Нормативный метод

Сущность этого метода состоит в том, что применение АППЗ предписывается для большой группы производственных помещений, жилых, общественных и административных зданий, на основе предварительной аналитической оценки, соответствующими нормативными актами: НПБ 11003 [71], ППБ 01-03 [72].

Принцип нормативного подхода к выбору вида установок АППЗ для объектов производственного назначения состоит в том, что для пожароопасных помещений назначены определенные размеры площади (например, 500, 1000, 1500 м²) или объемы (например, для нефтебаз). Если проектируемое или существующее помещение имеет площадь, равную или большую нормативной, то применение АУП обязательно. Таким образом, в этом случае условным, приблизительным способом (так как используется лишь часть арсенала расчетно-аналитического метода) делается попытка свести возможный экономический ущерб от пожара к минимуму. Аналогичный подход и в случае нормирования применения АПС (к примеру, защите сигнализацией подлежат пожароопасные помещения площадью от 100 до 500 м²).

После того как установили, что нормы требуют применения АУП или АПС, выбирается наиболее эффективный для данных условий тип установки.

Расчетные методы

1. По расчету среднеобъемной температуры в защищаемом помещении при пожаре.

В координатах времени t и температуры T условно показан характер изменения среднеобъемной температуры в помещении при свободном горении в начальной стадии развития пожара (рис. 9.1, кривая 1).

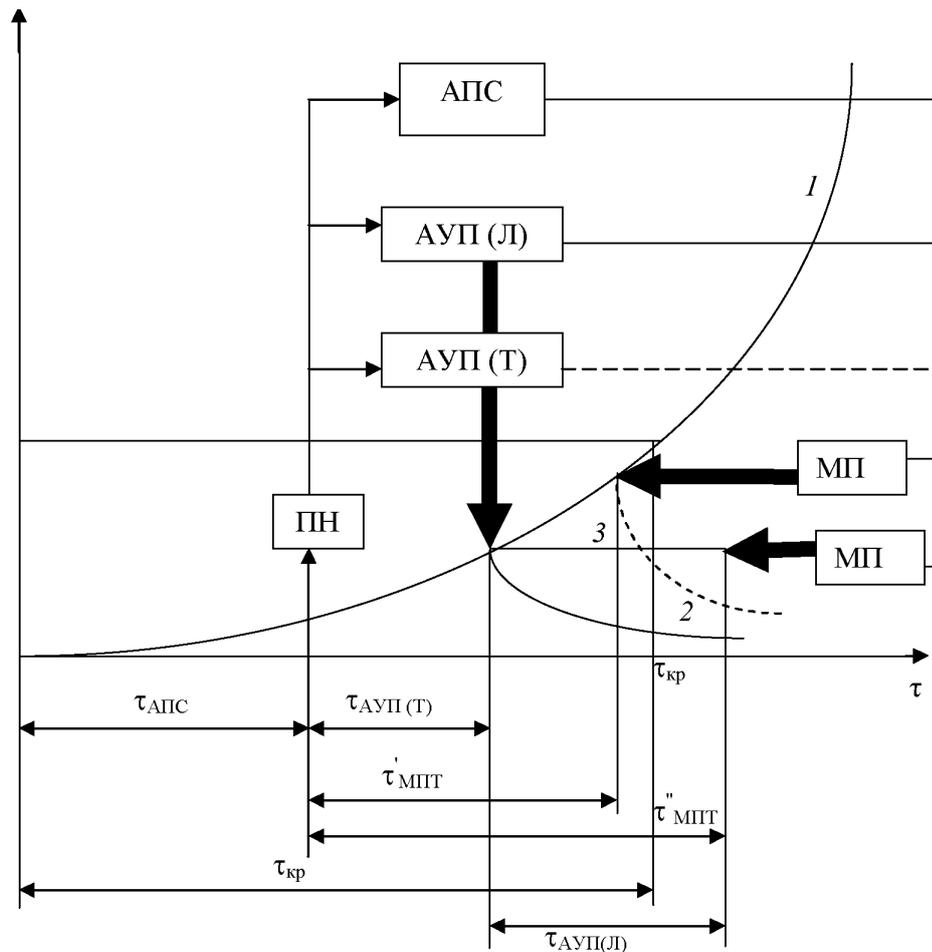


Рис. 9.1. Характер изменения среднеобъемной температуры в помещении при свободном горении в начальной стадии развития пожара

Характерной точкой этой кривой является момент, когда среднеобъемная температура в помещении достигает температуры самовоспламенения веществ и материалов, находящихся в объеме, где произошел пожар. Эта точка кривой и соответствующее ей время называются критическими. По истечении критического времени происходит воспламенение всех горючих веществ и пожар приобретает катастрофический характер.

Как видно из рисунка, предотвращение роста опасных факторов пожара выше предельно допустимых (критических) значений может быть достигнуто путем ликвидации пожара мобильными средствами пожарной охраны, прибывшими по сигналу автоматической пожарной сигнализации (АПС) при срабатывании пожарного извещателя (ПИ) за время меньше критического $t_{кр}$. В случае, если время прибытия и боевого развертывания мобильных пожарных подразделений больше, необходимо применять стационарную установку пожаротушения,

которая автоматически включается в работу по сигналу пожарного извещателя до наступления критических условий и обеспечивает тушение (кривая 2) или локализацию (кривая 3) пожара.

Из графика также видно, что время действия установки пожаротушения (АУП) в режиме локализации должно быть не менее времени прибытия и боевого развертывания мобильной пожарной техники (МПТ) для ликвидации локализованного пожара.

В реальных условиях очаги пожара могут возникнуть в местах труднодоступных для доставки диспергированных и пенных огнетушащих веществ, подаваемых стационарными установками пожаротушения с образованием многочисленных «теневых» зон. По этим причинам стационарные установки пожаротушения часто обеспечивают только локализацию пожара. Кроме того, ряд установок по принципу действия предназначен только для локализации пожара. К ним относятся автоматические огнепреграждающие затворы и двери, водяные завесы и др. В связи с изложенным применение автоматических установок пожаротушения предполагает обязательное участие в ликвидации локализованного пожара оперативными подразделениями пожарной охраны или добровольными формированиями.

2. Расчетно-графический метод, разработанный на кафедре пожарной автоматики Академии ГПС МЧС России [2], базируется на двух математических моделях, характеризующих внешние и внутренние факторы пожарной опасности.

Сущность метода состоит в определении общей опасности возникновения и развития пожара на объекте с учетом внешних и внутренних факторов *О общ*:

$$O_{\text{общ}} = \frac{K_{M_V} K_{\text{ОРИ}} K_{\text{РО}} K_{\text{ПЧ}}}{K_{\text{ОГН}} K_{\text{РП}}}, \quad (9.1)$$

где K_{M_V} – коэффициент, учитывающий величину общей пожарной (массовой) нагрузки M_V (табл. 9.1); $K_{\text{ОРИ}}$ – коэффициент, учитывающий группу защищаемого объекта по опасности распространения пожара (табл. 9.2); $K_{\text{РО}}$ – коэффициент, учитывающий размеры защищаемого объекта (табл. 9.3); $K_{\text{ПЧ}}$ – коэффициент, учитывающий расстояние до ближайшей пожарной части (табл. 9.4); $K_{\text{ОГН}}$ – коэффициент, учитывающий степень огнестойкости защищаемого здания (табл. 9.5); $K_{\text{РП}}$ – коэффициент, учитывающий риск возникновения пожара на защищаемом объекте (табл. 9.6).

В табл. 9.1-9.6 в скобках приведены значения коэффициентов для животноводческих, звероводческих, птицеводческих объектов и высокостеллажных складов сельхозтехники.

Таблица 9.1

Значение коэффициента K_{M_V} при различных величинах пожарной нагрузки M_V

M_V , кг/м ²	K_{M_V}	M_V , кг/м ²	K_{M_V}
0–15	1,0(1,2)	241–480	3,0(3,4)
16–30	1,3(1,4)	481–960	3,6(3,8)
31–60	1,7(1,8)	961–1920	4,2(–)
61–120	1,9(2,4)	1921–3840	4,6(–)
121–240	2,5(2,8)	Более 3840	4,8(–)

Общую пожарную нагрузку подсчитывают по методике, приведенной далее.

Таблица 9.2

Зависимость $K_{ОРП}$ от теплонапряжения пожара P_V

Группа помещений по степени опасности распространения пожара	Пожарная нагрузка (теплонапряжение пожара), Дж/м ² *	Значения коэффициента учета группы помещений $K_{ОРП}$
1	$(P_V \leq 1,84 \cdot 10^8)$	0,7(0,9)
2	$(1,84 \cdot 10^8 \leq P_V < 7,4 \cdot 10^8)$; также 1-я группа при условии быстрого распространения огня	0,8(1,0)
3	$(7,4 \cdot 10^8 \leq P_V < 1,84 \cdot 10^9)$; также 2-я группа при условии быстрого распространения огня	1,0(1,2)
4	$(1,84 \cdot 10^9 \leq P_V < 3,68 \cdot 10^9)$; также 3-я группа при условии быстрого распространения огня	1,3(1,4)
5, 6, 7	$(P_V \geq 3,68 \cdot 10^9)$ Существует угроза выхода из строя технологического оборудования, обрушения строительных конструкций, гибели людей	1,6(7) 6,5

Таблица 9.3

Зависимость коэффициента $K_{РО}$ от параметров и расположения защищаемого отсека

Площадь противопожарного отсека; высота здания; высота помещения	Значения коэффициента, учитывающего размеры защищаемого объекта $K_{РО}$
Площадь отсека до 500 м ² Высота здания до 3 этажей Высота помещения до 10 м	1,0 (1,2)
Площадь отсека от 501 до 1500 м ² Высота здания от 3 до 8 этажей Высота помещения от 10 до 20 м Наличие цокольного или подвального этажа	1,5 (1,7)
Площадь отсека от 1501 до 3500 м ² Высота здания более 8 этажей Высота помещения более 20 м Наличие двух и более подземных этажей	2,0 (2,2)
Площадь отсека 3500 м ² и более	2,5 (2,7)

Таблица 9.4

Зависимость коэффициента $K_{ПЧ}$ от расстояния до пожарной части

Расстояние до пожарной части, км	Коэффициент, учитывающий расстояние до ближайшей пожарной части $K_{ПЧ}$
До 2	1,0 (1,2)
От 2 до 5	1,1 (1,4)
Более 5	1,2 (1,6)

Таблица 9.5

Зависимость коэффициента $K_{ОГН}$ от степени огнестойкости здания

Степень огнестойкости здания	Коэффициент, учитывающий степень огнестойкости защищаемого здания $K_{ОГН}$
I	2,3 (2,1)
II	2,2 (2,0)
III	2,1 (1,9)
IV	2,0 (1,8)
V	1,9 (1,7)

Таблица 9.6

Зависимость коэффициента $K_{РП}$ от характеристики пожаровзрывоопасности отсека

Характеристика пожаровзрывоопасности объекта	Коэффициент, учитывающий риск возникновения пожара на объекте $K_{РП}$
Производственные здания (помещения) категории А и Б по пожарной опасности; производственные здания с наличием взрывчатых веществ (ВВ)	1,0
Производственные здания (помещения) категории В и Г по пожарной опасности; торговые объекты; жилые и общественные здания	1,2 (1,1)
Складские здания, отнесенные к категориям А и Б по пожарной опасности; хранилища ВВ	1,4
Складские здания, отнесенные к категории В; хранилища негорючих изделий в горючей упаковке	1,5 (1,3)

Определяют пожарную опасность защищаемого объекта с учетом наиболее значимых внутренних факторов и стоимостного показателя $O_{вн}$.

$$O_{вн} = K_{п.т} K_{д} K_{с}, \quad (9.2)$$

где $K_{п.т}$ – коэффициент, учитывающий опасность воздействия таких опасных факторов пожара, как пламя, высокая температура (равен 1,0...2,0); $K_{д}$ – коэффициент, учитывающий опасность воздействия на людей дыма и токсичных продуктов горения, равен 1,0...2,0; $K_{с}$ – стоимостный коэффициент, учитывающий проектную и балансовую стоимость здания (помещения), включая оборудование и материалы, равен 1,0...3,0 при 0,25...10,0 млн. руб. и более соответственно.

Значения коэффициентов $O_{общ}$ и $O_{вн}$ наносят на номограмму (рис. 9.2) и определяют необходимость и вид АУП.

При выборе и обосновании применения (в любом случае) автоматической установки пожаротушения на конкретном объекте следует учитывать, будет ли экономически оправдано ее использование. Экономическая эффективность применения пожарной автоматики должна определяться с учетом стоимости объекта, вероятности возникновения пожара, возможного ущерба от него, а также капитальных вложений и текущих расходов на противопожарную защиту. Экономическим критерием целесообразности применения АУП является условие, при котором затраты на пожарную автоматику меньше вероятного снижения ущерба от пожаров при ее использовании.

2. Определение группы защищаемого помещения по степени опасности развития пожара

Группу защищаемого помещения по степени опасности развития пожара, на основе которой принимаются основные расчетные параметры АУП, для основных технологических процессов выбирают по приложению НПБ 88-2001* [19].

Однако в ряде случаев при проектировании установок водяного и пенного пожаротушения возникают затруднения с выбором расчетных параметров (интенсивности орошения, одновременно защищаемой площади,

расстояния между оросителями и др.) в связи с отсутствием в НПБ 88-2001 [19] перечня многих технологических процессов, подлежащих защите с помощью АУП. Эти затруднения могут быть преодолены с помощью расчетного метода определения группы защищаемого помещения.

Решение задачи производится в два этапа: рассчитывают тепловую пожарную нагрузку (теплонпряжение пожара) для защищаемого помещения, затем определяют его группу по степени опасности развития пожара.

Расчет пожарной нагрузки защищаемого помещения

Методика расчета [73] состоит в следующем:

1. Определяют расчетную тепловую пожарную нагрузку (расчетное теплонпряжение пожара) для помещения P_V , Дж/м²,

$$P_V = pabc, \quad (9.3)$$

где p – тепловая пожарная нагрузка (теплонпряжение пожара), Дж/м²; a – коэффициент скорости сгорания веществ и материалов в зависимости от их плотности и плотности укладки; b – коэффициент скорости сгорания веществ материалов в зависимости от площади пола и высоты помещения, площади и высоты световых и аэрационных проемов; c – коэффициент, учитывающий наличие пожарного водоснабжения или пожарной автоматики.

Тепловую пожарную нагрузку (теплонпряжение пожара) определяют по формуле

$$p = p_n + p_s, \quad (9.4)$$

где p_n – временная тепловая пожарная нагрузка (теплонпряжение пожара от временно находящихся в помещении горючих материалов), Дж/м²;

p_s – постоянная тепловая пожарная нагрузка (теплонпряжение пожара от постоянно находящихся в помещении горючих материалов), Дж/м²,

$$p_n = \frac{M_i N_i}{S}, \quad p_s = \frac{M_i H_i}{S}, \quad (9.5)$$

где M_i – масса i -го вещества или материала, кг; H_i – количество тепла, выделяемого при горении i -го материала или вещества, Дж/кг; S – площадь защищаемого помещения, м².

Временную массовую пожарную нагрузку (временно находящиеся в помещении горючие материалы) образуют вещества и материалы, обращающиеся в производстве, а также мебель, технологическое и сантехническое оборудование и расходные материалы, способные гореть.

Постоянную массовую пожарную нагрузку (постоянно находящиеся в помещении горючие материалы) составляют строительные конструкции из горючих и трудногорючих материалов (включая декоративные, теплоизоляционные и звукоизоляционные материалы).

Твердые трудногорючие материалы, согласно рекомендациям ВНИИПО, включают в пожарную нагрузку, если низшая теплота их горения

$$Q_H^P > 1,13 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг (2700 ккал/кг)}. \quad (9.6)$$

Удельную тепловую пожарную нагрузку разнородных материалов в пределах одного помещения можно суммировать, если количество выделяемого при горении тепла (теплонпряжение) от данного материала, формула для определения которой будет дана ниже, не превышает 5 % от теплонпряжения другого. При наличии в помещении ЛВЖ и ГЖ в расчет не принимаются жидкости, которые могут быть автоматически эвакуированы или подача которых может быть автоматически прекращена.

В многоэтажных зданиях удельная пожарная нагрузка определяется для каждого этажа в отдельности.

Если горючие материалы сосредоточены в какой-либо одной части помещения и занимают не более 40 % его площади, то удельная пожарная нагрузка для всего помещения определяется по площади, занятой материалами.

2. Количество тепла, выделяемого при горении веществ и материалов для каждого материала (вещества), определяют по формуле

$$H = n Q_H^P, \quad (9.7)$$

где n – коэффициент недожога вещества или материала, принимаемый равным 0,75 для жидких и 0,95 для твердых материалов;



Q_H^p – низшая теплота горения данного вещества или материала (принимается по справочным данным, содержащимся, например, в учебной и справочной литературе по процессам горения, термодинамике и теплопередаче в пожарном деле и пожарной тактике), Дж/кг.

3. Коэффициенты a , b и c определяют следующим образом:

$$a = \frac{P_n a_n + P_s a_s}{P_n + P_s}, \quad (9.8)$$

где коэффициенты a_n и a_s равны:

$$a_n = \frac{\sum_{i=1}^i M_i H_i a_{m,i}}{\sum_{i=1}^i M_i H_i}, \quad (9.9)$$

$$a_s = \frac{\sum_{i=1}^k M_i H_i a_{m,i}}{\sum_{i=1}^k M_i H_i}, \quad (9.10)$$

где $a_{m,i}$ – коэффициент, зависящий от вида вещества или материала и равный 0,7–1,5.

Для упрощения расчета допускается принимать $a_{m,i} = 0,9$.

Коэффициент b определяет зависимость между площадью пола помещения, высотой помещений, площадью и высотой световых и аэрационных проемов:

$$b = \frac{SK_s}{S_o h_o^{1/2}}, \quad (9.11)$$

где S – площадь помещения в плане, m^2 ; S_o – общая площадь проемов в наружных стенах и покрытии защищаемого помещения; h_o – высота проемов, м; K_s – коэффициент, зависящий от высоты и площади защищаемого помещения, высоты и площади проемов.

Коэффициент K_s принимают в зависимости от значения вспомогательного коэффициента n

$$n = \frac{S_o}{S} \sqrt{\frac{h_o}{h}}, \quad (9.12)$$

где h – высота защищаемого помещения, м.

Если в защищаемом помещении нет фонарей и световых проемов, но имеются люки дымоудаления и приточно-вытяжная вентиляция, то принимают $n = 0,005$, а K_s вычисляют по формулам:

$$\text{при } F_o < 0,03 \quad K_s = 2,31F_o^{0,84}; \quad (9.13)$$

$$\text{при } F_o > 0,03 \quad K_s = (0,3 F_o^{0,8} - 0,002/F_o + \log F_o + 2,25)1/5,5, \quad (9.14)$$

где F_o – параметр вентиляции, равный

$$F_o = \frac{S_o \sqrt{H_o}}{S_k}, \quad (9.15)$$

где S_k – площадь ограждающих конструкций защищаемого помещения, м².

Коэффициент c при проектировании установок пожарной автоматики принимается равным 1.

При расчете температурного режима пожара в помещении, защищаемом пожарной автоматикой, можно ориентировочно принимать $c = 0,75$ при наличии автоматической пожарной (охранно-пожарной) сигнализации и $c = 0,25$ при наличии автоматических установок пожаротушения.

Определение группы защищаемого помещения по степени опасности развития пожара

Расчетную пожарную нагрузку, вычисленную по изложенной выше методике, используют для определения группы помещения по опасности развития пожара, согласующейся с приложением 1 НПБ 88–2001* [19]. Для этого численные значения сравнивают с предложенным ВНИИПО классификационным рядом [74]. В приложении НПБ 88–2001* [19] эти цифры округлены.

$P_V < 1,84 \cdot 10^8$ Дж/м² – группа 1;

$1,84 \cdot 10^8$ Дж/м² < P_V < $7,4 \cdot 10^8$ Дж/м² – группа 2;

$7,4 \cdot 10^8$ Дж/м² < P_V < $1,84 \cdot 10^9$ Дж/м² – группа 3;

$1,84 \cdot 10^9$ Дж/м² < P_V < $3,68 \cdot 10^9$ Дж/м² – группа 4;

$P_V > 3,68 \cdot 10^9$ Дж/м² – группы 5, 6 и 7.

3. Выбор и обоснование расчетных параметров для проектирования АУП

Выбор типа АУП производят, пользуясь рекомендациями, изложенными при описании нормативного метода определения необходимости и вида АППЗ.

Для *установок АПС* основные расчетные параметры (количество ПИ, расстояние между дублирующими извещателями для управления АУП, ПДЗ и оповещения о пожаре, данные для проектирования линейной и станционной частей) принимают по разделу 12 и 13 НПБ 88-2001 [19].

Основные расчетные параметры для *установок водяного и пенного пожаротушения* - интенсивность орошения (удельный расход), площадь, защищаемую одним спринклером или легкоплавким замком тросового привода, одновременно защищаемую площадь для расчета расхода воды или раствора пенообразователя, продолжительность тушения, напоры у оросителей, расстояние между спринклерами и легкоплавкими замками принимают по разделу 4 и приложению 1 и 2 НПБ 88-2001 [19].

Для *газовых АУП* такие расчетные параметры, как нормативная огнетушащая концентрация, нормативное время выпуска заряда, норма запаса и др. принимают по НПБ 88-2001 [19].

Для *установок порошкового пожаротушения* в НПБ 88-2001 [19] нет всех необходимых данных для проектирования, поэтому целесообразно воспользоваться также Рекомендациями по проектированию и применению автоматических установок порошкового пожаротушения модульного типа [45].

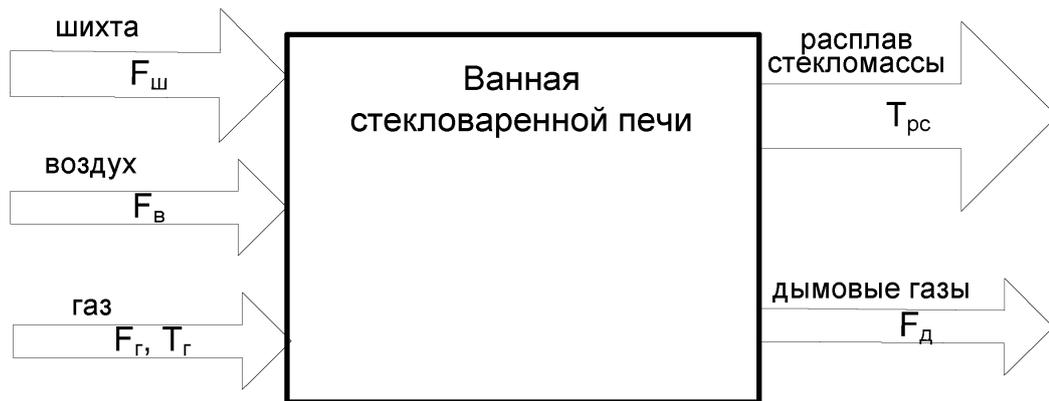
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ 3.1.2. ПРИМЕРЫ ПОСТРОЕНИЯ СХЕМ АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

ЛИТЕРАТУРА

1. Барашко О.Г. Автоматика и автоматизация производственных процессов. Практические занятия. Минск – 2011. 88с. (55-63).

Как видно из последующих примеров, одна из схем анализа технологического процесса как объекта управления - схема материальных потоков и их информационных переменных исследуемого (подлежащего автоматизации объекта управления) аппарата, при необходимости, может быть дополнена другими аппаратами, имеющими с ним существенную технологическую связь и/или поясняющими его работу.

Пример 1.1. Схема материальных потоков и их информационных переменных процесса стекловарения.



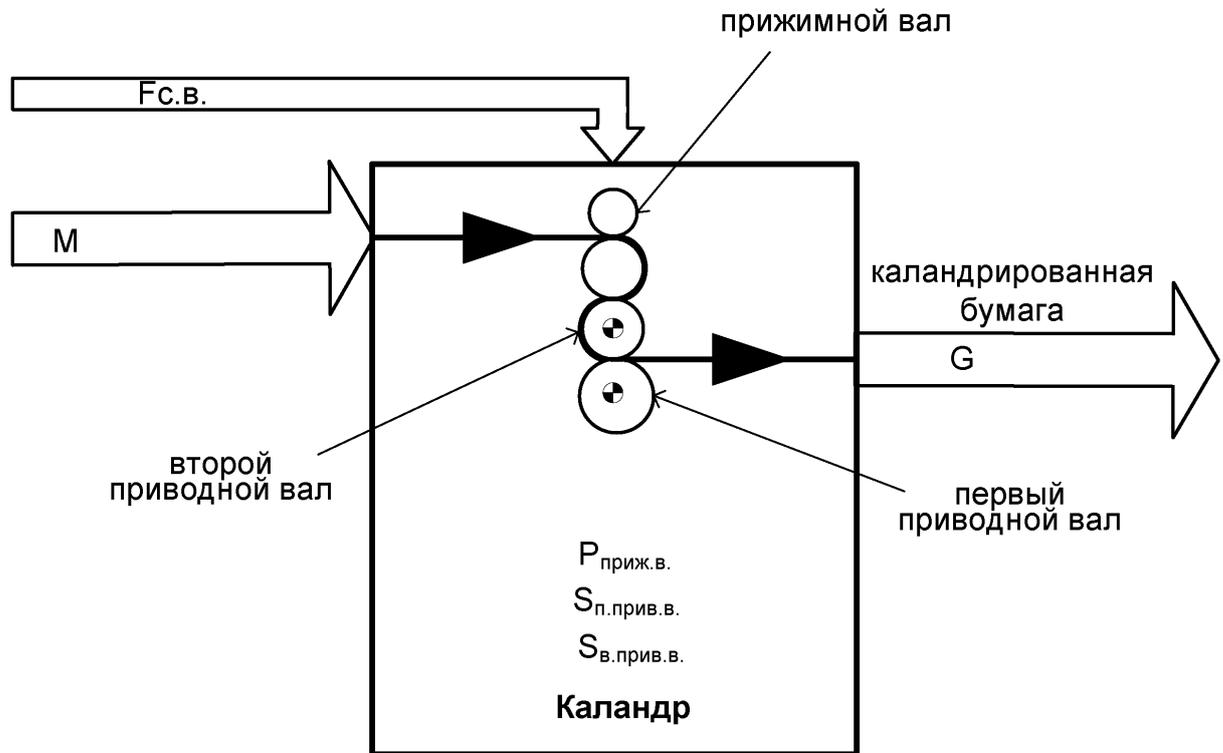
Самый простой из вариантов: четко прослеживаются входные и выходные материальные потоки. Внутри потоков проставлены характерные для них информационные переменные (расходы и температуры)

Пример 1.2. Схема материальных потоков и их информационных переменных процесса ректификации



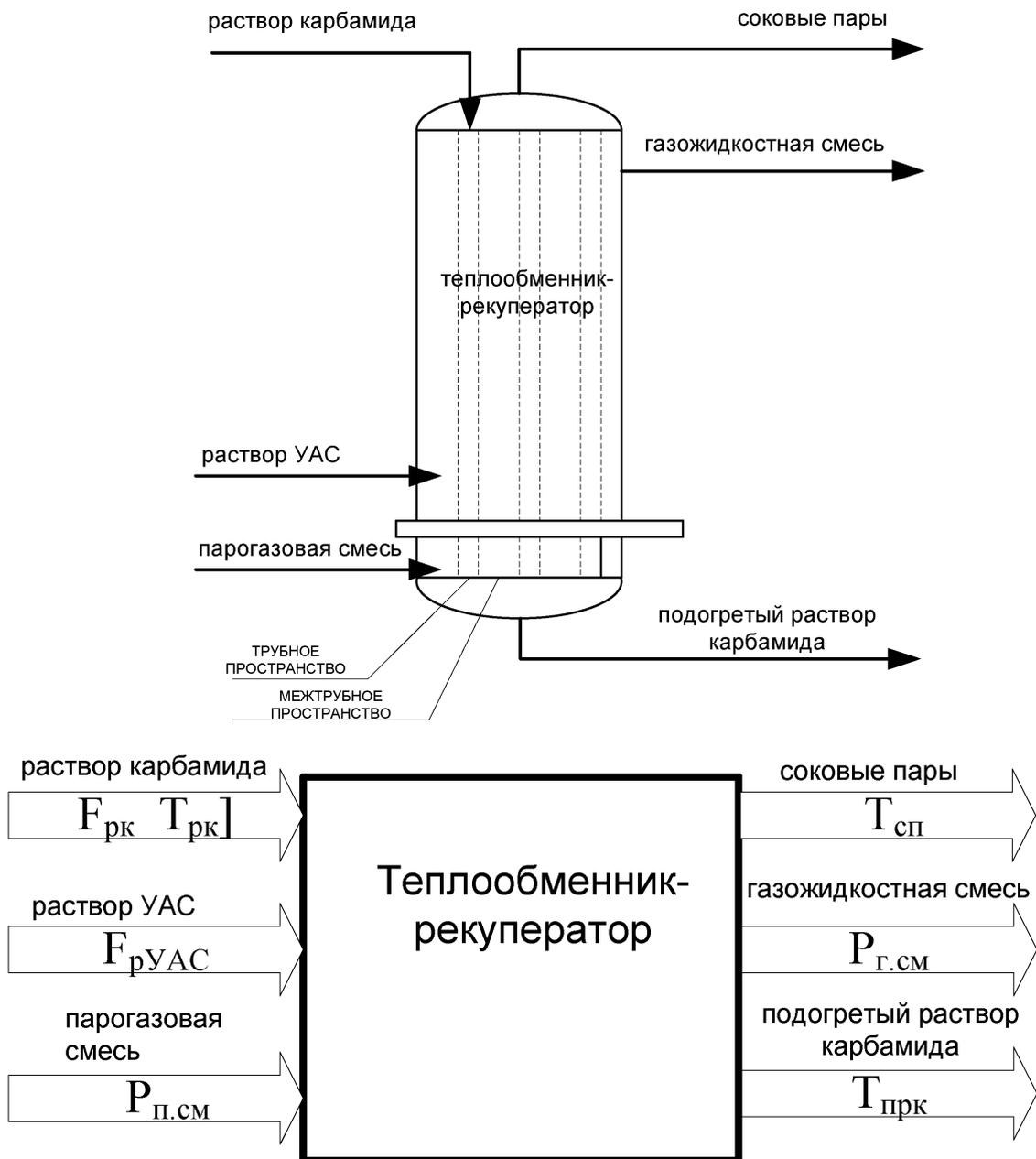
Для целей управления используются переменные внутренней субстанции (смеси), поэтому на рисунке она схематично выделена зоной с указанием характерных для нее информационных переменных (уровень L и давление P)

Пример 1.3. Схема материальных потоков и их информационных переменных процесса каландрирования



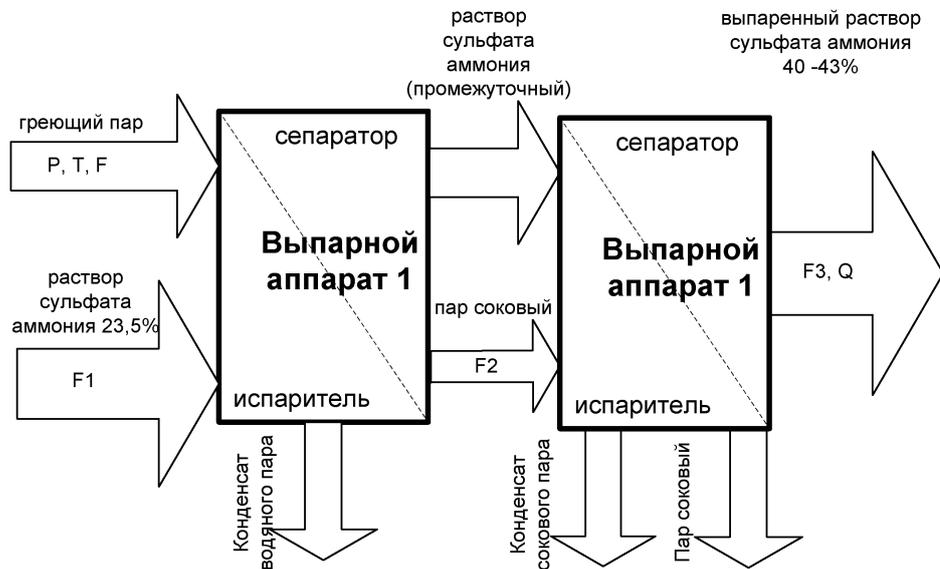
При необходимости получения представления о происходящих внутри аппарата процессах следует привести соответствующие конструктивные узлы с указанием характерных информационных переменных (частота вращения S и давление P)

Пример 1.4. Схема материальных потоков и их информационных переменных процесса выпаривания (теплообменник-рекуператор)



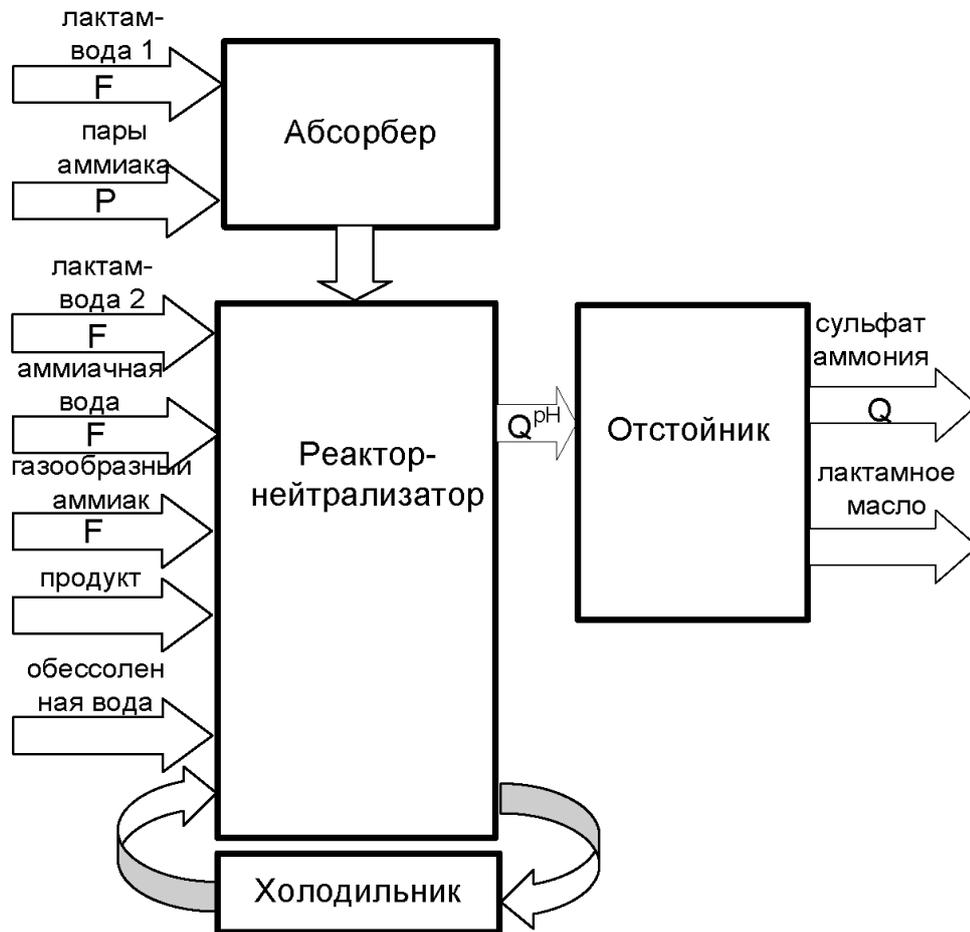
В этом варианте дополнительно приведена технологическая схема, упрощающая понимание протекания процесса. Обратите внимание как на обеих схемах сформированы входные и выходные материальные потоки – идентичная очередность и полное соответствие друг другу

Пример 1.5. Схема материальных потоков и их информационных переменных процесса выпаривания



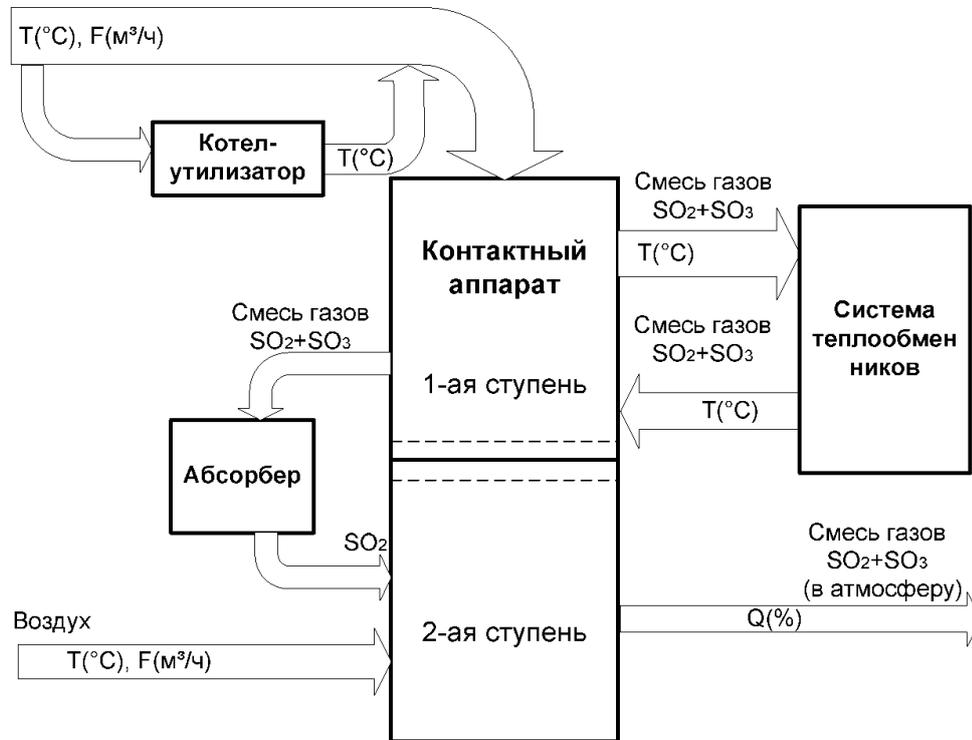
В этом примере изображены два аппарата, технологически тесно связанных друг с другом и состоящих, в свою очередь, из испарителя и сепаратора. Такое условное разделение процесса на составляющие было вызвано необходимостью учета расхода раствора сульфата аммония (промежуточного).

Пример 1.6. Схема материальных потоков и их информационных переменных процесса нейтрализации



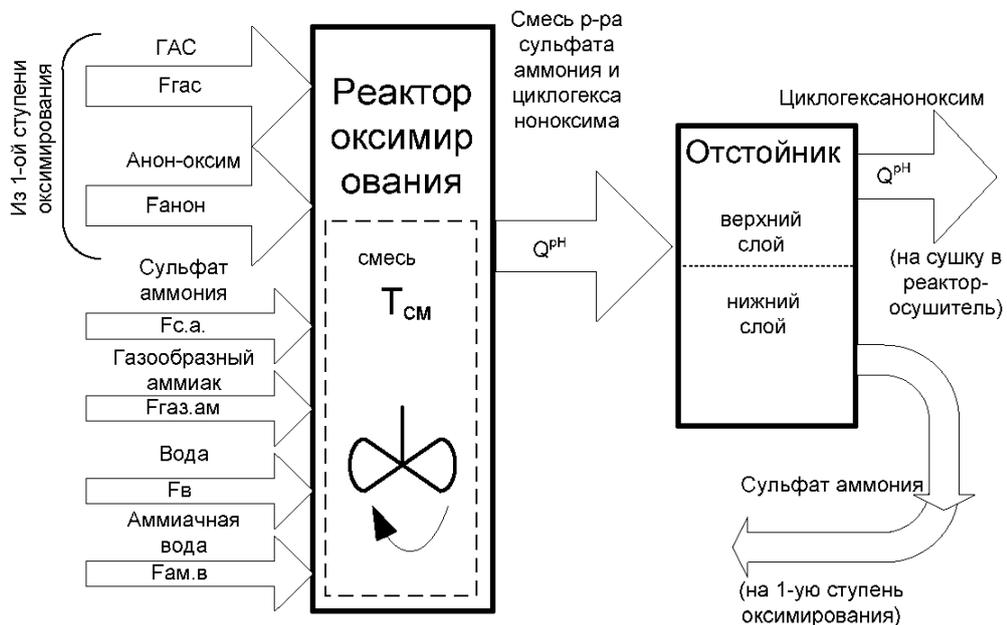
Целый каскад аппаратов и их материальных потоков, в этой схеме есть даже рецикл

Пример 1.7. Схема материальных потоков и их информационных переменных процесса окисления SO_2 в SO_3



Еще более закрученная и захватывающая, чем в примере 1.6, схема материальных и информационных потоков (рецикл, байпас), но такая «сложность» обоснована желанием корректно учесть все информационные переменные, подлежащие контролю и управлению

Пример 1.8. Схема материальных потоков и их информационных переменных процесса окислирования



Типичная схема материальных потоков и их информационных переменных, приближенная к тому что может реально встретиться на практике

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ 3.1.3. АНАЛИЗ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОЦЕССА КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

ЛИТЕРАТУРА

1. Барашко О.Г. Автоматика и автоматизация производственных процессов. Практические занятия. Минск – 2011. 88с. (83-88).

ВОПРОСЫ и ЗАДАНИЯ К ЗАНЯТИЯМ

4. **Анализ промышленного процесса как объекта управления**

ВОПРОСЫ

- В чем заключается суть анализа промышленного процесса как объекта управления?
- Подробно охарактеризуйте основные шаги анализа промышленного процесса как объекта управления.
- Принципы построения схемы материальных (энергетических) потоков и их информационных переменных.
- Принципы построения структурной схемы САУ.
- Типовые структурные схемы САУ (регулирования, стабилизации) основных технологических переменных (расход, уровень, температура,



давление, концентрация) на основе схемы материальных потоков и их информационных переменных.

ЗАДАНИЕ 1.

1. Провести анализ следующих технологических процессов как объекта управления:

- а) процесс производства древесностружечных плит (стадии ...;
- б) процесс производства древесноволокнистых плит (сухой и мокрый способ)

Составить таблицу технологических переменных, подлежащих контролю и регулированию

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ 3.4.2. ОБОБЩАЮЩИЙ
ПРИМЕР "ПРОЦЕСС ПЕРЕРАБОТКИ ОБОРОТНОГО БРАКА" С
КОМЕНТАРИЯМИ (ARIAL)**

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Барашко О.Г. Автоматика и автоматизация производственных процессов. Практические занятия. Минск – 2011. 88с. (63-75).

Анализ технологического процесса как объекта управления.

- конкретная технологическая цель процесса – обязательно с правдоподобными ЦИФРАМИ!

Цель процесса переработки оборотного брака – получение бумажной массы, заданной концентрации ($Q_{\text{бум.}} = 2,5\text{--}3,5\%$).

- в случае наличия нескольких технологических аппаратов – перечислить их состав и назначение

Участок переработки оборотного брака состоит из последовательно установленных гидроразбивателя оборотного брака (процесс роспуска сухого брака) и установки для переработки сухого брака (процесс смешивания).

- собственно описание процесса как объекта управления

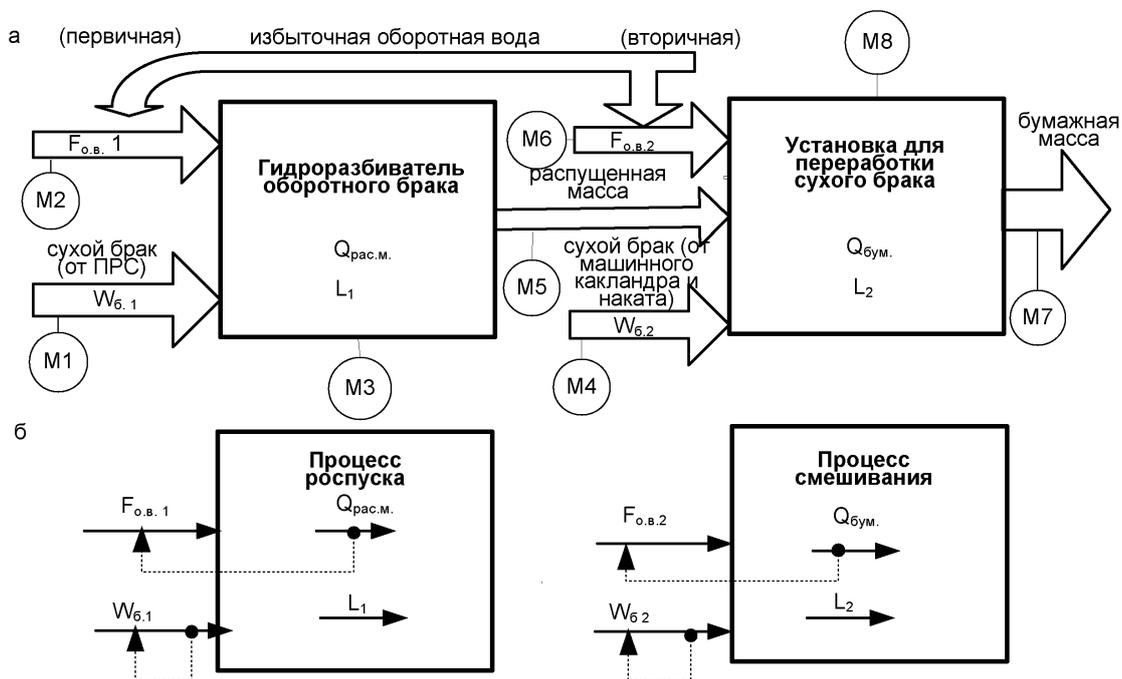
В гидроразбиватель оборотного брака с ленточного конвейера (двигатель M_1) поступает сухой брак, образующийся на продольно-резательном станке, массой $W_{6.1} = 12\text{--}14,4$ кг и подается насосом (двигатель M_2) первичная избыточная оборотная вода с расходом $F_{\text{о.в.1}} = 0,4\text{--}0,6$ м³/ч. Уровень L_1 внутри гидроразбивателя должен составлять $0,5\text{--}1,6$ м.

Гидроразбиватель состоит из ванны с ротором, подпорного ящика и электродвигателя (двигатель M_3). Роспуск массы осуществляется вследствие встречи лопастей вращающегося ротора с расположенными на днище ванны гидроразбивателя неподвижными планками.

Распушенная масса с концентрацией $Q_{\text{рас.м}} = 4,0\text{--}4,5\%$ далее перекачивается с помощью насоса (двигатель M_5) в установку для переработки сухого брака под накатом, в которую также поступает сухой брак с ленточного конвейера (двигатель M_4) от машинного каландра и наката массой $W_{6.2} = 0,8\text{--}0,9$ кг и подается насосом вторичная избыточная оборотная вода (двигатель M_6) с расходом $F_{\text{о.в.2}} = 0,4\text{--}0,5$ м³/ч. Уровень L_2 внутри установки должен составлять $0,5\text{--}2,6$ м.

Установка для переработки оборотного брака представляет металлический цилиндрический корпус со встроенной внутри него мешалкой (двигатель M_8). Далее бумажная масса подается насосом (двигатель M_7) по технологической схеме.

Схема материальных потоков и их информационных переменных приведена на рис. П.2.1 а.



– на схемах все блоки должны совпадать по размеру и положению

Рис. П.2.1. Схема анализа процесса переработки оборотного брака как объекта управления: а) схема материальных потоков и их информационных переменных б) структурная схема системы САУ

Так основной технологической целью процесса переработки оборотного брака является получение бумажной массы концентрации $Q = 2,5-3,5\%$, то целью управления будет стабилизация концентрации бумажной массы на выходе из установки для переработки сухого брака путем изменения расхода избыточной оборотной воды F .

Для поддержания концентрации заданного значения, необходимо контролировать расход избыточной оборотной воды, подаваемой в гидроразбиватель и в установку для переработки сухого брака, массу сухого брака, поступающего в гидроразбиватель и в установку для переработки сухого брака, уровни массы в гидроразбивателе и в установке для переработки сухого брака. Также важной переменной является концентрация массы в гидроразбивателе, которая подлежит контролю и регулированию. Составляем структурную схему системы автоматического управления процессом переработки оборотного брака (рис. П.2.1 б).

На основании проведенного анализа для управления и контроля концентрации бумажной массы выбираем систему автоматического управления по отклонению.

Характеристику переменных, подлежащих контролю и регулиро-



ванию сводим в таблицу П.1.

Параметры, подлежащие контролю и регулированию

Наименование переменной	Значение переменной	Допустимые отклонения	Регулирование	Контроль
Масса сухого брака от ПРС, кг	12–14,4	±1	+	+
Расход избыточной оборотной воды (в гидроразбиватель), м ³ /ч	0,4–0,6	±0,1	–	+
Концентрация распушенной массы, %	4,0–4,5	±0,2	+	+
Масса сухого брака от машинного каландра и наката, м ³ /ч	1,2–1,4	±0,1	+	+
Расход избыточной оборотной воды (в установку для переработки сухого брака), м ³ /ч	0,4–0,5	±0,05	–	+
Концентрация массы в установке для переработки сухого брака, %	2,5–3,5	±0,5	+	+
Уровень массы в установке для переработки сухого брака, м	0,5–2,6	±0,1	–	+
Уровень массы в гидроразбивателе оборотного брака, м	0,5–1,6	±0,1	–	+

Описание функциональной схемы. На основании ГОСТ 21.404–85 составлена функциональная схема системы автоматизации процесса переработки оборотного брака.

Данная схема предусматривает четыре локальные системы управления:

1) стабилизации концентрации распушенной массы в гидроразбивателе путем изменения расхода первичной оборотной воды;

2) стабилизации концентрации бумажной массы в бассейне оборотного брака путем изменения расхода вторичной оборотной воды (основной контур регулирования);

3) стабилизации расхода мокрого брака в бассейне оборотного брака путем изменения проходного сечения вентиля на линии его подачи.

– описание всех систем управления процессом

стабилизации концентрации распушенной массы в гидроразбивателе путем изменения расхода избыточной оборотной воды;

– стабилизации концентрации бумажной массы в установке для переработки сухого брака путем изменения расхода избыточной оборотной воды (основной контур регулирования);

– стабилизации массы сухого брака в гидроразбивателе путем изменения числа оборотов ленточного конвейера.

– стабилизации массы сухого брака в установке для переработки сухого брака путем изменения числа оборотов ленточного конвейера.

Система стабилизации концентрации распушенной массы в гидроразбивателе. В гидроразбивателе установлен датчик концентрации распушенной массы (3–1). От него через преобразователь (3–2), поступает сигнал на вход промышленного контроллера (PLC), где сравнивается с заданным значением концентрации. При их несоответствии друг другу, формируется сигнал рассогласования, который с выхода контроллера поступает на исполнительный механизм (3–7), изменяющий расход первичной избыточной оборотной воды. Исполнительный механизм оснащён блоком ручного управления (установлен на щите оператора) для аварийного отключения или включения. Он состоит из элемента ручного воздействия (3–5), пускового устройства (3–6) и элементов световой индикации (3–3, 3–4).

Система стабилизации концентрации бумажной массы в установке для переработки сухого брака. В установке для переработки сухого брака установлен датчик концентрации бумажной массы (7–1). От него через преобразователь (7–2), поступает сигнал на вход промышленного контроллера, где сравнивается с заданным значением концентрации. При их несоответствии друг другу, формируется сигнал рассогласования (регулирующее воздействие вычисляется по запрограммированному в контроллере алгоритму), который с выхода контроллера поступает на исполнительный механизм (7–7), изменяющий расход вторичной избыточной оборотной воды. Исполнительный механизм оснащён блоком ручного управления (установлен на щите оператора) для аварийного отключения или включения. Он состоит из элемента ручного воздействия (7–5), пускового устройства (7–6) и элементов световой индикации (7–3, 7–4).

Система стабилизации массы сухого брака в гидроразбивателе



путем изменения числа оборотов ленточного конвейера. Информация о массе сухого брака от ПРС поступает с датчика массы (1–1). От него через преобразователь (1–2) сигнал поступает на вход промышленного контроллера, где сравнивается с заданным значением массы. При их несоответствии друг другу, формируется сигнал рассогласования, который с выхода контроллера поступает на исполнительный механизм М1, изменяющий число оборотов ленточного конвейера.

Система стабилизации массы сухого брака в установке для переработки сухого брака путем изменения числа оборотов ленточного конвейера. Информация о массе сухого брака от машинного каландра и наката поступает с датчика массы (5–1). От него через преобразователь (5–2) сигнал поступает на вход промышленного контроллера, где сравнивается с заданным значением массы. При их несоответствии друг другу, формируется сигнал рассогласования, который с выхода контроллера поступает на исполнительный механизм М4, изменяющий число оборотов ленточного конвейера.

Кроме того, предусмотрены четыре системы автоматического контроля:

- уровня распушенной массы (2–1, 2–2) в гидроразбивателе;
- уровня бумажной массы (6–1, 6–2) в установке для переработки сухого брака;
- расхода избыточной оборотной воды (4–1, 4–2), подаваемой в гидроразбиватель;
- расхода избыточной оборотной воды (8–1, 8–2), подаваемой в установку для переработке сухого брака;

Вся информация о переменных технологического процесса переработки оборотного брака передается по сети Industrial Ethernet в диспетчерскую систему управления (SCADA-система), где отображается на мониторе в виде мнемосхемы. SCADA-система позволяет оператору или диспетчеру процесса анализировать и управлять технологическими переменными процесса по следующим функциональным признакам:

– указать конкретные информационные переменные своего процесса

I – показание (расходы избыточной оборотной воды, масса сухого брака, концентрации распушенной и бумажной массы, уровни распушенной и бумажной массы);

R – регистрация (расходов оборотной воды, массы сухого брака, концентрации распушенной и бумажной массы, уровней распушенной и бумажной массы);

C – управление (концентрацией распушенной и бумажной массы,

2. Процесс измельчения в барабанной мельнице

Технологическая схема процесса измельчения в барабанной мельнице приведена на рис. 2.

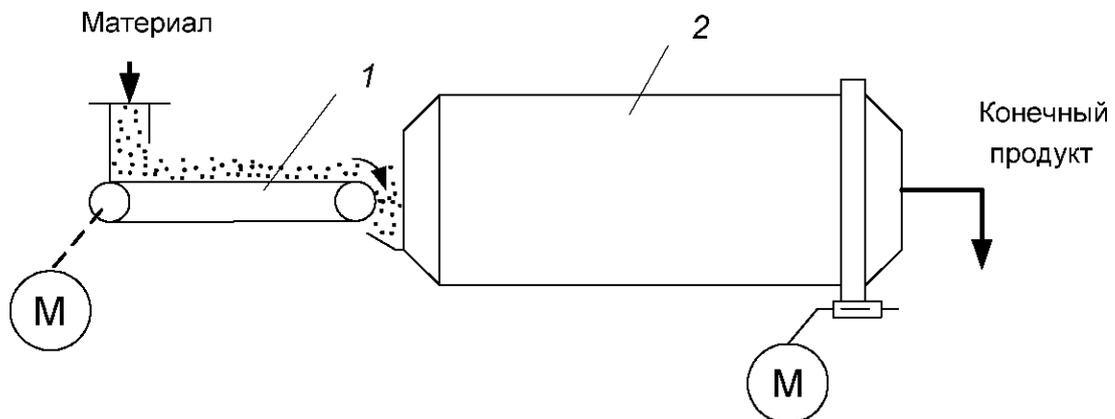


Рис. 2. Схема процесса измельчения: 1 – ленточный питатель; 2 – барабанная мельница

В качестве объекта управления при автоматизации процесса измельчения служит барабанная мельница сухого помола. Показателем эффективности при управлении процессом является размер кусков измельченного материала. Цель управления – поддержание определенного конечного гранулометрического состава материала.

На участок измельчения подается материал, разнородный по гранулометрическому составу, который можно рассматривать как возмущающее воздействие. Стабилизировать его невозможно, поэтому проводится перемешивание различных партий сырья с целью усреднения их характеристик. Измельчение твердых материалов происходит в барабанных мельницах. Измельченный материал поступает в спиральный гидравлический классификатор, в котором производится сортировка зерен материала. Мелкие частицы удаляются из классификатора в слив, а крупные (пески) – рециклом поступают в мельницу. Необходимо стабилизировать плотность материала после классификатора (косвенное представление о крупности частиц) путем изменения расхода воды, поступающей в классификатор.

Контролю в данном процессе подлежит расход материала, амплитуда шума, создаваемого мельницей, количество потребляемой энергии.

Сигнализируется состояние барабана: включен или выключен. Устанавливаются устройства пуска и остановки двигателей.

Соответствие трех схем. Правильность проделанной работы хорошо прослеживается в плавном перетекании одной схемы в другую (рис. П.2.3). Все три схемы (П.2.1 а, П.2.1 б, П.2.2), подчинены естественному ритму «слева-направо» (так как мы обычно читаем). Функциональная схема автоматизации показана упрощенно (более подробно см. рис. П.2.2).

Мысленно совместите вторую схему с первой – они должны совпасть и тогда технология соединится с автоматизацией. На третьей схеме они как раз и изображены совмещенными.

На схемах 1 и 3 (записываются названия аппаратов: гидроразбиватель и бассейн оборотного брака) материальные потоки указываются полностью, чтобы не нарушить восприятие технологии, а схема 2 (записываются названия процессов: роспуска и смешивания) в данном примере несколько «пуста», т.к. в нее не включены информационные переменные материальных потоков (распушенная и бумажная масса), не несущих никакой информации. Если быть точными, то информация эта берется (концентрация Q), но внутри соответствующих аппаратов.

Опорной точкой проверки правильности выполнения является вопрос: сколько на схеме систем управления? Вначале смотрим на схему 2 и считаем число контуров обратной связи – их три: 1) стабилизации концентрации бумажной массы на выходе из бассейна оборотного брака путем изменения расхода вторичной оборотной воды; 2) стабилизации концентрации распушенной массы путем изменения расхода первичной оборотной воды; 3) стабилизации расхода мокрого брака путем изменения проходного сечения вентиля на линии его подачи.

На третьей схеме их тоже три – это хорошо видно по пунктирным линиям условной связи в промышленном контроллере (PLC): от аналогового входа AI к дискретному выходу DO, а также наличию признака управления (C – control) в функциях SCADA-системы.

Следует заметить, что это только в игрушечных примерах все идет гладко и по плану. Кажется, вот сделал первую схему на отлично, можно ее забыть и переходить к следующей. На самом деле все три схемы прикидочно рисуются на одном листе примерно в одно и то же время и часто случается, что исправления в третьей приводят к изменениям в первой (например, смена чередования материальных потоков).

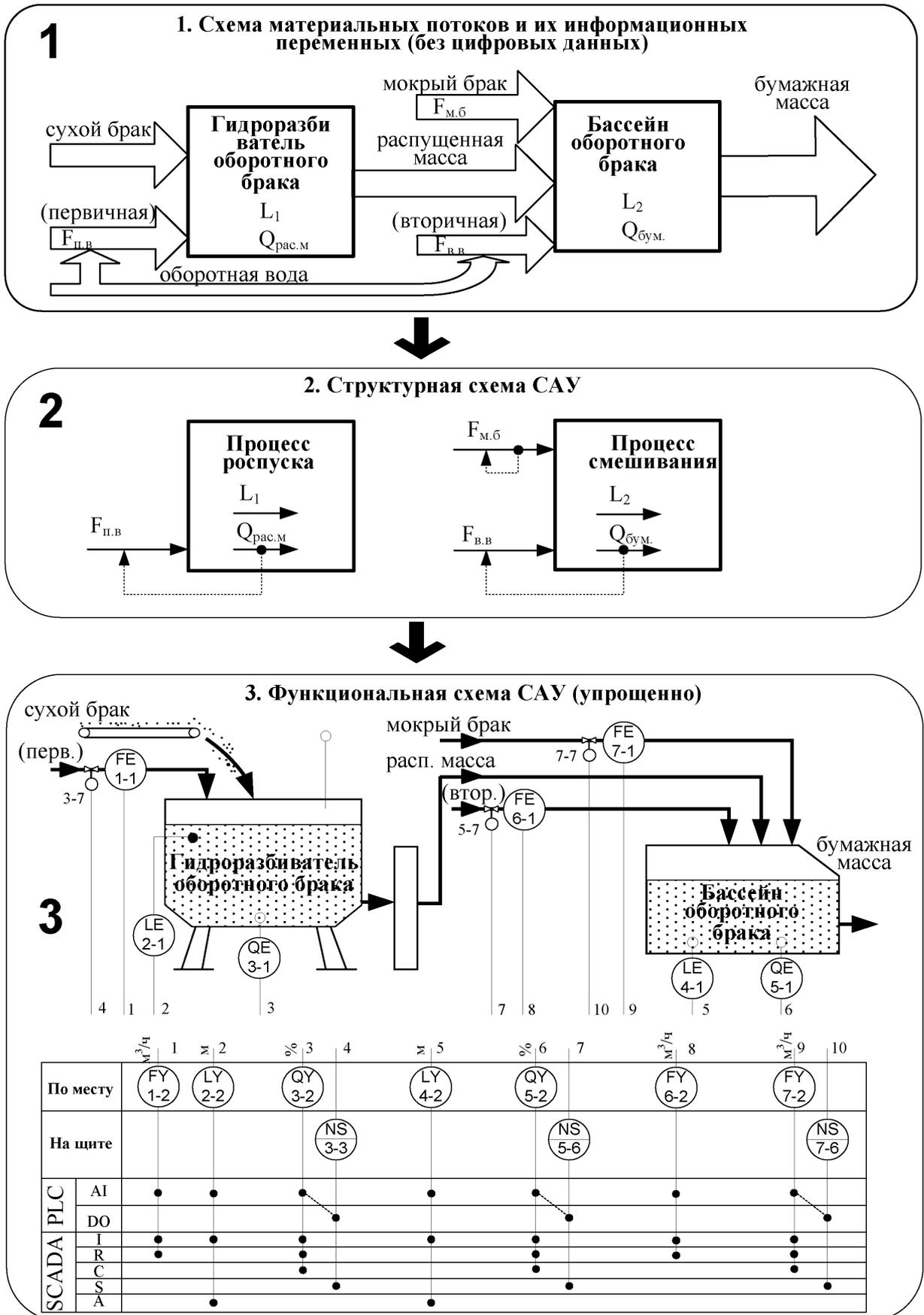
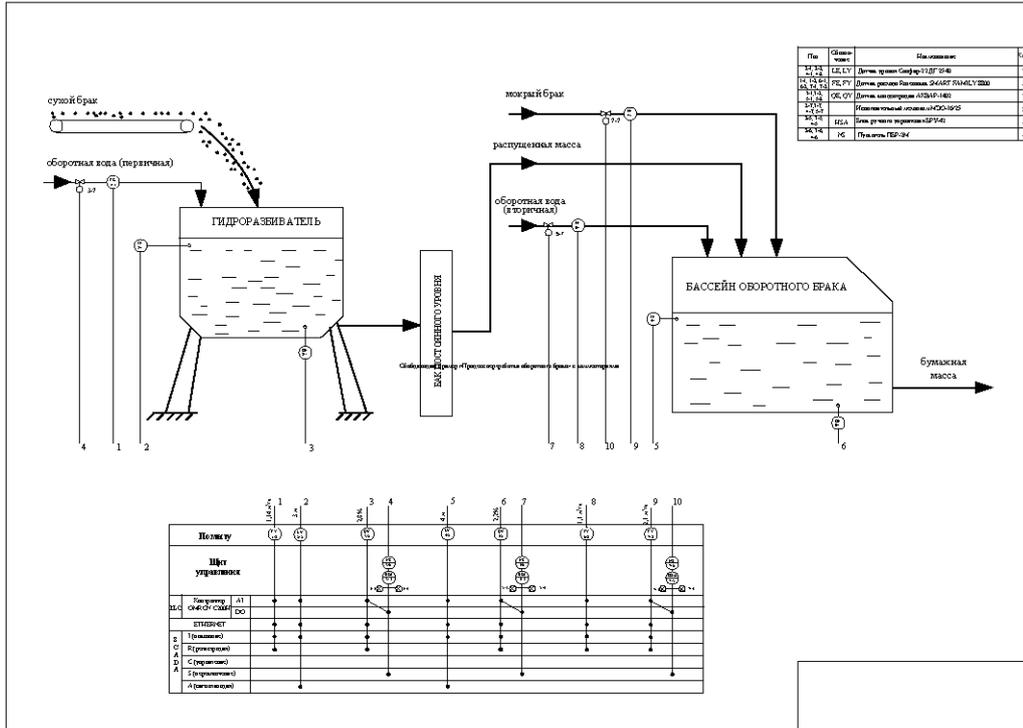


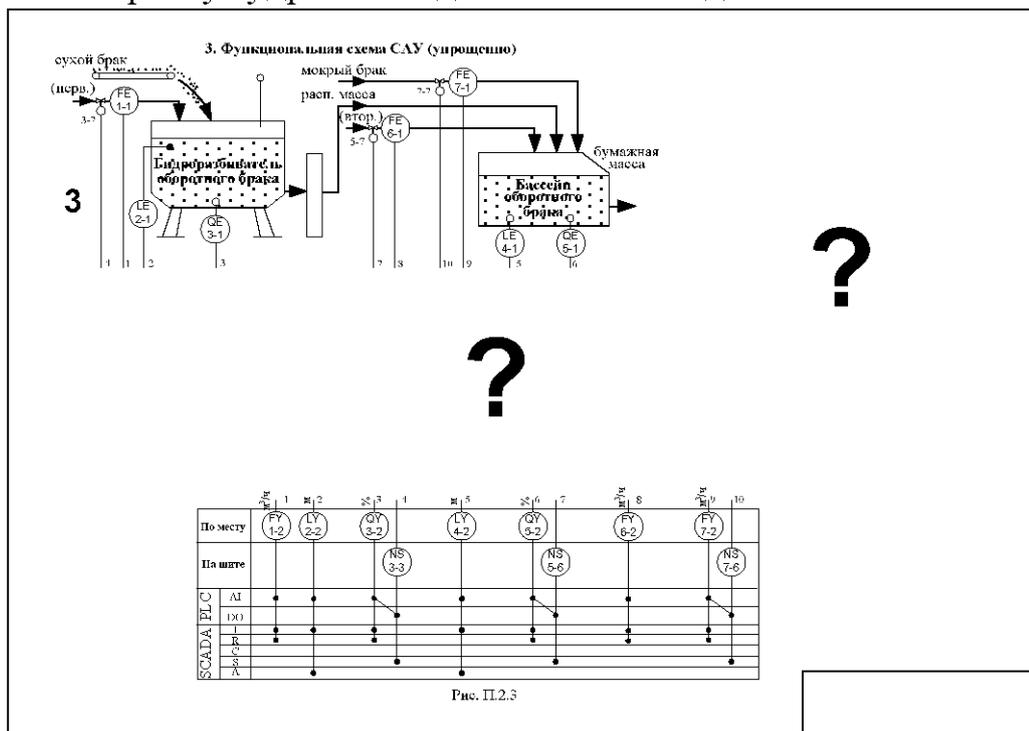
Рис. П.2.3

Типичные ошибки.

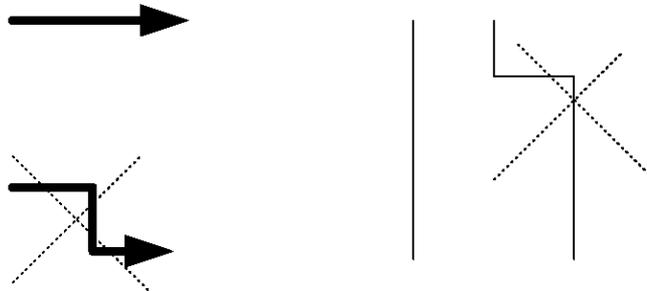
1) нерациональное заполнение дипломного листа – он должен быть композиционно заполнен полностью, без пустот. В данном примере лист заполнен равномерно.



Хотя некоторые умудряются сделать нечто подобное...



2) как можно меньше изломов линий материальных потоков и их информационных переменных, а также их пересечений.



3) очередность потоков на всех трех схемах должна совпадать

4) названия потоков прижимаются к самим линиям потоков, это особенно актуально при их большом количестве (чтобы не было каши).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ 3.4.3. ТИПОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И РАЗРАБОТКА СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

Вопросы

1. Типовые технологические процессы.
2. Разработка схем автоматизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барашко О.Г. Автоматика и автоматизация производственных процессов. Практические занятия. Минск – 2011. 88с. (75-88).

1. Типовые технологические процессы автоматизации

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

1. Процесс перемещения сыпучих материалов по ленточному транспортеру

Технологическая схема процесса перемещения сыпучих материалов приведена на рис. 1.

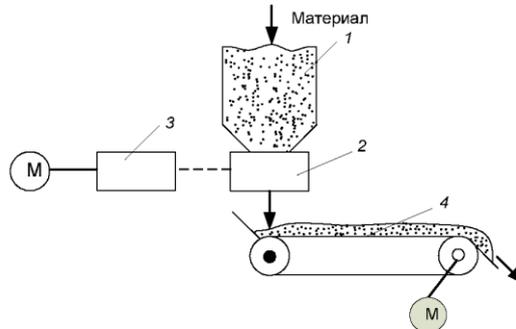


Рис. 1. Схема процесса перемещения сыпучих материалов:
1 – бункер; 2 – дозатор; 3 – вариатор; 4 – ленточный транспортер

Объектом управления является ленточный транспортер, перемещающий сыпучий материал, а целью управления – поддержание заданного значения расхода материала. При этом регулировать данный расход необходимо корректировкой работы вариатора и дозирующего устройства.

Контролю подлежат расход перемещаемого материала и количество потребляемой приводом электроэнергии. При резком возрастании тока электродвигателя в случае заклинивания ленты должны сработать устройства сигнализации и защиты, которые отключают электродвигатель.

В связи с возможностью засорения отдельных участков транспортной ленты посторонними включениями (комками, налипшим материалом) и опасностью выхода из строя отдельных элементов транспортера контролируется и сигнализируется наличие материала.

3. Процесс нагрева в кожухотрубчатом теплообменнике

Технологическая схема процесса нагрева в кожухотрубчатом теплообменнике приведена на рис. 3.

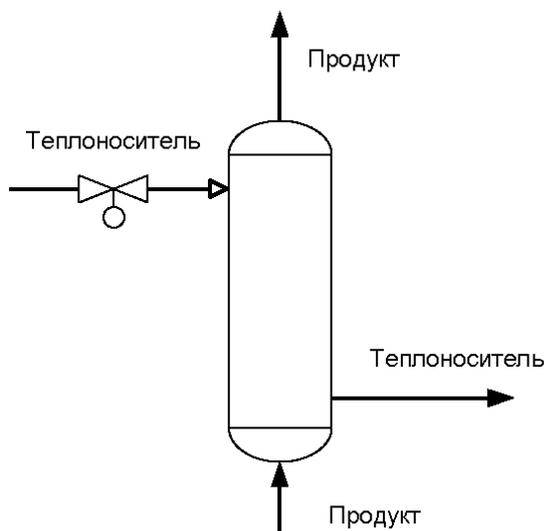


Рис. 3. Схема потоков процесса при нагревании

В данный аппарат подаются нагреваемый продукт и теплоноситель. Показателем эффективности процесса является температура продукта на выходе из теплообменника, а целью управления – поддержание этой температуры на определенном уровне путем изменения расхода теплоносителя.

В качестве регулируемого параметра следует принять температуру продукта на выходе из теплообменника, а в качестве контролируемых величин – расходы продукта и теплоносителя, их конечные и начальные температуры, расход пара. Сигнализации подлежат температура продукта на выходе из теплообменника и расход продукта.

В качестве контролируемых величин следует принимать расходы теплоносителей, их конечные и начальные температуры, давление. Знание текущих значений этих параметров необходимо для нормального пуска, наладки и эксплуатации процесса.

Сигнализации подлежит температура и расход продукта, поскольку резкое падение расхода может послужить причиной выхода из строя теплообменника. Устройство защиты в этом случае должно перекрывать линию подачи теплоносителя.



4. Процесс сушки в барабанной прямоточной сушилке

Технологическая схема процесса сушки в барабанной прямоточной сушилке приведена на рис. 4.

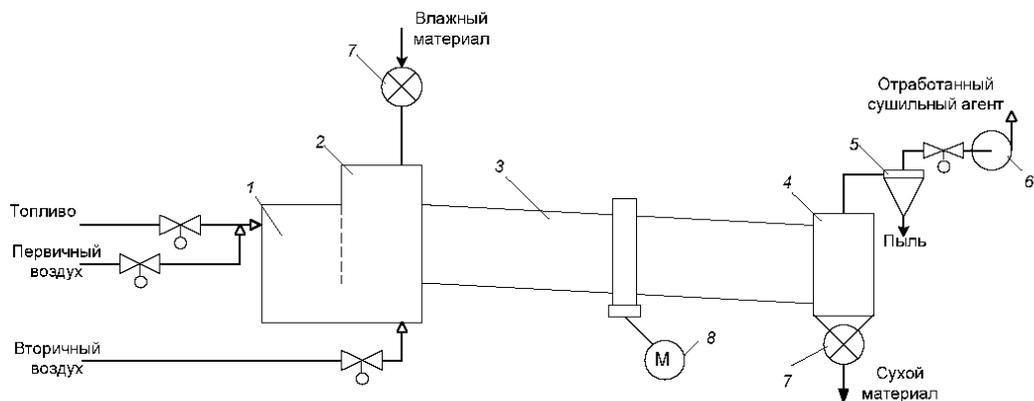


Рис. 4. Схема процесса сушки: 1 – топка; 2 – смешительная камера; 3 – барабан; 4 – бункер; 5 – циклон; 6 – вентилятор; 7 – автоматический дозатор; 8 – электродвигатель барабана

В качестве объекта управления служит барабанная прямоточная сушилка, в которой сушильным агентом выступают дымовые газы. Целью управления является поддержание на определенном уровне влажности материала, выходящего из сушилки. Поэтому влажность материала является основным регулируемым параметром, а регулирующим воздействием – расход топлива.

Соответствие между расходами топлива и воздуха обеспечивается регулятором соотношения.

Температура сушильного агента на входе в сушильный барабан должна быть стабилизирована путем изменения расхода вторичного воздуха. Необходимо регулировать также расход влажного материала и разрежение в сушилке изменением расхода отработанного сушильного агента.

При управлении процессом сушки следует контролировать расход топлива, первичного и вторичного воздуха, влажного и сухого материала, температуру сушильного агента на входе в сушилку и на выходе из нее, температуру в сушилке, разрежение в сушильной камере.

При значительном отклонении показателя эффективности от заданного значения, опасном повышении температуры сушильного агента на входе в сушилку и остановке электродвигателя барабана должен быть подан сигнал обслуживающему персоналу. Кроме того, при остановке электродвигателя должна быть прекращена подача материала в сушилку.

5. Процесс абсорбции в абсорбционной колонне

Технологическая схема процесса абсорбции в абсорбционной колонне представлена на рис. 5.

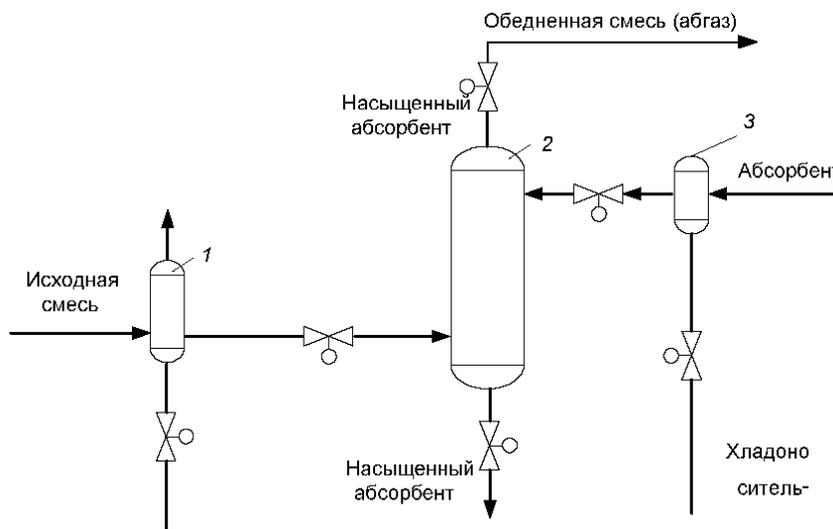


Рис. 5. Схема процесса абсорбции: 1, 3 – холодильники; 2 – абсорбционная колонна

Показателем эффективности процесса абсорбции является концентрация извлекаемого компонента в обедненной смеси, а целью управления – достижение определенного значения этой концентрации. Концентрация зависит от расхода газовой смеси, начальной концентрации в ней извлекаемого компонента и той же концентрации в жидкости, отношения расходов абсорбента и газовой смеси, температуры и давления в аппарате.

Поэтому в качестве регулируемой величины следует взять концентрацию извлекаемого компонента, а регулирующее воздействие реализовать изменением расхода абсорбента. Для улучшения качества регулирования показателя эффективности необходимо предусмотреть систему регулирования расхода газовой смеси, температуры абсорбента и газовой смеси, а также давления в колонне.

В нижней части абсорбера должно находиться некоторое количество жидкости, которое поддерживается регулированием уровня путем изменения расхода насыщенного абсорбента.

В качестве параметров контроля следует выбрать расход и температуру исходного и насыщенного абсорбентов, исходной и обедненной газовой смеси, хладоносителя, концентрацию извлекаемого компонента, уровень в нижней части колонны, температуру по высоте колонны, давление и перепад давления в ней.

6. Процесс десорбции в десорбере с кипящим слоем

Технологическая схема процесса десорбции в десорбере с кипящим слоем показана на рис. 6.

Выделение из адсорбента поглощенного вещества проводится в кипящем слое противоточных тарельчатых адсорбционных аппаратов. Адсорбент после адсорбера направляется в верхнюю тарелку, а в нижнюю часть после калорифера подается нагретый воздух.

Система регулирования десорбера включает автоматическую систему регулирования перепада давления в колонне и расхода воздуха. Кроме того, для улучшения выделения поглощенного вещества стабилизируется температура воздуха после калорифера путем изменения расхода теплоносителя.

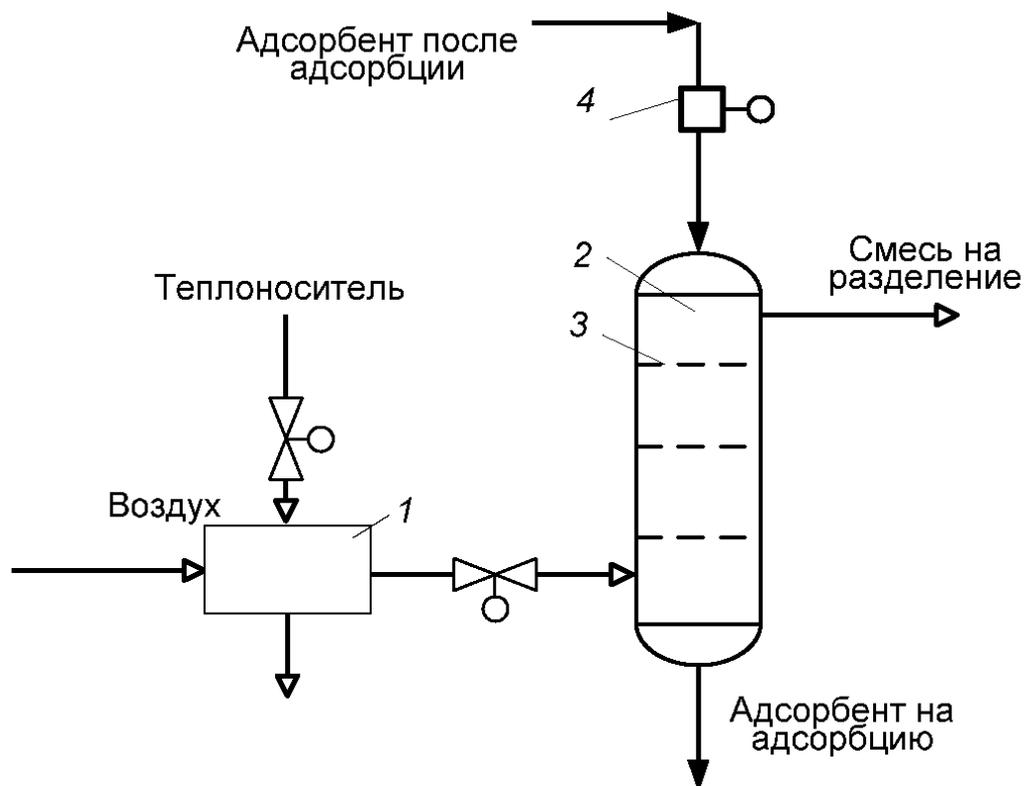


Рис. 6. Схема процесса десорбции в десорбере с кипящим слоем: 1 – калорифер; 2 – десорбционная колонна; 3 – тарелки; 4 – дозатор

7. Процесс кристаллизации в кристаллизаторе с выносным холодильником

Технологическая схема процесса кристаллизации в кристаллизаторе с выносным холодильником представлена на рис. 7.

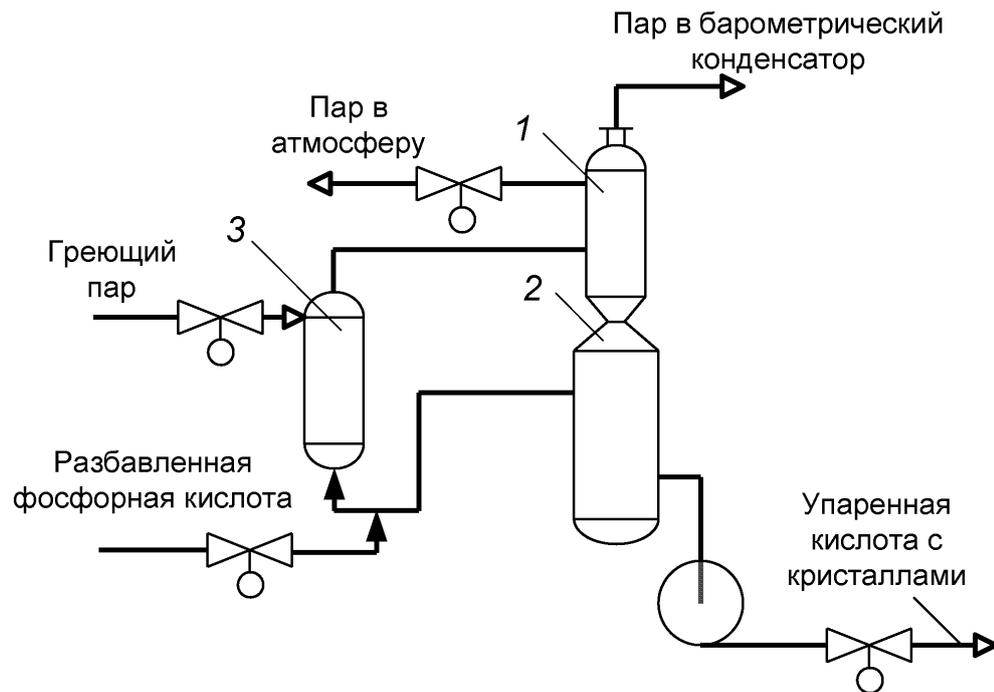


Рис. 7. Схема одноступенчатого кристаллизатора выпарного типа: 1 – верхняя камера; 2 – нижняя камера; 3 – кипятыльник

Показателем эффективности процесса является одинаковый размер полученных кристаллов, при этом датчик размера отсутствует. Поэтому необходимо стабилизировать температуру в аппарате (изменением расхода хладоносителя) и расход исходного раствора. Для поддержания материального баланса кристаллизатора следует стабилизировать уровень в аппарате (изменением расхода суспензии). Маточный раствор выводится из аппаратов за счет перелива, поэтому его расход не регулируется. Стабилизация всех этих параметров обеспечивает заданные размеры кристаллов.

Контролировать следует расходы поступающего раствора, маточного раствора, суспензии и хладоносителя, их температуру, уровень и температуру в кристаллизаторе.



8. Процесс ректификации в ректификационной колонне

Технологическая схема процесса ректификации в ректификационной колонне показана на рис. 8.

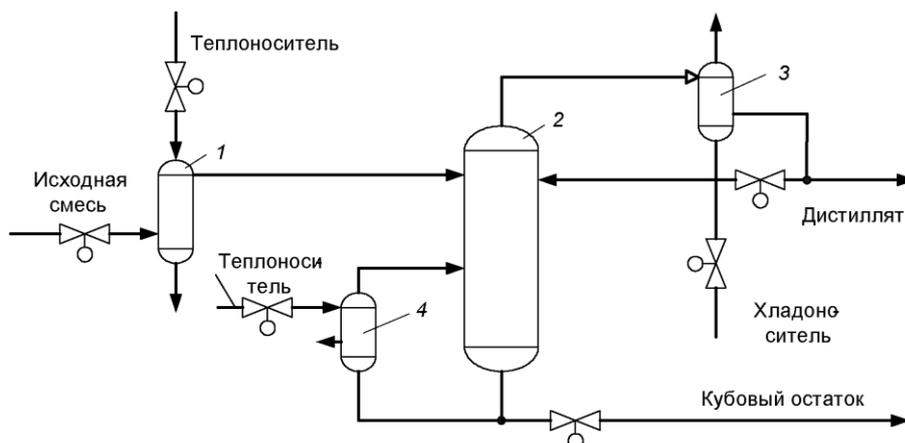


Рис. 8. Схема процесса ректификации: 1 – теплообменник исходной смеси; 2 – ректификационная колонна; 3 – дефлегматор; 4 – кипятильник

Ректификационная установка для разделения смеси состоит из теплообменника исходной смеси, ректификационной колонны, дефлегматора, кипятильника. Показателем эффективности процесса ректификации является состав целевого продукта; дистиллята или целевого остатка (в зависимости от технологии). Цель управления данным процессом – поддержание постоянного состава целевого продукта (например, дистиллята) при заданной производительности установки. При этом необходимо регулировать следующие параметры: расход исходной смеси; температуру исходной смеси путем изменения расхода теплоносителя в теплообменнике; давление в верхней части колонны путем изменения расхода хладонесителя в дефлегматоре; концентрацию исходного компонента в дистилляте путем изменения расхода флегмы в колонне; уровень в колонне путем изменения расхода кубового остатка; температуру в колонне путем изменения расхода теплоносителя в теплообменнике.

Сигнализации подлежат отклонения состава целевого продукта, уровня и давления в колонне от заданных значений. При давлении в колонне выше допустимого, а также при прекращении поступления исходной смеси должны сработать автоматические устройства защиты, отключающие ректификационную установку. При этом магистрали теплоносителей, остатка и дистиллята перекрываются, а магистрали хладонесителя и флегмы полностью открываются.

2. Разработка схем автоматизации

ВОПРОСЫ

1. Дайте определение понятия функциональной схемы автоматизации.
2. Изобразите наиболее часто применяемые обозначения на функциональных схемах автоматизации.
3. Каков порядок буквенных обозначений на функциональных схемах автоматизации?

Задание 1.

Составить условные обозначения приборов по ГОСТ 2.404-85 в соответствии со следующими данными.

Задача 1: а) температурное реле (прибор для измерения температуры, бесшкальные с контактным устройством, установленный по месту); б) дифманометр показывающий (прибор для измерения перепада давления, показывающий, установленные, по месту).

Задача 2: а) электроконтактный манометр или вакуумметр (прибор для измерения давления или разрежения, показывающий, с контактными устройствами, установленный по месту); б) дифманометр (ротаметр) бесшкальный с пневмо- или электропередачей (прибор для измерения расхода, бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту).

Задача 3: а) счетчик-дозатор (прибор для измерения расхода, интегрирующий с устройством для выдачи сигнала после прохождения заданного количества вещества, установленный по месту); б) манометр (дифманометр), используемый для измерения уровня, показывающий, установленный по месту.

Задача 4: а) вторичный прибор влагомера (прибор для намерения влажности, регистрирующий, установленный на щите); б) датчик рН – метра (первичный измерительный преобразователь для измерения качества продукта, установленный по месту).

Задача 5: а) устройство электронно-тензометрическое сигнализирующее (прибор для измерения массы продукта, показывающий, с контактным устройством, установленный по месту); б) преобразователь сигнала, установленный по месту, входной сигнал – пневматический, выходной – электрический.



Задание 2.

1. Провести анализ технологического процесса как объекта управления.

2. Составить функциональную схему автоматизации технологического процесса и дать ее описание. При составлении функциональных схем автоматизации технологического процесса необходимо выполнить следующее.

- уточнить, согласно заданию, переменные, подлежащие контролю и регулированию; при необходимости ввести дополнительно новые переменные регулирования и контроля (положение регулирующего органа, сигнализация, пожаротушение и т. д.)
- выделить приборы, которые устанавливаются на щите и по месту

Задача 1 (рис.1).

На схеме изображена установка для варки клеящей смолы. Процесс варки является периодическим. Сначала реактор I с помощью мерников заполняется фенолом, формалином и катализатором (едким натром). Затем включается мешалка 2, и подается пар в рубашку реактора, температура смеси при этом возрастает до 70-75°C.

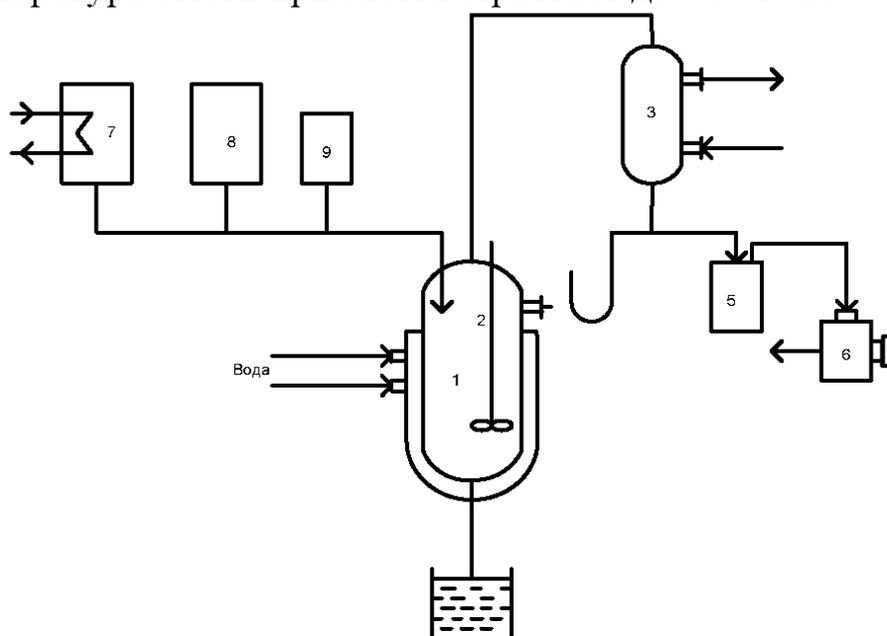


Рис.1. Установка для варки смолы: 1- варочный реактор; 2-мешалка; 3- холодильник; 4- ёмкость для смолы; 5- сборник конденсата; 6- вакуум-насос; 7- мерник фенола; 8- мерник формалина; 9- мерник катализатора



Дальнейший подъем температуры происходит за счет экзотермической реакции, при этом температуру поддерживают в пределах 95 – 100°C за счет подачи охлаждающей воды в рубашку реактора. Конденсатор (холодильник) 3 служит для конденсирования образующихся в реакторе паров и их возврата в процессе кипения, а также для удаления конденсата по окончании этого процесса. Сушка смолы (удаление воды) происходит под действием вакуум-насоса 6 (вакуум в реакторе достигает 70-80 кПа), при этом холодильник включается, ходит под действием вакуум-насоса 6 (вакуум в реакторе достигает 70-80 кПа), при этом холодильник включается напрямую, а конденсат поступает в сборник 5. Готовая продукция выгружается в емкость. Необходимо привести на схеме приборы, обеспечивающие задаваемый температурный режим, контроль уровня смолы в емкости 4, включение и выключение мешалки, вакуум-насоса и подачу компонентов из мерников, а также выгрузку смолы с соответствующей сигнализацией.

Задача 2 (рис.2).

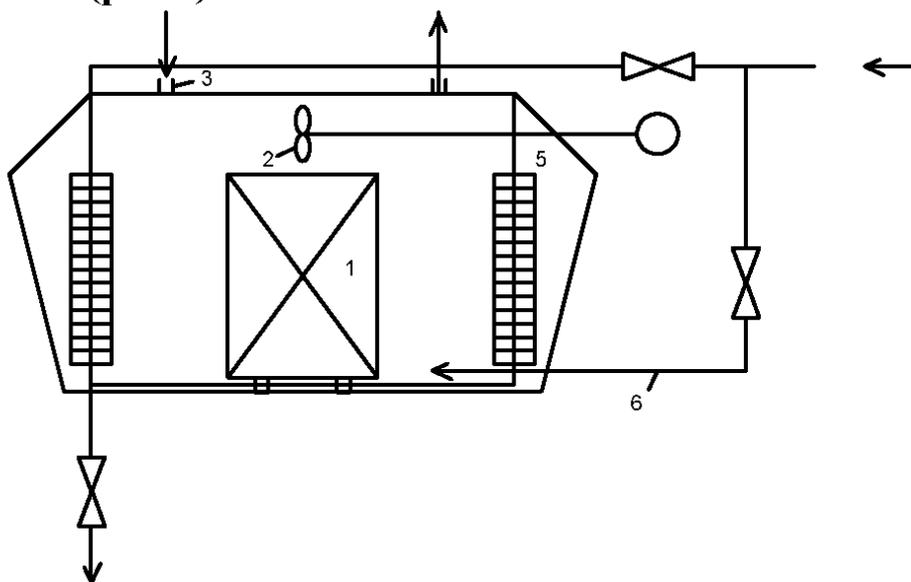


Рис.2. Схема воздушно-паровой сушильной установки периодического действия для древесных материалов: 1-штабель; 2-вентилятор; 3 -приточно-вытяжные каналы; 4-калориферы; 5-подача пара в калориферы; 6 - пропарочная линия

В воздушно-паровой сушильной камере периодического действия насыщенный пар под давлением около 0,4 МПа поступает из котельной в калориферы, которые нагревают циркулирующий через штабель сушильный агент (паровоздушную смесь). Циркуляция сушильного агента принудительная, под действием вентилятора. Температура сушильного агента задается путем изменения подачи пара в калорифе-

ры. Влажность сушильного агента регулируется с учетом показаний увлажненного («мокрого») термометра, путем подачи пара через пропарочную трубу непосредственно в камеру. Включение и реверсирование вентилятора, открытие задвижек на приточно-вытяжных каналах должны производиться дистанционно. Давление пара на входе камеры поддерживается на заданном уровне. На схеме необходимо привести приборы и средства, обеспечивающие задаваемый температурный режим управления вентилятором и задвижками, контроль в сигнализацию их положений.

Задача 3 (рис.3)

Сушка древесных частиц обычно производится в барабанных сушилках при помощи топочных газов. Топка и сушилка представляют собой единый агрегат.

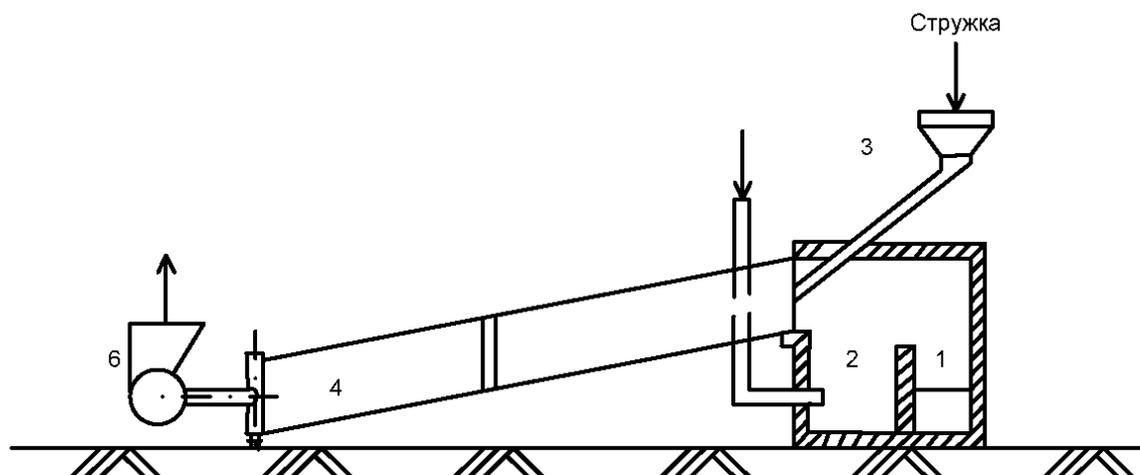


Рис. 3. Барабанная сушилка для древесных частиц: 1- топка; 2- смеситель; 3- загрузочное устройство; 4- барабан; 5- приводная шестерня; 6- дымосос.

Дымовые газы, разбавленные воздухом, имеют на входе в барабан температуру около 350°C . При вращении барабана древесные частицы и дымовые газы передвигаются прямококом. Продолжительность сушки составляет около 10 мин. На выходе из барабана сушильный агент имеет температуру около 120°C . Необходимо разработать схему автоматического регулирования процесса сушки по температуре газов на выходе из барабана с регулирующим воздействием на подачу топлива в смесительную камеру дистанционного управления, контроля и сигнализации подачи воздуха.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ 3.5.4. ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ КОНТРОЛЛЕРЫ (ПЛК)

ВОПРОСЫ

1. Общее описание и классификация ПЛК.
2. Контроллеры, производимые предприятиями РФ.
3. Компоненты ПЛК.
4. Методика выбора ПЛК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Харазов В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами. – СПб.: Профессия, 2009. – 592 с. (169-269).

1. Общее описание и классификация ПЛК

Контроллеры могут быть классифицированы по различным признакам: функциональным, конструктивным, объему вычислительных ресурсов, числу каналов ввода/вывода и др.

Вопросам выбора различных микропроцессорных устройств, и, прежде всего контроллеров, их характеристикам и особенностям применения в АСУ ТП посвящены работы [2.1-2.9]. В работе [2.9] предложено все контроллеры в зависимости от функциональных возможностей, вычислительной мощности и конструктива (по критерию цена/производительность) разделить на моноблочные (компактные), модульные, РС-совместимые (PC-based) и встраиваемые (Embedded Controller). Следует отметить, что эта классификация носит условный характер, поскольку моноблочные или модульные контроллеры могут быть РС-совместимыми, а РС-совместимые контроллеры могут иметь модульную или моноблочную конфигурацию. Однако для проектирования АСУ ТП малой, средней или большой информационной мощности предварительный выбор аппаратно-программного обеспечения системы определяется выбором того или иного типа контроллера по вышеприведенной классификации, прежде всего с учетом функциональных особенностей, производительности и числа каналов ввода/вывода. В последние годы наметился также класс мезонинных контроллеров.

Моноблочный контроллер представляет собой микропроцессорное устройство, в едином конструктиве которого располагаются источник питания (не обязательно), центральный

процессор (сопроцессоры), память, включающая память программ и память переменных (как правило, энергонезависимая), встроенный порт(ы) для выхода в сеть, фиксированное число встроенных каналов аналогового и/или дискретного ввода/вывода, встроенный ПИД-регулятор с автонастройкой (не обязательно), слот расширения для подключения дополнительных модулей, ЖК-дисплей (не обязательно), индикаторы состояния контроллера. Так, новый моноблочный контроллер Twido фирмы Schneider Electric имеет 24 входа/выхода с расширением до 88 каналов, моноблочный контроллер FPO фирмы Matsushita имеет 16 дискретных входов и 16 дискретных выходов, моноблочный контроллер Unitronics M90 Micro фирмы Industrial Automation Systems имеет аналоговый вход и 16 дискретных входов/выходов и т.д.

Увеличение вычислительной мощности моноблочных контроллеров достигается с помощью блоков расширения, объединенных цифровыми линиями связи, и мезонинных модулей.

Модульные контроллеры представляют собой крейт (корзину) с модулем питания, процессорным модулем и различным числом модулей ввода/вывода, коммуникационных и специальных модулей. Число модулей в корзине доходит до 16 и более. Число модулей может быть увеличено за счет плат расширения и добавления новых корзин. При выборе коммуникационных модулей промышленных сетей следует иметь в виду скорость и дальность передачи данных в сети, число узловых станций, наличие питания по шине, топологию сети. Следует отметить, что наблюдается расширение применимости Ethernet-сетей, Internet-технологий и GSM-телемеханики (на базе сотового телефона, модема и SIM-карты) и ряда др.

PC-based или PC-совместимые контроллеры составляют отдельный класс программируемых контроллеров, значение и роль которых с развитием Internet- технологий существенно возрастает. PC-based контроллеры характеризуются наличием встроенной PC-совместимой операционной системы (Windows 9x/2000/NT/ XP/CE, QNX, MS DOS, Linux, MiniOS7, OS-9 и др.), использованием стандартных системных шин (PC-104, VME, AT96 и др.), возможностью использования стандартного программного обеспечения (ISaGraph, Си, Турбо-Си, Си++, Паскаль, Assembler, SCADA-систем Trace Mode, InTouch, Citect и др., а также баз данных), коммуникационных стандартов, наличием OPC-сервера и др. PC-based контроллеры, таким образом, могут использовать богатое программное обеспечение независимых производителей, имеют значительно больший объем

памяти, чем традиционные ПЛК, возможности расширения и модернизации, а также лучшие возможности диагностирования. PC-based контроллеры на базе промышленных ПК позволяют сосредоточить функции управления и визуализации в одном месте, используя встраиваемые системы — платы УСО, памяти, коммуникационные модули и др., а SCADA-системы, требующие больших объемов памяти и недоступные ПЛК, легко реализуются на ПК. Промышленные компьютеры, выпускаемые рядом фирм (Advantech, Axiom, Portwell и др.), удовлетворяют самым жестким условиям эксплуатации, — степень защиты лицевой панели IP65, диапазон рабочих температур от 0 до 50 °С. Стандартные операционные системы позволяют использовать инструментальные средства разработки прикладного программного обеспечения (ПО) различных фирм. Наличие коммуникационных портов ввода/вывода, механизма взаимодействия OPC позволяют ПК взаимодействовать с любым оборудованием — от ПЛК до любых рабочих станций. Однако эти контроллеры зачастую обладают избыточностью вычислительных ресурсов и функций ввиду их универсальности, возможностью зависания с длительным временем рестарта, пониженной надежностью за счет множества компонентов (приложений) на платформе PC. Для большинства практических применений влияние этих недостатков может быть устранено или снижено.

Встраиваемые ПЛК (Embedded Controller) представляют собой полнофункциональные системы, выполненные в форматах PCI, CompactPCI, ISA, PC/104, MicroPC и др., устанавливаемые в слот компьютера или объединительной платы, входящей в состав оборудования. При этом встраиваемый ПЛК использует внешнее питание, степень защиты базовой системы, имеет малые габариты, легкость замены и ряд других достоинств. Среди производителей встраиваемых систем фирмы Advantech, Fastwel, Octagon Systems и др. Примерами встраиваемых контроллеров служат RTU188 и CPU188-5 фирмы Fastwel, модель 5070 фирмы Octagon Systems и др. Новым направлением встраиваемых систем является применение SOM-модулей, представляющих собой компактные высокоинтегрированные компьютеры, устанавливаемые на базовую плату.

В работе [2.8] предложена классификация микропроцессорных программно-технических комплексов, включающих контроллеры и промышленные компьютеры в зависимости от выполняемых функций (специальных, функций контроля и управления, оптимизации, диспетчеризации и планирования). Так, PS-based контроллерам

отведены специальные функции управления в медицине, научных исследованиях и для управления небольшими объектами в промышленности. Следующий класс локальных контроллеров включает контроллеры, встраиваемые в оборудование, и автономные контроллеры для управления небольшими объектами. По вышеприведенной классификации это моноблочные и встраиваемые контроллеры. Наконец, сетевой класс контроллеров (PLC Network) с числом входов/выходов сотни и тысячи каналов представляют модульные контроллеры.

Следует отметить, что программируемые логические контроллеры по сетевым возможностям приближаются к ПК, их память Флэш-методу обладает достаточной емкостью для размещения небольших SCADA-систем. Примером может служить SCADA-система Trace Mode, размещенная в виде SoftPLC в памяти контроллеров «Лагуна», Ломиконт, Теконик, АДЭМ и др. ПЛК обладают повышенной надежностью, высоким быстродействием (0,9 мкс и менее на базовую команду), малыми габаритами, возможностью «горячей замены модулей» (замена модулей без выключения питания) и др. К дополнительным возможностям относятся наличие сторожевого таймера, самодиагностика, режим автонастройки параметров регулятора.

Программирование контроллеров осуществляется в зависимости от задачи и типа контроллера на различных языках программирования по стандарту IEC 61131-3. Широко применяется программный пакет ISaGRAF как интегрированный пакет разработки и отладки приложений для ПЛК и связи с ПО верхнего уровня. Таким образом, отмечается сближение технических характеристик ПК и ПЛК, удовлетворяющих требованиям единого стандарта IEC 1131, и имеющим общий механизм взаимодействия программных средств в виде OPC-сервера (OLE for Process Control), что позволяет на их базе создавать оптимальные структуры PCU

Как правило, контроллеры устанавливаются на DIN-рейку, а соединения с другими модулями, например с модулем питания, модулем аналогового ввода и др. осуществляются с помощью разъемов, жгутов или проводников с наконечниками «под винт».

В разделе 2.2 приведены технические характеристики большинства контроллеров, используемых на российском рынке промышленной автоматизации. Для удобства анализа и полноты описания все контроллеры рассматриваются по фирмам-производителям. Это позволяет проследить изменения в

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

существующих контроллерах и появление новых контроллеров фирмы-производителя.

В последние годы получили развитие станции удаленного ввода/вывода, включающие в состав модули УСО, процессорный модуль обработки входных сигналов, блок питания и коммуникационный модуль для связи с базовым контроллером. При этом станции ввода/вывода располагаются вблизи объекта управления и обмениваются данными по сети с контроллером, находящимся в операторском помещении (в шкафу или универсальной стойке). Этим достигается существенная экономия кабельных трасс, а базовый контроллер освобождается от функций обработки сигналов (фильтрация, масштабирование, усреднение и др.). Станции управления представляют собой каркас со встроенными модулями (устройства I/O) или отдельные модули, объединенные цифровым каналом приема/передачи данных и устанавливаемые, как правило, на DIN-рейке. Модули могут быть распределены территориально или располагаться в непосредственной близости друг от друга на общей DIN-рейке.

В табл. 2.1–2.5 представлены контроллеры различных фирм-производителей.

Таблица 2.1. Моноблочные контроллеры

№ п/п	Наименование контроллера	Фирма-производитель
1	FP0, FP1	Matsushita, Япония
2	Direct Logic DL05, DL105, DL06	Koyo Electronics, Япония
3	Modicon TSX Twido, TSX Zelio	Schneider Electric, Франция
4	Alpha, Alpha XL, FX1S, FX1N	Mitsubishi Electric, Япония
5	Sysmac CPM 1A/2A	Omron, Япония
6	Simatic S7-200, S7-300C, C7-620, LOGO	Siemens, Германия
7	VIPA System 100V	VIPA GmbH, Германия
8	VersaMax Nano, VersaMax Micro	General Electric Fanuc, США—Япония
9	Unitronics M90/M91Micro, Visio 230	Industrial Automation Systems, Израиль
10	MicroLogix, PICO	Rockwell Automation, США
11	ROC 306, ROC 312	Fisher, США
12	TeleSafe, SmartWire, SCADAPack	Control Microsystems, Канада
13	DVP	Delta Electronics Inc.,
14	Comat BoX	Turck GmbH, Германия
15	Facon	Fatec Automation Corp., Тайвань
16	Easy 500, 600, 700, 800, MFD Titan, PS4	Möller GmbH, Германия
17	FATEK	Fatec Automation PLC, Тайвань
18	Decont – 182	«ДЭП», Россия
19	MCS8	МЗТА, Россия.
20	ТКМ-410	Группа компаний «Текоп», Россия
21	ПЛК 100, ПЛК 150	«ОВЕН», Россия
22	NE-1600	«ИКОС», Россия

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

Таблица 2.2. Модульные контроллеры

№ п/п	Наименование контроллера	Фирма-производитель
1	FP2	<i>Matsushita</i> , Япония
2	DL205, DL405	<i>Koyo Electronics</i> , Япония
3	Modicon TSX 37 Micro, TSX 57 Premium, TSX Quantum	<i>Schneider Electric</i> , Франция
4	FX 2N, FX 3N, MELSEC AnSH, QnAS, QnA	<i>Mitsubishi Electric</i> , Япония
5	CSI, CQM1H, CJ1	<i>Omron</i> , Япония
6	Simatic S7-300, S7-400	<i>Siemens</i> , Германия
7	VIPA System 200V, System 300V	<i>VIPA GmbH</i> , Германия
8	GE Fanuc Series 90-30, Series 90-70, VersaMax, PACSystems	<i>General Electric Fanuc</i> , США—Япония
9	MicroLogix SLC500, CompactLogix, FlexLogix, ControlLogix	<i>Rockwell Automation</i> , США
10	PS-416, XC100, XC200, XC600	<i>Möller GmbH</i> , Германия
11	B&R SYSTEM 2000	<i>Bernecker&Rainer</i> , Австрия
12	BX 3100	<i>Beckhoff</i> , Германия
13	ADAM-8000	<i>Advantech</i> , Тайвань
14	TKM 700	ГК «Текон», Россия
15	P-130	ПО «Промприбор», Россия
16	КОНТРАСТ КР-300Ш (ИШ), КР-500	ЗАО «ВОЛМАГ», Россия
17	ЭК-2000	ЗАО «Эмикон», Россия
18	СОНЕТ, КП-ПП	ФГУП «ЭЗАН», Россия

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

Таблица 2.3. PC-based контроллеры

№ п/п	Наименование контроллера	Фирма производитель	CPU	ОС	ПО
1	Direct Logic 470	Koyo Electronics, Япония	Pentium MMX 200 МГц	Windows CE	Think&Do
2	WinPLC	Koyo Electronics, Япония	Hitachi SH3, 40, 100 МГц	Windows CE	Think&Do
3	ROC 809, ROC 812	Fisher-Rosemount (США)	PowerPC	Многозадачная ОСРБ	ROCLink 800
4	i-7188, i-8000	ICP DAS (Тайвань)	AMD 80188, 40МГц	MS DOS, Mini OS7	ISaGRAF, Си, Паскаль, Ассемблер
5	ADAM 4500, 5510/5511	Advantech, Тайвань	i80186, 40 МГц	DataLight ROM-DOS	С, С++, Ассемблер, UltraLogik, Paradum-31
6	ADAM 6500	Advantech, Тайвань	StrongArm 206 МГц	Windows CE. Net 4.1	С++, VBasic
7	WAGO серия 758	WAGO, Германия	SC 1200 266 МГц	RT-Linux	WAGO-I/O-PRO САА
8	RTU188	Fastwel Inc., Россия	Am188ES, 40 МГц	MS-DOS 6.22	С, С++, Паскаль, Qbasic, Ассемблер
9	TREI-5B	TREI GmbH, Россия	i80486DX4, 80 МГц	Windows	ISaGRAF
10	МФК	АО «Текон», Россия	i80586, 133 МГц	ОС РБ под DOS 6.x, ОС Linux	ISaGRAF, Си++, Trace Mode
11	ТКМ52	АО «Текон», Россия	AMD DX5, 133 МГц	DOS, СПО на базе ОС Linux	ISaGRAF, Trace Mode Tecon CX
12	КРОСС	ОАО «ЗЭИМ», Россия	MC68302/ 68360 20 МГц	OS-9000	ISaGRAF, Trace Mode
13	P-130 ISa	ОАО «ЗЭИМ», Россия	PC-совместимый процессор	RTOS-32	ISaGRAF
14	NZ-6000	«Ниешанц-Автоматика», Россия	i80386SX, 40 МГц	MS DOS, Linux	ISaGRAF PRO
15	УК-753 УНИКОНТ	НПО «Квантор», Украина	i80C186EC, 20 МГц	MS DOS, ОС РБ	СИ, ТурбоСИ, Паскаль, КварцТ
16	Ломиконт ТМ	ОАО «Электроприбор», Россия	i80486DX4, 80 МГц	Windows	ISaGRAF, Trace Mode
17	Микроконт-Р2	НПО «Системотехника», Россия	i80486DX4, 133 МГц	MS DOS, QNX, Windows 95/NT	LD, FBD, Ассемблер
18	ПТК УМИКОН (КТС МикКОН)	ЗАО «Инкоммет», Россия	i80386	Windows	SFC, FBD
19	ПКЭМ-3	«Электромеханика», Россия	MC68302, 20 МГц	OS-9	ISaGRAF
20	МИК СМ9107	ООО «Электронмаш-Систем», Россия	StrongArm, i80386	MS DOS, Linux	Ассемблер

Таблица 2.4. Встраиваемые контроллеры

№п/п	Наименование контроллера	Фирма - производитель
1	HiCO486, HiCOSH4, HiCOGEODE	Hitex Automation, Германия
2	Модули 6010, 6020, 6030, 6040, 6050	Octagon Systems, США
3	Модуль CPU188-5	Fastwel Inc., Россия
4	ICPCon7000/8000	ICP DAS, Тайвань
5	RT	National Instruments, США
6	КМп-20 МСКУ2М	АО «Импульс», Украина

Таблица 2.5. Системы распределенного ввода/вывода и управления

№ п/п	Наименование системы	Фирма-производитель
1	ADAM 4000, ADAM 6000	Advantech, Тайвань
2	i-7000, M-7000	ICP DAS, Тайвань
3	Bus Terminal	Beckhoff, Германия
4	I/O Phoenix Contact	Phoenix Contact, Япония
5	MELSEC ST	Mitsubishi Electric, Япония
6	Simatic ET 200M/200S/200iS/200X/200R	Siemens, Германия
7	Momentum MIE (связь по Ethernet)	Schneider Electric, Франция
8	SmartSlices	Omron, Япония
9	Genius	GE-Fanuc, США—Япония
10	FieldControl	GE-Fanuc, США—Япония
11	Terminator I/O	Koyo Electronics, Япония
12	Flex Integra I/O (1793)	Rockwell Automation, США
13	Flex I/O (1794)	Rockwell Automation, США
14	Flex Logix	Rockwell Automation, США
15	SLX 200	Rockwell Automation, США
16	Think I/O	Kontron, Германия
17	WAGO I/O System	WAGO, Германия
18	I/O System XI/ON	Möller GmbH, Германия
19	I/O System BL 67	Turck GmbH, Германия
20	Excom	Turck GmbH, Германия
21	ioLogik 4000	MOXA, Тайвань
22	NI CompactDAQ	National Instruments, США
23	Fastwel I/O	Fastwel Inc, Россия
24	X67 System	B&R, Австрия
25	IS-RPI	Pepperl+Fuchs, Германия
26	Jet I/O 6500	Korenix, Германия
27	RIO	Allen-Bradley, США
28	ISI	ITC Electronics, Германия
29	I/A Series RTU20	Foxboro, США
30	LB	Cooper Crouse-Hinds/CEAG, США
31	TREI 5B-05	TREI GmbH, Германия
32	Деконт, Деконт-Ех	«ДЭП», Россия
33	КРОСС-500	«ЗЭИМ», Россия
34	ТРАССА-500	«ЗЭИМ», Россия
35	MIRageN	«Модульные системы Торнадо», Россия
36	DCS-2000	«Эмикон», Россия
37	Smart-RTU	«РТСофт», Россия

Программируемые контроллеры зарубежного производства

Ниже приводится описание, состав и технические характеристики контроллеров, систем распределенного ввода/вывода и управления ряда фирм-производителей, представленных на Российском рынке промышленной автоматизации. С учетом того, что многие фирмы выпускают целый ряд контроллеров разного класса (моноблочные, модульные, РС-совместимые и т. д.), перечень аппаратно-программных средств дан применительно к различным фирмам. Тем самым легче

следить за постоянно обновляющейся номенклатурой контроллеров, модулей ввода/вывода, программным обеспечением и т. п. В большинстве случаев (по заверениям производителей), новые модификации контроллеров и версии программного обеспечения поддерживают предыдущие модификации и версии.

2.2.1 Контроллеры компании Advantech, Тайвань

Фирма Advantech производит контроллеры различных классов — компактные, модульные, PC-совместимые и встраиваемые. К компактным контроллерам можно отнести управляющие модули ADAM-4500 и ADAM 6500/6501. Семейство модульных контроллеров представлено серией ADAM-8000. К PC-based контроллерам относятся контроллеры серии ADAM-5000 и промышленные компьютеры MIC-3000 с модулями ввода/вывода на шине CompactPCI.

Контроллер ADAM-4500 (рис. 2.1) в компактном корпусе представляет собой IBM PC-совместимый управляющий модуль с процессором 80188 и ОС ROM-DOS. Память ОЗУ — 256 кбайт, флэш-ПЗУ — 256 кбайт. Коммуникационные порты: COM1 — RS-232/RS-485, COM2 — RS-485, COM3 — RS-232. Скорость обмена — до 115,2 кбит/с, длина линии связи — до 1200 м. Напряжение питания: 10.. .30 VDC.

Контроллер ADAM-6500/6501 с набором модулей аналогового и дискретного ввода/вывода в аналогичных корпусах предназначен для построения систем сбора данных и управления на основе интерфейса Ethernet. Для этого в каждый модуль сбора данных встроен Web-сервер. Для взаимодействия со SCADA-системой в модулях реализована поддержка протокола Modbus TCP/IP и обмен данными осуществляется с помощью OPC-сервера. Контроллер ADAM-6500/6501 со встроенной ОС Windows CE снабжен процессором Intel StrongArm 206 МГц (ADAM-6500) или Intel XScale 400 МГц (ADAM-6501). Память ОЗУ — 64 Мб, флэш-ПЗУ — 16 Мб (ADAM-6500) и 32 Мб (ADAM-6501). Интерфейс Ethernet: 10BaseT (ADAM-6500) и 10/100 BaseT (ADAM-6501). Последовательные интерфейсы ADAM-6500: 3xRS-232 и 2xRS-485. Интерфейсы ADAM-6501: 1xRS-232, 1xRS-232/RS-485.

В состав серии ADAM-6000 входят 8-канальный модуль аналогового ввода ADAM-6017 и 8-канальный модуль для подключения термодатчиков ADAM-6051, 16-канальный модуль дискретного ввода/вывода ADAM-6051, конвертеры Ethernet в оптический интерфейс 100 BaseFX и USB в RS-232/RS-422/RS-485 и др.

Модульный контроллер распределенной системы сбора данных и управления ADAM-8000 (рис. 2.2) программно совместим с контроллерами серии Simatic S7-300 фирмы Siemens.

Программирование контроллера возможно как с помощью пакета STEP7, так и с помощью пакетов ADAM-WinPLC7 и ADAM-WinNCS. Контроллеры серии ADAM-8000 могут объединяться в сетях Profibus DP, Modbus TCP и CAN. Контроллер имеет сменные процессорные модули и модули ввода/вывода. В табл. 2.6 приведены основные характеристики

Таблица 2.6. Характеристики процессорных модулей ADAM-8000

Тип модуля/CPU	Память ОЗУ/ программ, кбайт	Число таймеров/ счетчиков	Время исполнения бита/слова, мкс	Интерфейс
ADAM-8214-1B/ CPU214	32/40	128/256	018/0,78	RS-232
ADAM-8214-2B/ CPU214	32/40	128/256	018/0,78	RS-232, Profibus DP
ADAM-8215-1B/ CPU215	64/80	128/256	018/0,78	RS-232
ADAM-8215-2B/ CPU215	64/80	128/256	018/0,78	RS-232, Profibus DP
ADAM-8216-2B/ CPU216	128/192	128/256	018/0,78	RS-232, Profibus DP

Для всех моделей контроллера допускается объединение до 32 модулей ввода/вывода по MPTинтерфейсу. При наличии интерфейса Profibus DP (скорость обмена данными от 9600 бит/с до 12 Мбит/с) число ведомых устройств — до 125 (до 32 без повторителя). В состав серии ADAM-8000 входят коммуникационные модули Profibus DP Master и Profibus DP Slave, CANopen Master и CANopen Slave, а также DeviceNet Slave.



Рис. 2.1

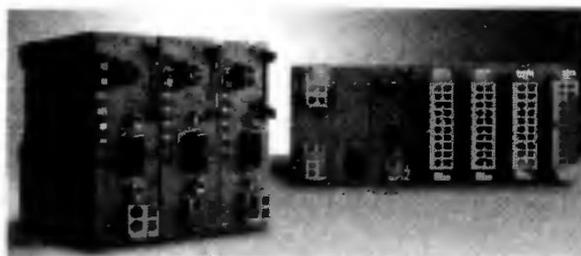


Рис. 2.2



Рис. 2.3

Модули аналогового ввода — 4- и 8-канальные (ADAM8231-1BD52 и ADAM8231-1BF00), аналогового вывода — 4-канальные ADAM8232-1BD50, модули дискретного ввода и вывода — 8-, 16- и 32-канальные. Помимо этих модулей в состав ADAM-8000 входят модуль интерфейса Modbus, модуль счетчика и др.

Модульные контроллеры серии ADAM-5000 включают IBM PC-совместимые контроллеры: ADAM-5510/5510M/5510E, различающиеся объемом памяти и числом последовательных портов; ADAM-5511 — с поддержкой Modbus; ADAM-5000/ TCP, ADAM-5510/TCP, ADAM-5510E/TCP и ADAM-5510EKW/TCP — с поддержкой Ethernet; ADAM-5550 с ОС Windows CE 5.0; ADAM-5000/485 на базе интерфейса RS-485; ADAM-5000/TCP с 32-разрядным RISC-процессором Strong ARM фирмы Intel.

Контроллеры ADAM 5000 состоят из процессорного модуля, кросс-платы с блоком питания и модулей ввода/вывода (от 4 до 8). Питание контроллера — 10...30 **VDC**, диапазон рабочих температур от -10 до +70 °С. Для примера рассмотрим контроллер ADAM-5550.

Контроллер ADAM-5550 с ОС Windows CE (рис. 2.3) снабжен процессором AMD Geode GX533, объем ОЗУ — 128 Мбайт, флэш-ПЗУ — 1,5 Мбайт. Контроллер имеет встроенные Web-сервер и FTP-сервер. Шасси рассчитано на установку 8 модулей ввода/вывода. Коммуникационные порты: 2xRS-232/RS-485, 1xRS-485, 1xRS-232, 2xUSB 1.1, 2xEthernet 10/100 BaseT. Программирование контроллера осуществляется с помощью пакета KW MULTIPROG.

В табл. 2.7 представлены характеристики некоторых других моделей контроллеров серии ADAM-5000.

Таблица 2.7. Технические характеристики контроллеров серии ADAM-5000.

Тип контроллера	Тип процессора	ОС	Объем памяти ОЗУ/ПЗУ	Интерфейсы	Сетевой протокол	ПО
ADAM-5510M	16-разрядный микропроцессор 80188	ROM-DOS	640 кбайт/ 1,5 Мбайт	2xRS-232, 1xRS-485, 1xRS-232/RS-485	Modbus/ RTU	UltraLogik
ADAM-5511			256 кбайт/ 512 кбайт	2xRS-232, 1xRS-485		UltraLogik, SCADA ADAMView
ADAM-5510/TCP			640 кбайт/ 1,5 Мбайт	2xRS-232, 1xRS-485, 1xRS-232/RS-485, Ethernet 10/100 BaseT	Ethernet TCP/IP	Turbo C++

Новые модели ADAM-5510/HC и ADAM-5510/HCG со встроенной SCADA-системой Trace Mode поддерживают новые функции, в том числе возможность программирования в единой среде контроллера и операторской станции, функции автопостроения проекта, использование единой базы данных и др. Также имеется возможность приема и передачи данных в формате SMS по GSM-каналу. Со встроенной системой Trace Mode ADAM-5510 поддерживают до 128 точек ввода/вывода и до 32 FBD-программ.

Среди модулей ввода/вывода для контроллеров серии ADAM-5000 отметим 8-канальные модули аналогового ввода (ADAM-5017 и ADAM-5017H), 4-канальный модуль аналогового вывода ADAM-5024, 8- и 16-канальные модули дискретного ввода и вывода, модули релейного вывода и др.

Максимальное число встроенных каналов ввода/вывода достигается при использовании контроллера ADAM-5000/TCP, позволяющего установку 8 модулей на 128 каналов ввода/вывода. Контроллер имеет 32-разрядный RISC-процессор Strong ARM фирмы **Intel**, встроенные порты Ethernet 10/100 BaseT и RS-485.

Использование протокола Ethernet Modbus/TCP позволяет интегрировать ADAM-5000/TCP со SCADA-системой и другими пользовательскими приложениями.



Рис. 2.4

Промышленный компьютер серии MIC3000 (рис. 2.4) базируется на системной шине CompactPCI и имеет конструктивное исполнение по стандарту Евромеханика высотой 3U и 6U. Исполнение 3U применяется в системах промышленной автоматизации, исполнение 6U — в телекоммуникационных системах. В табл. 2.8 приведены основные технические характеристики процессорных модулей MIC-3000.

Таблица 2.8. Характеристики процессорных модулей MIC-3000

Тип модуля	Тип процессора	Объем ОЗУ	Интерфейс шины	Периферийные интерфейсы	Сетевой интерфейс
MIC-3316	Intel Celeron 650 МГц	До 384 Мбайт	PICMG 32 бит/33 МГц	4×RS-232/422/485, 1×USB 1.1	Ethernet 10/100 BaseT
MIC-3318	Intel Pentium 4 1,2/1,7 ГГц	До 512 Мбайт	PICMG 32 бит/33 МГц	2×RS-232/422/485, 2×USB 2.0	2x Ethernet 10/100 BaseT
MIC-3351	Intel Pentium MMX 266 МГц	До 256 Мбайт	PICMG 32 бит/33 МГц	2×RS-232, 2×USB 1.1, 1×FDD, 1×Parallel	Ethernet 10/100 BaseT

Исполнение процессорных модулей — безвентиляторное. Также на платах установлены контроллер VGA (C&T 69000 с разрешением 1280x1024) и контроллер IDE (UDMA/33). Имеется возможность установки жесткого диска формата 2,5" и твердотельного накопителя Сотрай Флэш.

Для увеличения числа портов последовательной передачи (RS-232/422/485) предназначены 4-портовая плата MIC-3612 и 8-портовая плата MIC-3620.

В табл. 2.9 приведены характеристики модулей ввода/вывода MIC-3000.

Таблица 2.9. Характеристики модулей ввода/вывода MIC-3000

Тип модуля	Число аналоговых входов	Число аналоговых выходов	Число дискретных входов	Число дискретных выходов	Частота опроса
МІС-3714	4×12 бит	—	—	—	30 МГц
МІС-3716	16×16 бит	2×16 бит	16 каналов ввода/вывода + 1 счетчик		250 кГц
МІС-3753	—	—	96 TTL-каналов ввода/вывода + 1 счетчик		1,6 МГц
МІС-3756	—	—	32 изолированных × 24 VDC		40 кГц
МІС-3761	—	—	8 изолированных × 24 VDC	4 реле типа А и 4 реле типа В	40 кГц

2.2.2 Контроллеры компании *Beckhoff* (Германия)

Контроллеры делятся на 3 класса: контроллеры промышленной шины серии ВС и ВХ, серия Embedded-PC CX1000 и промышленные PC.

Контроллеры относятся к классу контроллеров, программируемых по стандарту МЭК 61131-3. Концепция компьютерного управления компании *Beckhoff* базируется на модульном принципе построения контроллеров и систем ввода/вывода, встраиваемых компьютерах, программном обеспечении TwinCAT, высокоскоростной сети EtherCAT, сети Lightbus на основе оптоволоконна и др.

Модульные PC-based контроллеры включают контроллеры серии CX — CX1000, CX1020 и CX9000 различных модификаций в зависимости от типа процессора, объема памяти, системных интерфейсов и пр.

Контроллер CX1000 (рис. 2.5) относится к контроллерам средней производительности. Все модули контроллера устанавливаются на DIN-рейке.

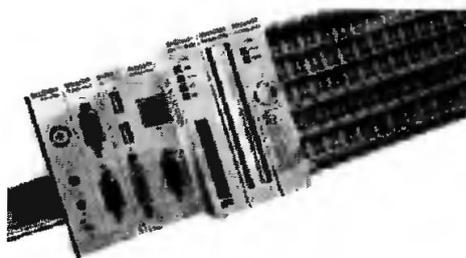


Рис. 2.5

Контроллер CX1000 может работать в автономном режиме, без монитора и клавиатуры (в этом случае соответствующие компоненты не требуются). Если управляющая система не имеет средств визуализации, существует возможность ее обслуживания через встроенный Ethernet или интерфейс RS-232.

При необходимости визуализация подключение осуществляется через DVI/USB модуль (DVI-Digital Video Interface — цифровой видеоинтерфейс) к любой управляющей панели *Beckhoff*. Контроллеры серии CX1000 представляют собой систему, модули ко-

торой соединяются между собой с помощью стандартной системной шины PC/104. Отдельные компоненты системы представляют собой модули одинарной (19 мм) или двойной (38) ширины. Базовый блок состоит из одного модуля CPU (CX100x-0xxx), поставляемого в различных модификациях, и одного модуля питания (CX1100-(100x).

Различие модификаций процессорных модулей касается объема памяти (16 МВ Флэш/32 МВ RAM или 64 МВ Флэш/128 МВ RAM). Последний вариант является обязательным условием для работы системы в среде Windows XP Embedded. Также модули отличаются наличием различных интерфейсов (Ethernet, RS-232, USB), встроенной операционной системой (Windows CE.NET или Windows XP Embedded). Общими для контроллеров серии CX являются: системная шина PC/104 Standard или ISA, блок питания на 24 **VDC**. Все варианты блоков питания оборудуются двустрочным (по 16 знаков в каждой строке) ЖК-дисплеем с подсветкой для вывода сообщений о статусе. Пользовательские программы могут использовать дисплей также для вывода специальных текстовых сообщений.

Среди модулей серии CX1000 имеются модули с интерфейсами промышленных шин Profibus, CANopen, DeviceNet, SERCOS Interface и Lightbus как в исполнении Master, так и в исполнении Slave.

Для программирования контроллеров используется программное обеспечение TwinCAT. Сочетание модульной аппаратной части и мощного программного обеспечения позволяет позиционировать CX1000 как контроллер для универсального применения.

Контроллер CX9000 (рис. 2.6) включает процессорный модуль, блок питания, интерфейсы ввода/вывода, EtherCAT-модули или K-bus модули. Операционная система — Microsoft Windows CE, оперативная память 64 Мбайт с расширением до 128 Мбайт., интерфейс — 2xEthernet. Программное обеспечение контроллера — TwinCAT CE PLC или CE NC PTP runtime.



Рис. 2.6

Модульная система ввода/вывода Bus Terminal. Станция ввода/вывода представляет, собой сетевой контроллер BC (Bus Coupler), обеспечивающий связь модулей ввода/вывода с промышленной шиной. Контроллер станции ввода/вывода может также выполнять самостоятельные функции по управлению процессом, диагностике и др. В систему ввода/вывода входят более 150 типов модулей, в том числе модули Bus Terminal с интерфейсами RS-232, RS-485, Ethernet для связи с различными интеллектуальными устройствами (подключение к сети Ethernet только для контроллера BC9000). Дискретные модули выполнены в виде 2-, 4- и 8-канальных устройств. Стандартные аналоговые входы сигналов ± 10 В, 0 ... 10 В, 0/4 ... 20 мА выполнены в 1-, 2-, 4- и 8-канальном варианте. В стандартном корпусе модуля шириной всего 12 мм компактно сосредоточены входы и выходы аналоговых сигналов. Благодаря этому достигается высокая плотность системы, позволяющая экономично использовать занимаемое пространство. На рис. 2.7 показан контроллер BC9000 из серии BC.

Управление каналами ввода/вывода осуществляется по промышленной шине через интерфейсный модуль Bus coupler, который выбирается по типу шины, в соответствии с необходимыми требованиями.

Модуль расширения K-bus позволяет подключать до 255 модулей ввода/вывода к одному контроллеру. Контроллеры промышленных шин **Beckhoff** поддерживают протоколы Lightbus, Profibus DP/FMS, Interbus, CANopen, DeviceNet, ControlNet, Modbus, Fipio, SERCOS Interface, RS-232, RS-485, Ethernet TCP/IP и USB.

Модуль ввода/вывода может быть мастер-устройством промышленной шины. Как правило, это целесообразно для интегрирования подсистем в систему более высокого уровня. Мастер-

устройства доступны для следующих шин: AS-Interface, EIB, LON, DALI, LIN и EnOcean.

Различные типы Bus Terminal контроллеров (рис. 2.8) используют различные сети. Сеть Lightbus поддерживает ПЛК типа BC2000; Profibus — BC31xx; Interbus — BC4000; CANopen — BC51xx; DeviceNet — BC52xx; Modbus — 7300; RS-485 — BC8000, BX8000; RS-232 — BC81xx; Ethernet TCP/IP — BC90xx, BX9000, BC91xx.

В зависимости от типа шины интерфейсные модули BUS Coupler подразделяются на следующие типы: EtherCAT — BK1120, BK1250; Lightbus — BK20xx; Profibus — BK30xx, BK31xx, BK35xx; Interbus — BK4500; CANopen — BK51xx, LC51xx; DeviceNet — BK52xx, LC5200; ControlNet — BK7000; CC-Link — BK7150; Modbus — BK73xx; Fipio —



Рис. 2.7

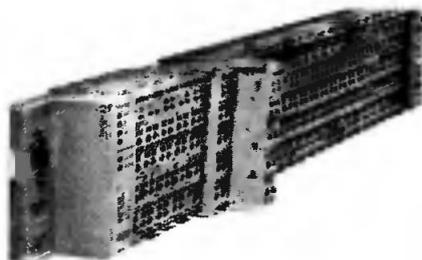


Рис. 2.8

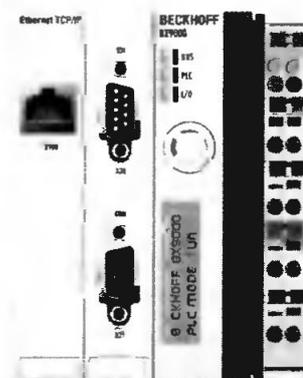


Рис. 2.9

BK7420; Sercos Interface — BK75xx, RS-485 — BK8000; RS-232 — BK8100; Ethernet TCP/ IP — BK90xx, 9100; ASi — KL/KS62xl, LON — KL/KS6401; MP-bus — KL/KS6771.

Серия контроллеров VX (VX3100, VX5120, VX5200, VX8000 и VX9000) отличается от серии BC большим объемом памяти (ОЗУ-512 кбайт, флэш ПЗУ — 1 Мбайт), а также наличием дополнительного интерфейса RS-485, ЖК-дисплея и часов реального времени. Кроме того, контроллеры серии VX поддерживают промышленную сеть CANopen. На рис. 2.9 показан общий вид контроллера VX9100.

Промышленные ПК (рис. 2.10) базируются на процессоре Intel Pentium от 266 МГц до 2 ГГц, объем ОЗУ — от 64 Мбайт до 1 Гбайт. Возможно оснащение промышленного ПК встроенным ЖК- дисплеем или удаленным на расстояние до 100 м.

Новая серия промышленного ПК C6300 обладает малыми габаритами, высокой производительностью, большим набором интерфейсов промышленных шин. ПО промышленного компьютера — TwinCAT под Windows NT/2000/XP.

ера ВЛ9100.



Рис. 2.10

2.2.3 Контроллеры компании *Bernecker & Rainer Industrial Elektronik GmbH*, Австрия

Компания **B&R** выпускает серию промышленных контроллеров B&R System2003, System2005 и System2010, серию контроллеров и модулей ввода/вывода X20/X67. Новой продукцией является PC-совместимый контроллер, встроенный в операторскую панель PP100/PP200.

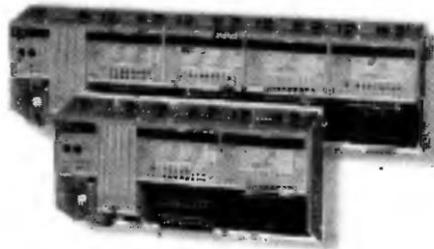


Рис. 2.11

Модульные контроллеры B&R System2003 (рис. 2.11) представляют серию промышленных контроллеров и модулей для систем управления при решении задач малой и средней автоматизации. Процессорные модули серии построены на процессорах Intel Pentium или Motorola, имеют среднюю наработку на отказ (MTBF) больше 1 000 000 ч. Контроллер способен обрабатывать до 10 000 дискретных и до 5000 аналоговых сигналов. Время выполнения типовой инструкции — 0,5 мкс. Интерфейсы связи контроллера: RS-232, RS-422, RS-485, CAN, Ethernet TCP/IP, Ethernet PowerLink, TTY, USB, Profibus DP и др). Для конфигурирования контроллера используется пакет Automation Studio™.

Операционная система контроллера — мультизадачная, реального времени. Максимальное количество входов/выходов — 272 дискретных и 80 аналоговых. Модули центрального процессора (CP 430/470/474/476/770/774): память SRAM — 750 кбайт, Флэш PROM —

1,5 Мбайт. Процессорный модуль CP 570 на базе x86 процессора имеет встроенные интерфейсы Ethernet 10/100 BaseT и USB.

Конструкция крейта позволяет устанавливать 2, 3, 4, 5, 6, 8 или 10 модулей. При использовании удаленных входов/выходов общее число станций достигает 31. Система удаленного ввода/вывода (RIO) B&R применяется для приложений с большей производительностью. Она обеспечивает скорость передачи данных до 2 Мбит/с. Время отклика RIO (считывания цифрового входа и установки цифрового выхода) менее 3 мс. Общая ширина крейта в зависимости от числа модулей N составляет от 161,5 до 773,5 мм ($76,5 \times N + 8,5$ мм). Размеры модулей в металлическом корпусе: 77x115x70 мм. Модули устанавливаются на базовой плате, выполненной из алюминия, и крепятся винтами. Модули дискретного ввода/вывода рассчитаны на 2, 4, 8, 16 или 32 канала. Выходные элементы дискретного выхода — транзистор, реле, семистор. Модули аналогового ввода/вывода с числом каналов от 1 до 4-х рассчитаны на сигналы ± 10 VDC, 0...20 мА. Помимо этих модулей имеются температурные модули, модули ЧПУ и позиционирования, смешанные модули и интерфейсные модули. Напряжение питания контроллера: 18...30 VDC или 190...220 **VAC**. Рабочая температура — от 0 до 60 °C.

Модульный контроллеры B&R System2005 (рис. 2.12) применяется для создания средних и больших систем автоматизации. Процессорные модули контроллера построены на процессорах Pentium III, время цикла типовой инструкции — 0,012 мкс. Модульная концепция и масштабируемость, полный спектр модулей для любых типов задач, поддержка всех основных промышленных интерфейсов и полевых шин расширяют применение данного типа контроллеров. Основные характеристики контроллера: операционная система — мультизадачная, реального времени с квантованием по времени; минимальное время цикла — 0,2 мс; минимальное время обработки команды — 0,012 мкс; напряжение питания: 18...30 **VDC** или 190...220 **VAC**.

Модули B&R System 2005 имеют пластмассовые корпуса и крепятся к модулю базовой платы, который присоединяется к монтажному основанию. На базовой плате может быть установлено до 15 модулей. Если необходимо большее число модулей систему легко увеличить, используя сегменты расширения. Основной сегмент содержит CPU и модуль питания, расположенный в левом конце сегмента. Центральный процессор, расположенный на основной базовой плате справа от модуля питания, занимает два места. CPU

отличаются друг от друга производительностью, возможностью работы с параллельным процессором и быстродействием. Модули CPU (CP260/340/360/380/382) имеют интерфейсы RS-232, CAN, Ethernet PowerLink, USB; память — SRAM 512 кбайт, DRAM - 64 Мбайт, флэш-память 1 Гбайт. В модулях CP360, CP380 и CP382 (рис. 2.13) в качестве процессора используется Pentium 266 МГц, SRAM 512 кбайт, DRAM 32 Мбайт (CP360) и Pentium III 500 МГц, SRAM 512 кбайт, DRAM 64 Мбайт (CP380 и CP382).

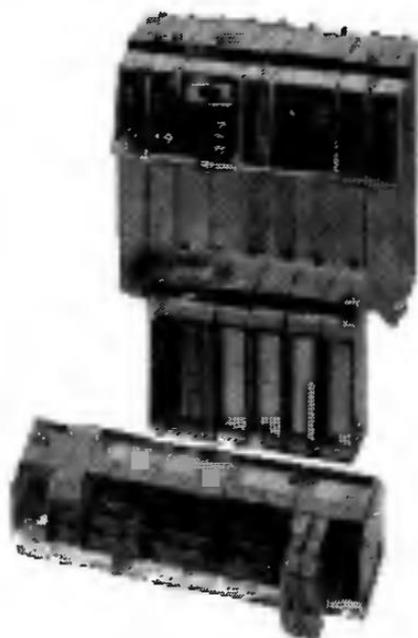


Рис. 2.12



Рис. 2.13

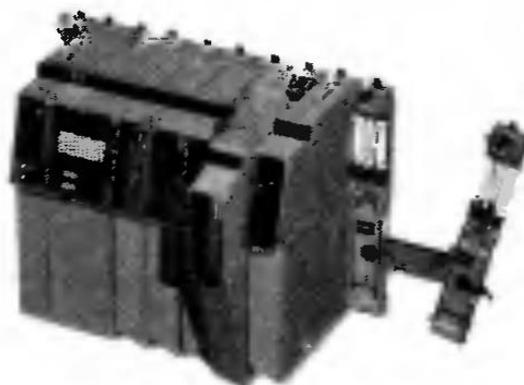


Рис. 2.14

Модули дискретного ввода/ вывода рассчитаны на 16 и 32 канала (дискретный ввод) и на 8, 16 и 32 канала (дискретный вывод). Модули аналогового ввода/ вывода— на 8 каналов (сигналы: ± 10 **VDC**, 0...20 мА). Помимо этих модулей имеются температурные модули, модули ЧПУ и позиционирования, смешанные модули, интерфейсные модули, модули дополнительной памяти, модули расширения и модули параллельных процессоров.

Модульный контроллеры B&R System 2010 (рис. 2.14) имеет базовую плату с системной шиной на 8 модулей и разъемом для установки на DIN рейке до 20 модулей ввода/вывода. Поддерживаются интерфейсы RS-232, Ethernet 10/100 BaseT, CAN, Profibus DP. Модуль питания — с напряжением питания 24 **VDC** или 90.. .270 **VAC**.

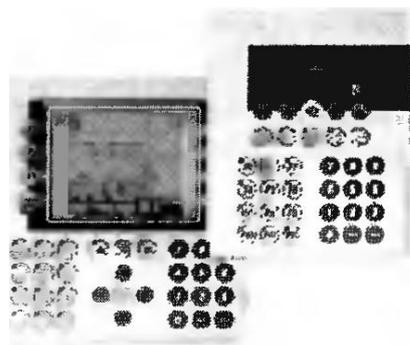


Рис. 2.15

Модули дискретного ввода/вывода рассчитаны на 32 канала с входным/выходным напряжением 24 **VDC** или 120/130 **VAC**. Модули аналогового ввода рассчитаны на 8 или 16 каналов, входные/выходные сигналы — ток или напряжение.

Система удаленного ввода/вывода (Remote I/O) объединяет до 31 slave-станции без повторителя и до 126 slave-станций с повторителем.

Панели оператора со встроенным контроллером PowerPanel (рис. 2.15) объединяют панель оператора и полнофункциональный контроллер в одном корпусе. В панели оператора Panel Ware (PW) используются текстовый дисплей на 4x20 символов или графический дисплей с матрицами TFT, EL, LCD и сенсорным экраном с подсветкой. Панель имеет до 47 функциональных или программируемых кнопок, устройство управления курсором. Панели PW поддерживают различные промышленные интерфейсы связи и полевые шины (RS-232/422/485, Profibus FMS, CAN, NET2000 и др.).

Панели Power Panel разделяются на серию PP15/PP21/PP35/PP41, основанных на процессорах Motorola, и панелей серии PP100/200 на базе Intel-совместимого центрального процессора (DRAM — 128 Мбайт, слот для Сотрас Флэш-карты, интерфейс Ethernet 100 Мбит/с, 2x USB, 1xRS-232. Панели PP100 и PP200 поставляются в исполнении с предустановленной операционной системой Windows CE и с выбранными модулями ввода/вывода представляют собой PC-совместимый контроллер (промышленный компьютер).

Панели Power Panel (PP21 и PP41) оборудованы слотами для установки дискретных и аналоговых модулей ввода/вывода, быстродействующих модулей ввода/вывода (применяются для подсчета событий, управления пусковыми механизмами, шаговыми двигателями и проведения частотных измерений), а также модулей связи интерфейсов RS-232, RS-422, RS-485, TTY, CAN, Profibus и Ethernet. Модули

ввода/вывода PP21и PP41: 10DI/8DO. Модули ввода/вывода PP15 и PP35: 8DI/8DO/4AI/4AO.

Программирование панелей управления Power Panel, как и другой продукции V&R, осуществляется с использованием единого инструментального программного обеспечения Automation Studio¹. Панели оператора со встроенным контроллером, как и другое оборудование **B&R**, обладают широким выбором драйверов для работы с PLC других производителей. Наличие общей аппаратной платформы, единого программного обеспечения для программирования любого компонента, полноценный набор аппаратных и сетевых средств фирмы **Bernecker + Rainer**, упрощает процесс разработки и сопровождения систем промышленной автоматизации любого уровня.

2.2.4 Контроллеры компании **Control Microsystems**, Канада

Контроллеры и модули ввода/вывода фирмы **Control Microsystems** являются оборудованием для жестких условий эксплуатации и предназначены для работы в необслуживаемых условиях в температурном диапазоне от -40 до +70 °С.

Фирма **Control Microsystems** выпускает контроллеры марки TeleSAFE, SCADAPack и SmartWIRE.

Контроллер TeleSAFE Micro16 (рис. 2.16) имеет процессор M37702 с частотой 14,7 МГц, объем ОЗУ — 1 Мбайт, флэш-ПЗУ — 2 Мбайт. Программирование осуществляется на «С», языке релейной логики или на других языках IEC 61131-3. Связь с внешними устройствами через последовательные порты RS-232 или RS-485. Увеличение каналов ввода/вывода достигается при помощи модулей ввода/вывода серии 5000. Контроллер имеет встроенные сторожевой таймер и часы-календарь. Питание контроллера — от источника постоянного или переменного тока напряжением 12..,28В.

Контроллеры SCADAPack предназначены для создания распределенных систем телемеханики и управления. Контроллер монтируется в 19-дюймовую стойку и имеет каркасно-модульную структуру. В шасси контроллера кроме процессора и блока питания могут быть установлены до 12 модулей ввода/вывода аналоговых или дискретных сигналов с возможностью «горячей» замены. Архитектура контроллеров позволяет создать систему управления различной конфигурации — от устройства удаленного ввода/вывода нескольких сигналов до системы управления, обрабатывающей более 400 каналов ввода/вывода.

Контроллеры программируются на стандартных языках МЭК 61131-3, а также на «С». Прикладная программа хранится во Флэш-памяти. Диагностику контроллера, программирование и отладку программ можно проводить в удаленном режиме — по телефонной или радиолнии. Контроллеры поддерживают коммуникационный протокол ModBus RTU и ASCII.

Контроллеры и модули расширения имеют групповую или индивидуальную гальваническую изоляцию каналов, минимальное энергопотребление, возможность перехода в спящий режим и встроенный источник бесперебойного питания. Напряжение питания контроллеров 24 **VDC**.

Контроллер SCADAPack32 (рис. 2.17) является наиболее мощным контроллером, предлагаемым фирмой **Control Microsystems**. Он имеет 32-разрядный 120 МГц RISC-процессор, 8 Мбайт DRAM, 4 Мбайт Флэш, 1 Мбайт SRAM. Программирование осуществляется на языке релейной логики, языках стандарта IEC 61131-3 (ISaGRAF), языке С и С++.

Контроллер SCADAPackER (рис. 2.18) в исполнении Rack-mount имеет интерфейс Ethernet 100BaseT (скорость обмена данными 100 Мбит/с).

Контроллер SCADAPack Wireless (рис. 2.19) со встроенным радиомодемом предназначен для организации беспроводной связи на частотах 900 МГц или 2 ГГц. Скорость передачи — 115 кбит/с.

Контроллер SCADAPack² имеет 32-разрядный процессор и поддерживает протоколы Modbus RTU, Modbus ASC И, Modbus/TCP. Помимо модуля расширения 5606 к контроллеру может быть подключен модуль беспроводной связи на частоте 900 МГц или 2,4 ГГц.

Контроллер SCADAPack^{KS} оснащен процессором AMD Elan™ SC520. Среда программирования ISaGRAF соответствует стандарту IEC 61131-3. Для увеличения числа каналов ввода/вывода используются внешние модули, подключаемые к портам RS-485 или Ethernet.

Новый модуль ввода/вывода 5606 (рис. 2.20) имеет 32 дискретных входов, 16 дискретных выходов, 8 программно конфигурируемых аналоговых входов и 2 аналоговых выхода. Данный модуль устанавливается на промышленном контроллере SCADAPack32 и указывается в коде его заказа. Среди других модулей расширения от-



Рис. 2.16



Рис. 2.17



Рис. 2.18



Рис. 2.19



Рис. 2.20



Рис. 2.21

метим следующие: 5402 (16 DI/DO, рис. 2.21), 5404 (16 DI), 5405 (32 DI), 5406 (16 RO), 5409 (8 DO), 5411 (32DO), 5502 (для термометров сопротивления), 5504 (термопары J, K, T, E и ± 80 мВ), 5506 (AI0/4...20 мА, 0...5 **VDC**) и др. К коммуникационным модулям относятся: 5901 (Dual-Up модем), 5902 (радиомодем), 5904 (HART-интерфейс), 5908 (беспроводный интерфейс 900 МГц и 2,4 ГГц), 5910 (Ethernet-интерфейс).

Технические характеристики различных моделей контроллеров SCADAPack приведены в табл. 2.10.

Таблица 2.10. Технические характеристики контроллеров SCADAPack

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

Тип контроллера	Память ОЗУ/ПЗУ	Число встроен. аналог. каналов ввода/вывода	Число встроен. дискрет. каналов ввода/вывода	Интерфейс	Модули расширения
SCADAPack	Память программ 12 Кслов	8/2	20/12 (RO); 3 счетных входа	2×RS-232, 1×RS-232/ RS-485	Серия 5000
SCADAPack32	ОЗУ — 8 Мбайт, флэш-ПЗУ — 4 Мбайт	8/2	20/12 (RO) 3 счетных входа	3×RS-232, 1×RS-232/ RS-485, 1×Ethernet 10/100BaseT	Серия 5000
SCADAPack32P		—	—	3×RS-232/RS-485, 1×Ethernet	Серия 5000
SCADAPack 100	ОЗУ – 256 кбайт, флэш-ПЗУ — 512 кбайт	3/1	6 DI/DO	1×RS-232, 1×RS-232/ RS-485	—
SCADAPack Light	Память программ 12 кслов	5/—	—/2 RO 3 счетных входа	3×RS-232	Серия 5000
SCADAPack Plus		13/2	16/14 RO 3 четных входа	4×RS-232	Серия 5000
SCADAPack LP	ОЗУ 1 Мбайт, флэш-ПЗУ — 512 кбайт	6/2	8 DI/DO 3 счетных входа	2×RS-232, 1×RS-232/ RS-485	Серия 5000
SCADAPack 350/370	ОЗУ — 8 Мбайт, флэш-ПЗУ — 4 Мбайт	8/2	20/12 (RO)	1×RS-232, 1×RS-232/ RS-485, 1×RS-485, 1×Ethernet 10/100 BaseT, 2×USB 2.0	Модуль 5606
SCADAPack ²	ОЗУ — 4 Мбайт, флэш-ПЗУ — 16 Мбайт	5/2	8 (конфигурируемые пользователем)	2×RS-232, RS-485, Ethernet 10/100 BaseT	
SCADAPack ^{ES}	ОЗУ-2 Мбайт, флэш-ПЗУ — 32 Мбайт, SDRAM — 128 Мбайт	12/4	32/16 (RO)	3×RS-232, 2×RS- 232/RS-422/RS-485, 2×Ethernet	—

Коммуникационные контроллеры, поддерживающие последовательный обмен данными по интерфейсам RS-232 и RS-485: 5201 RS-485 (поддерживает 64 AI, 32 AO, 64 DI, 64 DO); 5202 RS-232 (поддерживает 64 AI, 32 AO, 64 DI, 64 DO).

Для программирования контроллеров серий TeleSAFE Micro 16 и SCADAPack, отладки и документирования программ контроля и управления используется пакет TelePACE. Пакет программирования TelePACE содержит редактор программ релейной логики — TelePACE Ladder Logic и набор инструментов для работы на языке C — TelePACE C Tools.

Для связи контроллеров TeleSAFE Micro 16 и SCADAPack со SCADA-системами предназначен OPC-сервер, который поддерживает до четырех последовательных соединений. Каждое из них может быть отдельным устройством или несколькими устройствами в зависимости от способа соединения (без управления передачей данных, с использованием сигналов RTS/CTS или с набором номера по коммутируемым телефонным линиям).

2.2.5 Контроллеры компании *Delta Electronics Inc.*, Тайвань

Контроллеры компании серии DVP (рис. 2.22) представляют собой моноблочные контроллеры с модулями расширения дискретных и аналоговых каналов ввода/вывода и встроенными интерфейсами RS-232 и RS-485. Для контроллеров серии DVP-SS/SA/SX/SC имеются коммуникационные модули расширения Profibus DP и DeviceNet. Пакет программирования под ОС Windows WPLSoft использует три технологических языка программирования — LD, IL и SFC. Для программирования под ОС DOS имеется пакет DPLSoft. Память программ составляет от 4 до 16 кслов для различных типов контроллеров. Число базовых и прикладных инструкций — 127.

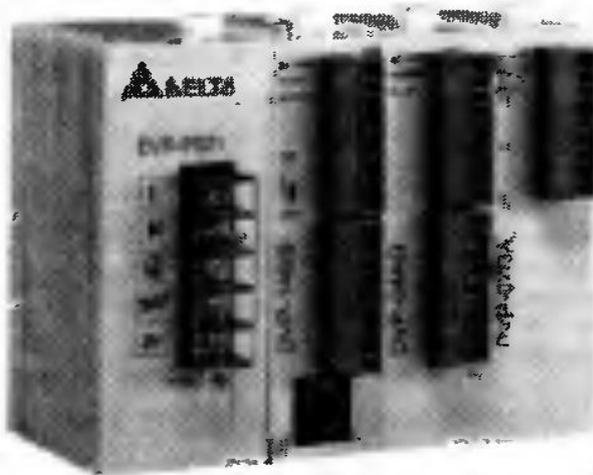


Рис. 2.22

Серия DVP объединяет в своем составе 6 типов базовых процессорных модулей (DVP-SS/SA/SX/ES/EX/EH), различающихся объемом памяти, быстродействием, числом встроенных каналов ввода/вывода, набором встроенных функций и др. Все модули выпускаются в пластмассовых корпусах. Монтаж осуществляется на стандартную DIN-рейку или на плоскую поверхность. Соединения между модулями выполняются плоскими кабелями или встроенными разъемами.

Контроллеры серии DVP-SS имеют в своем составе базовый модуль DVP-14SS и модули расширения DVP-04AD и DVP-02DA. Встроенные каналы дискретного ввода/вывода: 8DI и 6DO. Память программ (EEPROM) составляет 4 кслов. Максимальное число каналов с модулями расширения — 128. Встроенные интерфейсы — RS-232 (связь с ПК, программатором HPP или с операторской панелью), RS-485 (связь с ПЛК по протоколу Modbus в сети master/slave и с преобразователями частоты DELTA VFD-B/M/S и др.).

Контроллер DVP-SA имеет встроенные каналы дискретного ввода/вывода: 8DI и 4DO. Память программ составляет 8 кслов. Модули расширения общие с контроллерами серии DVP-SS.

Контроллер DVP-SX имеет встроенные каналы дискретного и аналогового ввода/вывода: 4DI, 2DO, 2AI и 2AO. Память программ составляет 8 кслов. Модули расширения общие с контроллерами серии DVP-SS.

Контроллер DVP-ES имеет встроенные каналы дискретного ввода/вывода на 14, 24, 32 и 64 точки. Память программ составляет 8 кслов. Модули расширения на 8, 16, 32 и 64 канала ввода/вывода. Тип дискретных входов 24 **VDC** PNP или NPN, выходов— релейный (СК) и транзисторный (ОК). Питание контроллера 24 **VDC** или 100...240 **VAC**.

Контроллер DVP-EX имеет встроенные каналы дискретного ввода/вывода на 14 точек (8DI и 6DO) и аналогового ввода/вывода на 6 точек (4AI и 2AO). Модули расширения на 8, 16, 24 и 32 канала ввода/вывода. Тип дискретных входов: 24 **VDC** PNP или NPN, выходов — релейный (СК) и транзисторный (ОК). Тип аналогового входа и выхода: 0...20 мА, ± 10 VDC. Питание контроллера 24 VDC или 100...240 **VAC**.

Контроллер DVP-EH имеет процессорный модуль на 16, 20, 32, 48, 64 и 80 каналов дискретного ввода/вывода. Модули расширения на 8, 16, 32 и 48 каналов ввода/вывода. Память программ составляет 16 кслов, память данных — 10000 регистров. Время выполнения базовой инструкции — 0,24 мкс. Число высокоскоростных счетчиков до 200 кГц — 4, число импульсных выходов (до 200 кГц) — 2. Максимальное число каналов ввода/вывода с модулями расширения — 512.

Новая серия модульных контроллеров DVP-SV имеет характеристики аналогичные контроллерам серии DVP-EH, но отличается компактным модульным исполнением (корпус Slim).

2.2.6 Контроллеры компании **FATEK Automation Corp., Тайвань**

Компания **FATEK Automation** выпускает моноблочные контроллеры серии FVe и FBs (рис. 2.23), модули расширения, коммуникационные модули и программное обеспечение контроллеров WinProLadder. Контроллеры имеют встроенные каналы аналогового и дискретного ввода/вывода, скоростной счетчик, таймер, встроенные интерфейсы RS-232, RS-485, HMOS. Для вычислений используется 16-разрядный процессор Z8 из серии Z180. Коммуникационные драйверы FACON PLC поддерживаются большинством производителей SCADA-систем. Компания FATEC предлагает также OPC-сервер, ActiveX, DDE-сервер.

Встроенные каналы дискретного ввода/вывода: 12DI/8DO, 24 **VDC** (FBs-20MC), 16DI/12DO, 24 **VDC** (FBs-28MC), 24DI/16DO, 24 **VDC** (FBs-40MC).

Увеличение числа каналов достигается с помощью модулей расширения, характеристики некоторых из которых приведены ниже (табл. 2.11).

На рис. 2.24 представлен общий вид модуля расширения FBs-4DA/2DA.



Рис. 2.23



Рис. 2.24

Таблица 2.11. Характеристики модулей расширения контроллеров FATEK

Тип модуля	Аналоговые входы	Аналоговые выходы	Дискретные входы	Дискретные выходы
Дискретные и аналоговые модули ввода/вывода				
FBs-20 MA	—	—	12 DI, 24 VDC	8 RO, 2A AC/DC
FBs-14MAS	—	—	8 DI, 24 VDC	6 тиристорных выходов, 1A AC
FBs-32MAT	—	—	20 DI, 24 VDC	12 транзисторных выходов, 24 VDC
FBs-40MC	—	—	24 DI, 24 VDC	16 RO, 2A AC/DC
FBs-40 MCS	—	—	24 DI, 24 VDC	16 тиристорных выходов, 1A AC
FBs-60MCT	—	—	36 DI, 24 VDC	24 транзисторных выходов, 24 VDC
FBs-6AD	6 AI, $\pm 5/10$ VDC, $\pm 10/20$ mA или 0...5/10 VDC, 0...10/20 mA	—	—	—
FBs-B2A1D	2 AI, 0...10 VDC, 0...20 mA	1 AO, 0...10 VDC, 0...20 mA	—	—
FBs-4A2D	4 AI, $\pm 5/10$ VDC, $\pm 10/20$ mA или 0...5/10 VDC, 0...10/20 mA	2 AO, -5/10...+5/10 VDC, -10/20...+10/20 mA или 0...5/10 VDC, 0...10/20 mA	—	—
FBs-2DA	—	2 AO, -5/10...+5/10 VDC, -0/20...+10/20 mA или 0...5/10 VDC, 0...10/20 mA	—	—
FBs-4DA	—	4 AO, -5/10...+5/10 VDC, -0/20...+10/20 mA или 0...5/10 VDC, 0...10/20 mA	—	—
FBs-B2DA	—	2 AO, 0...10 VDC, 0...20 mA	—	—
Коммуникационные модули				
FBs-CM22	2 порта RS-232 с индикаторами			
FBs-CM55	2 порта RS-485 с индикаторами			
FBs-CM25E	1xRS-232, 1xRS-485 с Ethernet-интерфейсом, с индикаторами			
FBs-CM25C	Конвертер RS-232/RS-485 с индикаторами			
FBs-CM5R	Репитер RS-485 с индикаторами			
FBs-CBE (Ethernet)	Ethernet-интерфейс плата с индикаторами			
Специальные модули				
FBs-TC2	Модуль для термопар, подключение 2 термопар			
FBs-TC6	Модуль для термопар, подключение 6 термопар			
FBs-RTD6	Модуль для терморезисторов, подключение 2 терморезисторов			
FBs-TC16	Модуль для термопар, подключение 16 термопар			
FBs-RTD16	Модуль для терморезисторов, подключение 16 терморезисторов			
FBs-2ARTD4	2 аналоговых входа и 4 входа для термопар			
FBs-2ATC4	2 аналоговых входа и 4 входа для терморезисторов			

2.2.7 Контроллеры компании *GE Fanuc* (США—Япония)

В состав линейки VersaMax Nano контроллеров компании **GE-Fanuc** входят моноблочные контроллеры VersaMax Nano и VersaMax Micro, модульные контроллеры VersaMax, Series 90-30, Series 90-70 и новый модульный контроллер с открытой архитектурой и повышенной функциональностью PACSystem RX7i.

Контроллер VersaMax Nano (рис. 2.25) имеет 10 каналов дискретного ввода/вывода, а в новых моделях VersaMax Micro (рис. 2.26) число каналов ввода/вывода доходит до 84-х с подключением до 4-х модулей расширения. Базовый VersaMax Micro выпускается в 3-х модификациях: 14, 23 и 28 каналов ввода/вывода. Контроллеры применяются для решения задач локальной автоматизации.

Модульный контроллер VersaMax (рис. 2.27) используется в качестве устройства распределенного управления с числом каналов ввода/вывода до 1500. К одному модулю CPU можно подключить до 8 шасси ввода/вывода. К числу модулей ввода/вывода относятся до 31 типа модулей дискретного ввода/вывода и 19 типов модулей аналогового ввода/вывода. Процессор с объемом памяти 64 кбайт осуществляет обмен данными по 2048 каналам ввода/вывода. К числу сетевых интерфейсов контроллера относятся: Genius Bus, Profibus DP, DeviceNet и Ethernet. Программирование контроллеров осуществляется на языках I.D и IL при помощи программного пакета VersaPro. Кроме того, в ассортименте продукции компании GE Fanuc имеется единое программное обеспечение SIMPLICITY Machine Edition для программирования, визуализации и управления.

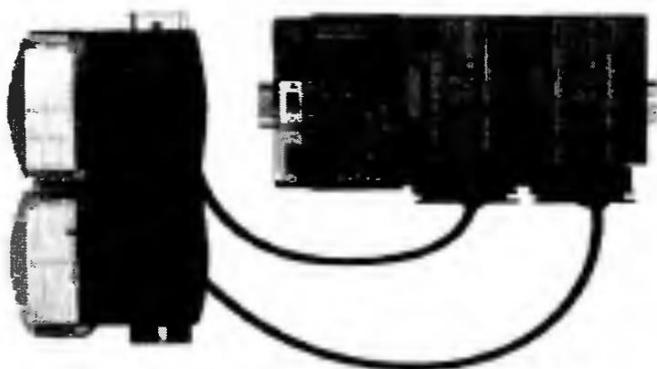


Рис. 2.25



Рис. 2.26

Модульные контроллеры Series 90-30 (рис. 2.28) относятся по производительности к контроллерам среднего класса и включают 11 модулей CPU, более 100 различных типов модулей ввода/вывода, интеллектуальных и коммуникационных модулей. Программирование контроллеров Series 90-30 реализуется с помощью пакета Ladder

Logic, графического языка «SFC» и «C». Контроллер снабжен интерфейсом Ethernet TCP/IP. Удаленная система ввода/вывода базируется на сетях Genius Bus, Profibus DP, Interbus-S или DeviceNet.

Модульные контроллеры Series 90-70 (рис. 2.29) предназначены для больших систем, а также для применений, требующих повышенной надежности — дублирование или тройное резервирование модулей (TMR). Контроллеры совместимы с другими ПЛК Series 90. В контроллерах Series 90-70 использована новейшая технология, а открытая архитектура VMEbus представляет собой платформу для эффективного выполнения работы разного объема. Семейство Series 90-70 имеет в своем составе широкую номенклатуру аналоговых, дискретных, коммуникационных и специальных модулей, а также модуль сопроцессора PC с загрузкой Windows или др. операционных систем. Для программирования контроллера Series 90-70 используются языки «LD» и «C».



Рис. 2.27

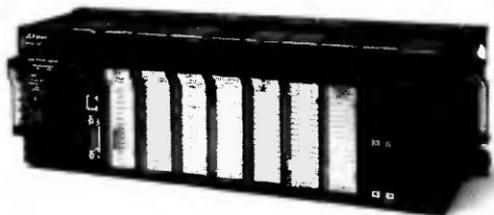


Рис. 2.28



Рис. 2.29



Рис. 2.30

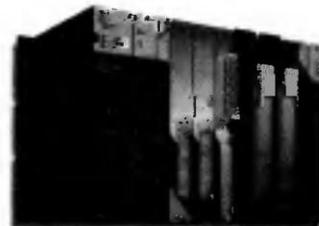


Рис. 2.31

Станция оперативного управления типа OCS/OCS 100/OCS 200/OCS 250 (рис. 2.30) включает контроллер, операторскую панель и систему ввода/вывода. Контроллер может быть как моноблочным, так и модульным, содержащим до 4-х модулей ввода/вывода SmartStack. Объем памяти для программ — 64... 128 кбайт в зависимости от типа, время цикла — 0,7 мс. Встроенные интерфейсы: CsCAN, DeviceNet, RS-232/RS-485. Программирование контроллеров осуществляется с персонального компьютера.

Модульный контроллер с открытой архитектурой и повышенной функциональностью PACSystem RX7i (рис. 2.31) выполнен на базе шины VME64 с поддержкой плат различных производителей, в том числе Ethernet и GENIUS. В качестве

процессора используется Pentium III CPU, 300MHz или 700MHz. Объем памяти — 10 Мбайт. Контроллер имеет встроенный Ethernet 10/100 и построен на базе контроллера Series 90-70.

Основной полевой шиной для связи контроллеров GE Fanuc с полевым уровнем и между собой является Genies. Физической средой шины Genies является экранированная витая пара или оптоволокно. Помимо шины Genies контроллеры GE Fanuc поддерживают шину Profibus DP. Помимо модулей ввода/вывода, устанавливаемых в базовый конструктив контроллеров GE Fanuc, выпускаются системы ввода/вывода Field Control, включающие несколько модулей, среди которых должен быть модуль интерфейса сети Genies, Profibus DP и Ethernet.

Инструментальные средства программирования контроллеров интегрированы в пакете Proficy Machine Edition (ME), который включает также программы управления на базе PC и систему построения HMI Simplicity ME View. Программирование контроллеров осуществляется с помощью инструментальной среды SIMPLICITY Logic Developer.

2.2.8 Контроллеры компании **ICP DAS**, Тайвань

PC-совместимые контроллеры (SoftPLC) компании **ICP DAS** отличаются от классических ПЛК тем, что многие функции реализуются на программном уровне, а наличие мощного программного обеспечения промышленного компьютера расширяет возможности PC-совместимых контроллеров. К основным преимуществам контроллеров относятся:

5. использование открытых протоколов, что позволяет интегрировать в одну систему устройства широкого спектра производителей;
6. простота программирования и доступность широкого спектра программного обеспечения, что минимизирует затраты времени и средств на создание системы;
7. интеграция с системами верхнего уровня, что позволяет обеспечить доступ к данным технологического процесса со стороны операторских станций верхнего уровня системы управления предприятием.

Контроллеры и модули распределенного ввода/вывода серии 1-7000 и 1-8000 компании **ICP DAS**, распространяемые компанией **IPC2U Group**, предназначены для управления технологическими процессами, встраивания в технологическое оборудование, сбора данных и пр.

Линейка контроллеров и модулей серии 1-7000 включает процессорные модули (контроллеры серии 1-7188), коммуникационные модули, модули аналогового ввода и вывода, модули дискретного ввода/вывода, таймеры/счетчики. Каждый модуль представляет функционально законченное устройство, размещенное в пластиковом корпусе из негорючей пластмассы ABS. На корпусе расположены необходимые разъемы и клеммные соединители для винтовой фиксации внешних входных и выходных цепей. Установка модулей не требует специальных объединительных плат и может осуществляться как на стандартную несущую 35-мм DIN-рейку, так и на любую плоскую панель или стену. К числу основных достоинств модульной системы относятся; сокращение затрат на кабельную продукцию, повышение живучести системы за счет снижения затрат на эксплуатацию, замену и модернизацию системы.

PC-совместимые контроллеры 1-7188 (рис. 2.32) представляют собой функционально законченные устройства, размещенные в компактных пластиковых корпусах. В контроллер установлен процессор AMD188-40 МГц, объем памяти 128...512 кбайт SRAM, электронный Флэш-накопитель объемом 256...512 кбайт, часы реального времени, порт Ethernet и последовательные порты RS-232 и RS-485. Модификации 1-7188X позволяют устанавливать в корпус специальные мезонинные модули с цепями ввода/вывода сигналов. Такое решение позволяет в ряде случаев обходиться без внешних модулей ввода/вывода. Ряд контроллеров 1-7188 имеют встроенную систему программирования ISaGRAF (1-7188 EG/EGD/XGD), ОС — Mini OS7 или ROM DOS.

Контроллеры 1-7188 и модули ввода/вывода серии 1-7000 поддерживаются SCADA-системой Micro TRACE MODE 6. В этом случае программирование контроллеров осуществляется на 5-ти языках программирования по стандарту МЭК 61131-3. Контроллер, запрограммированный в Micro TRACE MODE 6, может быть подключен к операторскому ПК на базе SCADA TRACE MODE 6 через сеть Ethernet IBaseT по протоколу I-NET TCP/IR. При этом программирование контроллеров и SCADA ПК осуществляется в единой инструментальной системе, а все настроечные параметры вводятся один раз и многократно используются на любых физических устройствах проекта (в контроллерах и на ПК). Настройка параметров сети 1-7000 также автоматизирована процедурой автопостроения. Предусмотрена облегченная настройка на УСО ICP/DAS серии 1-7000 с помощью процедуры автопостроения.



Рис. 2.32

Среди новых моделей микроконтроллеров серии 1-7000 отметим контроллеры I-7188EF-016 и I-7188XDB-CAN. Модель I-7188EF-016 содержит порты Ethernet IOBaseT, RS-485, RS-232 и изолированный FRnet. Данное устройство предназначено для подключения модулей ввода/вывода, работающих в сети FRnet, к персональному компьютеру через порт Ethernet по протоколу Modbus или DCON. Каждый контроллер I-7188EF-016 способен объединить до 16-ти модулей по 16-ти каналам ввода/вывода в каждом модуле. Таким образом, I-7188EF-016 поддерживает до 256-ти каналов ввода/вывода.

Контроллер I-7188XDB-CAN — программируемый микроконтроллер на базе процессора 80188-40 МГц, ОЗУ — 512 кбайт, флэш-ПЗУ — 512 кбайт, ОС — MmiOS7. Устройство имеет интерфейсы RS-232, RS-485 и порт CAN bus. Программирование осуществляется на языке C/C++.

PC-совместимые контроллеры серии 1-8000 (рис. 2.33) имеют улучшенные технические характеристики и более широкий диапазон рабочих температур. Конструктивно контроллер серии 1-8000 выполнен в виде отдельного блока, содержащего центральный процессор, источник питания, панель управления, коммуникационные порты и от 4 до 8 слотов расширения. В качестве операционной системы используется MiniOS7.

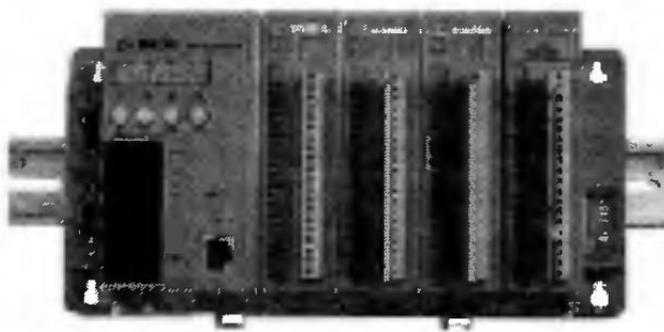


Рис. 2.33

Модули ввода/вывода серии 1-8000 (более 50 моделей) устанавливаются непосредственно в корзину контроллера (от 4-х до 8-ми слотов). Для расширения системы можно использовать специальные корзины расширения, подключаемые по шине RS-485, или отдельные модули ввода/вывода серии 1-7000.

Модули расширения серии 1-8000 делятся на два типа: параллельные и последовательные. Модули параллельного типа — высокоскоростные устройства ввода/вывода, которые могут быть установлены только в контроллеры серии 1-8000/ WinCon-8000. Модули последовательного типа обладают более низкой скоростью обмена и могут устанавливаться как в слоты расширения контроллеров, так и в слоты корзин расширения 87к4, 87к5, 87к8, 87к9, обеспечивая, таким образом, расширение контроллеров или работая в качестве станции удаленного ввода/вывода с интерфейсом RS-485.

Среди модификаций контроллеров серии 1-8000 отметим контроллеры со встроенной системой программирования ISaGRAF, системой моделирования MatLab, интерфейсами Ethernet IOBaseT.

Встроенную систему программирования ISaGRAF имеют контроллеры 1-8417 (40 МГц, ОЗУ — 128 кбайт, флэш-ПЗУ — 256 кбайт, IxRS-232, IxRS-485, IxRS-232/RS-485, 4 слота), 1-8417 (ОЗУ — 512 кбайт, флэш-ПЗУ — 512 кбайт, 4 слота), 1-8437 (добавлен порт Ethernet 10 BaseT), Т8817 (8 слотов), 1-8837-80 (80 МГц, Ethernet 10 BaseT, 8 слотов). С системой MatLab применяется контроллер 1-8438-80 (80 МГц, ОЗУ — 512 кбайт, флэш-ПЗУ — 512 кбайт, Ethernet 10 BaseT, 4 слота) и 1-8831-ModbusTCP (Ethernet 10 BaseT, 8 слотов).

РС-совместимый контроллер серии WinCon-8000 (рис. 2.34) является дальнейшим развитием серии 1-8000 и представляет собой полноценный компьютер.

Он разработан на базе процессора Intel Strong ARM 206 МГц, имеет встроенный видеоконтроллер с портом VGA, разъемы USB, PS/2

для манипулятора и клавиатуры, а также возможность подключения накопителей стандарта Compact Флэш.

Все это дает возможность использовать этот контроллер как полноценный промышленный компьютер. В то же время WinCon сохраняет аппаратную преемственность и полностью совместим со всеми модулями ввода/вывода серии 1-8000. Операционная система реального времени Windows CE.NET позволяет программировать WinCon-8000, используя Visual Basic, NET, Visual C, Embedded Visual C++, а также современные SCADA-системы.

Среди 18 моделей контроллеров WinCon-8000 имеются контроллеры с поддержкой системы ISaGRAF. К ним относятся: W-8337-G (ОЗУ — 64 Мбайт, флэш-ПЗУ — 32 Мбайт, интерфейсы IxRS-232, IxRS-485, 2xEthernet, WinCE.Net, 3 слота); W-8737-G (7 слотов), W-8037-G (без слотов расширения). В контроллерах L-8731/8741-G (7 слотов), L-8331/8341-G (3 слота) установлена ОС Linux, добавлены порты USB.

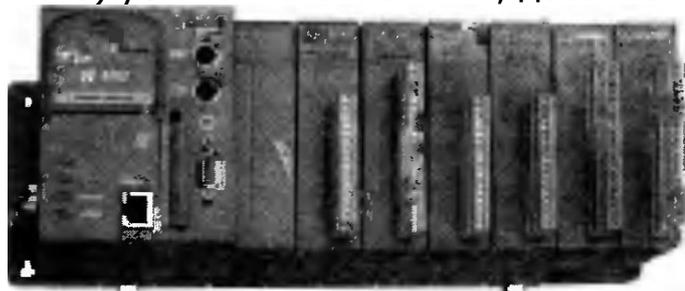


Рис. 2.34

Новые контроллеры **ICP DAS** серии KinCon-8045/8345/8745 построены на процессоре Intel StrongARM и работают под управлением ОС Windows CE. Контроллеры могут программироваться с помощью программного обеспечения KW, Microsoft EVC++ или VS.NET. Программное обеспечение KW позволяет вносить изменения в программу без выключения контроллера и в короткие сроки создавать многозадачные системы управления реального времени. Контроллеры серии KinCon поддерживает систему визуализации ProVisIT, с помощью которой можно создавать иерархическую структуру экранов. Вместе с сенсорной панелью (GA-700YY-UOM/USB) это полностью готовая система автоматизации с человеко-машинным интерфейсом.

2.2.9 Контроллеры компании **Koyo Electronics**, Япония

Контроллеры Direct Logic от компании **Koyo Electronics** подразделяются на моноблочные, модульные и PC-совместимые. К моноблочным ПЛК относятся DL05, DL06 и DL105. К модульным ПЛК — DL205, DL305 и DL405. PC-совместимый контроллер DL470 представляет собой промышленный компьютер с процессором Pentium

200 МГц MMX. Контроллер DirectLogic DL205 с процессорным PC-совместимым модулем WinPLC и ОС Windows CE относится к классу как модульных, так и PC-based контроллеров.

Моноблочный контроллер DL05 (рис. 2.35) имеет слот расширения, поддерживающий дополнительные модули аналогового и дискретного ввода/вывода с питанием 95...240 VAC и 12...24 VDC (8 типов), модуль памяти и часов-календаря реального времени или модуль подключения к сети DeviceNet, встроенный высокоскоростной



Рис. 2.35



Рис. 2.36



Рис. 2.37

счетчик 5 кГц, импульсный выход, два порта RS-232, протокол Modbus RTU, 4 контура ПИД-регулирования с автонастройкой параметров регулятора и др. возможности. Контроллер имеет быстроразъемные клеммники и устанавливается на DIN-рейку.

Моноблочный контроллер DL-06 (рис. 2.36) имеет 4 слота для установки дополнительных модулей аналогового и дискретного ввода/вывода (до 24 аналоговых или до 64 дискретных каналов ввода/вывода) с питанием 95...240 VAC и 12...24 VDC. Число типов дополнительных модулей — 9. Контроллер имеет встроенный высокоскоростной счетчик, импульсный выход, связь по интерфейсам RS-232/RS-422/RS-485 и протоколам Modbus RTU или ASCII, 8 контуров ПИД-регулирования и др. Программирование контроллеров DL-05 и DL-06 осуществляется на языке релейной логики.

Моноблочный контроллер DL-105 (рис. 2.37) представлен в виде 8 моделей с питанием от сети переменного или постоянного тока. Контроллер имеет один порт RS-232 (скорость обмена 9600 бод), осуществляет обмен по протоколу Modbus RTU или ASCII. Некоторые модели контроллера имеют высокоскоростные входы (5 кГц) или импульсные выходы (5...30 VDC, 7 кГц макс.). Язык программирования контроллера — RLL, число команд — 91, число таймеров/счетчиков — 64/64. Пакет программирования DirectSO/T для программирования только DL-105 в ОС Windows — PC-PGM-105. Для программирования помимо контроллера DL-105 других контроллеров семейства DirectLOG/C (DL-205, DL-305, DL-405) используется пакет

PC-PGMSW. ПО DirectSOFT используется с ОС Windows 95/98/NT4 и выше.

Модульный контроллер DL205 (рис. 2.38) имеет каркасы на 3, 6 или 9 слотов. Число каналов дискретного ввода/вывода в модуле 4, 8, 12, 16 или 32, аналогового ввода/вывода — 2, 4 или 8. К специальным модулям относятся PC-совместимый модуль WinPLC, модуль Ethernet, DeviceNet, имитатор 8-канального ввода, Бейсик-сопроцессор. Время выполнения булевой операции в зависимости от типа процессора и объема памяти составляет 3,3 мкс. (ПРЦ D2-230), 1,4 мкс. (ПРЦ D2-240) и 0,61 мкс. (ПРЦ D2-250). Число контуров ПИД-регулирования — 4 (для D2-250), встроенных портов — 1 (для D2-230) или 2 (для D2-240 и D2-250).

Контроллер осуществляет обмен данными по протоколам Modbus RTU, ASC II, скорость обмена 9600 бод (D2-230), 19,2 Кбод (D2-240) и 38,4 кбод (D2-250). Контроллеры DL-205 могут быть объединены в сеть DirectNet с общим числом абонентов до 90 (последовательный протокол по принципу ведущий/ведомый). При этом DL-250 (с ПРЦ D2-250) может выступать в качестве ведущего и ведомого, а DL-240 (с ПРЦ DL-240) — в качестве ведомого. Модели DL-250 и DL-240 имеют порты с передачей данных по протоколу Ethernet TCP/IP (для DL-250 - физический канал - витая пара, тип среды — IOBaseT, для DL-240 — оптоволокно, IOBaseFL).

Контроллеры DL-205 поддерживают как локальный, так и удаленный ввод/вывод. При локальном вводе/выводе применяется один каркас с 3, 4, 6 или 9 слотами и



Рис. 2.38



Рис. 2.39



Рис. 2.40

набором необходимых модулей. Для удаленного ввода/вывода удаленный ведущий модуль размещается в локальном каркасе и соединяется витой парой с удаленными ведомыми модулями. Число удаленных каркасов от 7 (по протоколу RM-NET — «удаленный ведущий») до 31 (по протоколу SM-NET — «секционный ведущий»). Скорость передачи по протоколу RM-NET фиксированная и составляет 38,4 бод, по протоколу SM-NET — от 38,4 бод при длине 1,2 км до 614,4 бод при длине 100 м.

Программирование контроллера осуществляется на языке RLL (релейной логики), программное обеспечение в среде Windows — пакет DirectSOFT.

Модульный контроллер DL-305 (рис. 2.39) имеет сменные процессорные модули и до 9 модулей расширения. Контроллер имеет каркасы на 5, 8 и 10 слотов. Число типов модулей расширения — более 40, модули имеют 8 и 16 каналов ввода/вывода. Быстродействие контроллера (время выполнения булевой операции) составляет 1,4 мкс. Контроллер имеет два встроенных порта: Modbus RTU и K-siquence DirectNet, а также встроенный ПИД-регулятор с автонастройкой параметров регулятора. Программирование контроллера осуществляется на языке RLL, число базовых команд — 165.

Модульный контроллер DL-405 (рис.2.40) имеет каркасы на 4, 6 или 8 слотов. Для питания используются сети 110/220 **VAC** и 125 **VAC**, а также сеть постоянного тока 24 **VDC**. Аналогично контроллеру DI.205 система ввода/вывода контроллера DL405 включает модули удаленного ввода/вывода ведущие и ведомые, а также ведомые модули секционного ввода/вывода. Число каналов дискретного ввода/вывода в модуле 8, 16, 32 и 64, аналогового ввода/вывода — 2, 4, 8 и 16. К специальным модулям относятся модуль Ethernet, 8-канальный модуль для индуктивных датчиков, модуль ПИД-регулятора на 16 контуров, 4-контурный регулятор температуры, имитатор 8/16-канального входа, высокоскоростной счетчик 100 кГц. К коммуникационным модулям относятся Modbus RTU, Ethernet, модуль сетевого интерфейса TIWAY, модем, модуль SDS (Smart Distributed System) и др. Помимо Modbus RTU и Ethernet доступен протокол DirectNet ведущий/ведомый. Время выполнения булевой операции в зависимости от типа процессора и объема памяти составляет 3,0 мкс (ПРЦ D4-430); 0,33 мкс (ПРЦ D4-440) и 0,96 мкс (ПРЦ D4-450). Число команд от 113 до 210, число таймеров/счетчиков 128... 256/128... 256.

Система ввода/вывода поддерживает пять типов конфигурации системы: локальный ввод/вывод, расширенный ввод/вывод (за счет увеличения числа каркасов локального ввода/вывода с модулем расширения D4-EX), удаленный ввод/вывод (до 7 удаленных каркасов), секционированный ввод/вывод (аналогично DL-205) и распределенная система ввода/вывода SDS (взаимодействие с локальной системой через модуль интерфейса SDS). Для удаленного ввода/вывода используется удаленный ведущий (модуль D4-RM), размещенный в локальном каркасе. Процессор локального каркаса

обновляет информацию в модуле D4-RM, который управляет обменом данными между удаленными ведомыми модулями (D4-RS), установленными во всех удаленных каркасах. Вместо модуля D4-RM непосредственное взаимодействие с ведомыми модулями может осуществлять процессор локального каркаса ввода/вывода.

При секционированном вводе/выводе используется секционированный ведомый модуль D4-SS-xxx, представляющий собой моноблочное устройство, содержащее блок питания, блок ввода/вывода и коммуникационный порт.

Система ввода/вывода SDS предусматривает наличие интерфейсного модуля ввода/вывода SDS в локальном каркасе. Все периферийные модули подключаются к интерфейсному модулю с помощью 4-проводного коммуникационного кабеля. Максимальное число модулей в одной системе — 8, число периферийных устройств на один модуль SDS — 64; максимальное число периферийных устройств, таким образом, составляет 512 устройств.

Программирование контроллера осуществляется с помощью пакета DirectSOFT (PC-PGMSW) в режимах on-line и off-line.

В табл. 2.12 приведены краткие технические характеристики контроллеров компании **Koyo Electronics**.

Таблица 2.12. Характеристики контроллеров компании Koyo Electronics.

Тип ПЛК	Число входов/ выходов	Макс. число каналов ввода/вывода	Объем памяти программ	Объем памяти данных	Интерфейс	Питание
DL05	8/6 встроенные	30	2 кслов	4 кслов	DeviceNet, Profibus, Modbus RTU, DirectNet	12/24 VDC, 220 VAC
DL06	20/16 встроенные	100	7,5 кслов	7,3 кслов	DeviceNet, Profibus, Modbus RTU, DirectNet, Ethernet	
DL105	10/8 встроенные	18	2 кслов	384 слов	DeviceNet	24 VDC, 110/220 VAC
DL205	до 256	256...16384	(2...15,8) кслов	256...14,6 кслов	DeviceNet, Profibus, Modbus RTU, DirectNet, Ethernet	12/24 VDC, 110/220 VAC
DL305	до 368	1152	7,7 кслов	7,1 кслов	DeviceNet, Modbus RTU, SDS, Ethernet	12/24 VDC, 110/220 VAC
DL405	640...2048	1152...16384	(3,5...15,5) кслов	(3...15,3) кслов	DeviceNet, Profibus, Modbus RTU, DirectNet, Ethernet	24/125 VDC, 110/220 VAC
DL470	Промышл. компьютер проц. P200	Слоты расшир. 1×PCI/ISA, 2×PCI, 1×ISA	НЖМД 2,1 Гбайт, ОЗУ 64 Мбайт	—	2×RS-232, 2×USB, Ethernet 10 BaseT	220 VAC

PC-совместимый контроллер на базе модуля WinPLC в составе DL-205. Модуль WinPLC (рис. 2.41) представляет собой процессор со встроенной операционной системой WindowsCE, управляющий модулями ввода/вывода контроллера DL205. В состав контроллера входят высокоскоростной порт Ethernet IOBaseT и

последовательный порт RS-232 для подключения периферийных устройств.



Рис. 2.41

Более 30 модулей, разработанных для контроллера DL205, могут использоваться с WinPLC. В качестве программного обеспечения используется среда выполнения Think&Do, поставляемая вместе с контроллером. Основой программы среде Think&Do являются создаваемые пользователем блок-схемы, поддерживающие большой набор математических операций для переменных таких типов, как целые, так и с плавающей точкой. Объем памяти WinPLC: ОЗУ — 2 Мбайт, флэш-память — 4 Мбайт, ОЗУ с питанием от аккумулятора — 64 кбайт. Таким образом, WinPLC объединяет достоинства промышленного компьютера с богатым программным обеспечением и программируемого контроллера с развитой системой ввода/вывода данных.

2.2.10 Контроллеры фирмы *Matsushita Electric Works* (Япония)

В состав контроллеров серии FP входят моноблочные контроллеры FP0 и FP Sigma, моноблочный контроллер FP1 и модульный контроллер FP2. Для контроллеров

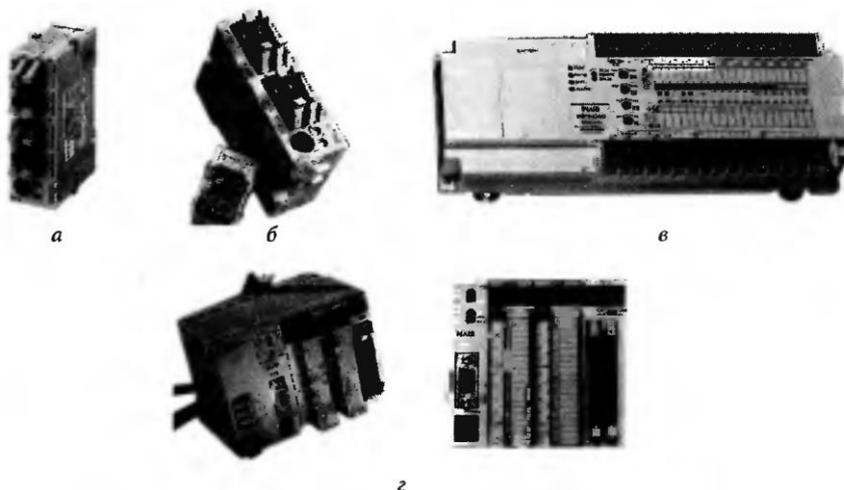


Рис. 2.42

серии FP выпущен FP-OPC сервер по стандарту OPC DA (v1-v3). Подробные сведения о контроллерах FP0 и FP2 приведены в работе [2.9]. Ниже рассматриваются характеристики и области применения моноблочных контроллеров FP Sigma (FPZ) и FP1. На рис. 2.42 представлена линейка контроллеров фирмы **Matsushita** — FP0 (я), FPZ (б), FP1 C40(б) и FP2 (г).

Контроллер FPX по техническим характеристикам несколько превосходит контроллер FP0. К числу базовых модулей контроллера FPZ относятся модуль FPG-C32T на 16DI/16DO, модуль FPG-C32T2 на 16DI/16DO, модуль FPG-C24R2 на 16DI/8RO.

С использованием модулей расширения контроллера FP0 можно увеличить число каналов ввода/вывода до 128 (для модулей FPG-C32T и FPG-C32T2) и до 120 для модуля FPG-C24R2. С использованием модулей расширения FPG-XY64D2T на 32DI/32DO контроллера FPZ число каналов ввода/вывода возможно увеличить до 288 и 280 соответственно.

Контроллер FP1 представляет собой набор высокопроизводительных базовых модулей с числом входов/выходов от 14 до 152. За счет модулей расширения возможно наращивание входов/выходов до 256. К базовому модулю допускается подключение до 2-х модулей расширения.

Данные входов контроллера FP1:

8. входное напряжение — 12...24 **VDC**;
9. входное напряжение/ток «1» — 10 В/3 мА; «0»: 2,5В/1 мА;
10. входное сопротивление — 3 кОм;
11. индикация — светодиоды.

Данные релейных выходов:

12. тип контакта — НО

13. нагрузка контакта — 2А (250 **VAC**), **2А** (30 VDC);
14. механический ресурс — 100000 срабатываний при полной нагрузке.

Данные транзисторных выходов:

15. тип выхода — ОК;
16. коммутируемое напряжение — 5...24 **VDC**;
17. защита от перенапряжений — стабилитроны.

Основные технические характеристики контроллеров FP1 приведены в табл. 2.13.

Таблица 2.13. Технические характеристики контроллеров FP1

Тип	FP1-C14	FP1-C16	FP1-C24 (C)	FP1-C40 (C)	FP1-C56 (C)	FP1-C72 (C)
Число встроенных входов/выходов	8/6	8/8	16/8	24/16	32/24	40/32
Максимальное число входов/выходов	54 (14+40)	56 (16+40)	104 (24+40+40)	120 (40+40+40)	136 (56+40+40)	152 (72+40+40)
Быстродействие	1,6 мкс на логическую команду					
Память программ (шагов/кбайт)	900/1,8		2720/5,4		5000/10	
Число базовых/расширенных команд	41/85		80/111		81/111	
Память данных, слов (DT)	256		1660		6144	
Последовательный интерфейс (COM-порт)	Нет		RS-232 (все модели FP1-CxxC)			
Габаритные размеры (Ш×В×Г)	120×81×45/74 (DC/AC)	190×96×45/74 (DC/AC)	260×96×45/74 (DC/AC)	260×120×45/74 (DC/AC)	300×120×45/74 (DC/AC)	

Для увеличения числа входов/выходов до 152/256 применяются модули расширения FP1-E8 (4 DI + 4 DO, 8 DI + 8 DO), FP1-E16 (8 DI + 8 DO, 16 DI + 16 DO), FP1-E24 (16 DI + 8 DO) и FP1-E40 (24 DI + 16 DO). К базовому модулю можно подключить до двух модулей расширения, а через шину удаленной периферии MEWNET-TR могут подключаться модули аналогового ввода/вывода типа FP1 4 A/D и FP1 2 D/A.

Для обмена данными контроллер FP1 имеет интерфейсы RS422, RS-232C (COM-порт у контроллеров, начиная с C24C), GSM-интерфейс. Кроме того, контроллеры могут обмениваться данными по шинам CANET и Profibus DP (интерфейс RS-485). Сеть фирмы **Matsushita** MEWNET-F позволяет использовать в качестве ведущих контроллеры FP2, а в качестве ведомых — FPO, FP1, операторские панели и др. (до 32 ведомых устройств подключаются по витой паре на расстоянии до 700 м).

Программирование контроллеров FP1 осуществляется с помощью единого для контроллеров серии FP универсального пакета NAIS Control 1131, соответствующего стандарту МЭК 61131-3. С 2006 г. прекращен выпуск контроллеров серии FP1, FP3 и FP10.

Модульные контроллеры FP2, технические характеристики которых приведены в работе [2.9], имеют максимальное число входов/выходов — до 2048 с использованием удаленной периферии по шинам S-LINK и MEWNET-F. Модуль расширения S-LINK имеет два порта, к каждому из которых могут подключаться до 128 каналов ввода/вывода (используется 4-проводной кабель). Шина MEWNET-F обеспечивает подключение по двухпроводному кабелю длиной 800 м.

2.2.11 Контроллеры фирмы *Mitsubishi Electric*, Япония

К моноблочным контроллерам относятся контроллеры типа FX1S (рис. 2.43), FX1N (рис. 2.44), FX3U (рис. 2.45) и контроллеры серии ALPHA. К модульным контроллерам относятся контроллеры MELSEC System Q.



Рис. 2.43



Рис. 2.44

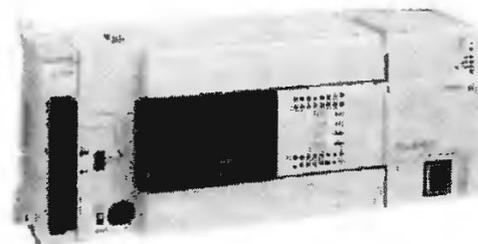


Рис. 2.45

Контроллер FX1S имеет от 10 до 30 входов/выходов в зависимости от модели, память программ — 2К. Контроллер FX1N имеет от 14 до 60 входов/выходов, контроллеры FX3U — от 8 до 64 входов/выходов. Для увеличения числа входов/выходов контроллеров FX1S, FX1N и FX3U к базовым модулям подключаются модули расширения (аналогового и дискретного ввода/вывода) и компактные блоки расширения (дискретного ввода/вывода). При этом общее число входов/выходов достигает 132 для FX1N и 256 для FX3U. Контроллеры снабжены съемным дисплейным модулем, имеют встроенные порт RS-422, два аналоговых потенциометра, встроенные часы реального времени, переключатель RUN/STOP. Быстродействие — до 0,065 мкс на одну логическую команду. Контроллеры имеют высокоскоростные счетные входы и импульсные выходы. Характеристики контроллеров FX1S, FX1N, FX3U приведены в табл. 2.14. Также имеются коммуникационные модули для подключения контроллеров к полевым шинам Profibus DP, Device Net, ASI, CC-Link и Ethernet.

Таблица 2.14. Характеристики контроллеров FX1S, FX1N, FX3U

Тип модуля	FX1S	FX1N	FX3U
Число встроенных входов/выходов базового блока	10/14/20/30	14/24/40/60	8/16/24/32/40/64
Память программ, шагов	2000	8000	64000
Быстродействие, мкс на логическую команду	0,55		0,065
Набор команд	114		125
Регистры данных	256	8000	
Число таймеров/счетчиков	64/32	256/235	
Максимальное число входов/выходов	30	128	256
Поддерживаемые сети	Computer Link, Peer to Peer, Parallel Link, ASi	Computer Link, Peer to Peer, Parallel Link, I/O Link, Open Fieldbus	Profibus DP, ASi, I/O Link, CC-Link, DeviceNet, CANopen, Ethernet
Программное обеспечение	IEC 1131.3 и MELSEC-Software		
Напряжение питания	12-24 VDC, 240 VAC		

Новое поколение моноблочных контроллеров компании — ПЛК FX3U. В зависимости от модели число встроенных каналов дискретного ввода/вывода от 16 до 128. Дополнительные модули могут быть подключены к ЦПУ по внутренней высокоскоростной шине (до 256 каналов). С модулями удаленного ввода/вывода максимальное число каналов — до 384. Отличительной особенностью контроллера является наличие второй шины расширения для подключения до 10 дополнительных модулей-адаптеров FX3U ADP, увеличенная память программ (64 кшагов), высокое быстродействие (0,065 мкс на базовую инструкцию). Коммуникационные модули контроллера поддерживают сети Ethernet 10/100 BaseT, Profibus DP, DeviceNet, CANopen, ASi, а также последовательные интерфейсы USB, RS-232/RS-422/RS-485. Для отладки программ и диагностики работы контроллера предлагается дисплейный модуль FX3U-7M, который позволяет выводить коды ошибок программы, отображать и изменять состояние регистров памяти и настраивать часы РВ. Технические характеристики контроллера FX-3U приведены в табл. 2.15.

Таблица 2.15. Характеристики контроллеров FX-3U

Тип	FX3U-16MR/ ES	FX3U-32MR/ ES	FX3U-48MR/ ES	FX3U-64MR/ ES	FX3U-80MR/ ES	FX3U-128MR/ ES
Число встроенных входов	8	16	24	32	40	64
Число встроенных выходов	8	16	24	32	40	64
Тип выхода	Релейный/транзисторный					
Питание	24 VDC/100–240 VAC					
Габариты, мм (Ш×В×Г)	130×90×86	150×90×86	182×90×86	220×90×86	285×90×86	350×90×86

К моноблочным контроллерам фирмы Mitsubishi относится серия контроллеров ALPHA. Контроллер (рис. 2.46) имеет ЖК-дисплей и 8 функциональных клавиш для программирования, ввода данных, создания и воспроизведения текстовых сообщений, память программ — 1500 бит, функцию часы/календарь, число входов/ выходов от 6 до 20 в зависимости от модели. Программное обеспечение контроллера (AL-PCS/WIN-EU) совместимо с ОС Windows. Настройка программы возможна, как в режиме online с подсоединенным контроллером, так и в режиме offline без контроллера. Кроме программирования на базе контроллера, возможно также программирование с помощью функциональных клавиш и дисплея, без использования дополнительного оборудования. Характеристики контроллеров серии ALPHA приведены в табл. 2.16.

Таблица 2.16. Характеристики контроллеров серии ALPHA

Тип модуля	AL2-10MR-A	AL2-10MR-D	AL2-14MR-D	AL2-20MR-A	AL2-20MR-D	AL2-24MR-A
Число Входов/выходов	10 (100–240) VAC	10 24 VDC	14 (расшир. до 18) 24 VDC	20 (100–240) VAC	20 24 VDC	24 (расшир. до 28) 24 VDC
Число цифровых входов с обработкой аналог. сигналов	—	6	8	—	8	—
Число дискретных входов	4 (100–240 VAC)	6 (100–240 VAC)	14 (24 VDC)	12 (100–240 VAC)	12 (24 VDC)	15 (100–240 VAC)
Число дискретных выходов	2 (8A, реле)	4 (1A/24 VDC транзистор)	6 (8A, реле)	8 (8A, реле)	8 (8A, реле)	9 (4×8A/5×2A)
Питание	100–240 VAC	24 VDC	24 VDC	100–240 VAC	24 VDC	100–240 VAC
Габаритные размеры, мм	71×90×55	71×90×55	124,6×90×52	124,6×90×55	124,6×90×55	124,6×90×55

К модульным контроллерам относятся контроллеры MELSEC System Q, MELSEC AnSH, QnAS и QnA.

Контроллер MELSEC System Q (рис. 2.47) представляет собой мощный модульный контроллер с возможностью контроля до 4096 локальных и до 8192 удаленных точек ввода/вывода. Встроенная память до 252 тыс. шагов, эквивалентная 1 Мбайт оперативной памяти, может быть расширена до 32 Мбайт установкой карты расширения памяти. В зависимости от требуемых задач в контроллере применяются однопроцессорные или многопроцессорные CPU. В табл. 2.17 приведены технические характеристики модулей CPU контроллера.

Таблица 2.17. Характеристики модулей CPU контроллера MELSEC System Q

Тип CPU	Q00J CPU	Q00 CPU	Q01 CPU	Q02 CPU	Q02H CPU	Q06H CPU	Q12H CPU	Q25H CPU
Память программ, тыс. шагов	8 (32 кбайт)		14 (56 кбайт)	28 (112 кбайт)		60 (240 кбайт)	124 (496 кбайт)	252 (1008 кбайт)
Число входов/выходов	256/2048	1024/2048		4096/8192				
Быстродействие, мкс	0,2	0,16	0,1	0,079	0,034			
Таймеры/ счетчики	512/512			2048/1024				
Максимальное число вставляемых модулей	16	24		64				
Габариты (Ш×В×Г), мм	245×98× ×98*	27,4×98×89,3						

* Габариты базового блока с модулем CPU, пятью посадочными местами и блоком питания.

Базовые шасси контроллера рассчитаны на 3 модуля (Q33B-E), 5 модулей (Q35B-E), 8 модулей (Q38B-E) или 12 модулей (Q312B-E). Модули в базовом шасси автоматически адресуются. К базовому шасси может быть присоединено до 7 шасси расширения с 64 модулями. В зависимости от числа модулей определяется мощность блока питания. Мощность блоков питания составляет 45,105 или 160 ВА в зависимости от модификации.

В базовое шасси может быть установлен модуль PPC, представляющий собой компактный персональный компьютер, способный решать задачи программирования контроллера на языках высокого уровня (C++, Visual Basic), визуализации, ведения баз данных и др. задач, свойственных PC. В безвентиляторном модуле PPC используется ПРЦ фирмы Intel (400 МГц, память 128 Мбайт), поддерживаются ОС Windows 2000/NT. Модуль имеет следующие интерфейсы: 2xRS-232, 2xUSB, 1xEthernet (100 BaseTX/10 BaseT), 1xPS/2. Контроллер MELSEC System Q поддерживает открытые сети Ethernet TCP/IP, Profibus DP/FMS, DeviceNet, ASi и сети MELSEC (CC-Link, MelsecNet/B/10/H и др.).

Программирование MELSEC System Q осуществляется с помощью пакетов программирования контроллеров GXIEC Developer по стандарту IEC 1131-3, GX Developer, конфигуратора сети GX Configurator DP и пакета визуализации MX4 SCADA.

Модульные контроллеры серии MELSEC AnSH (рис. 2.48) применяются для решения широкого спектра задач управления на базе 7 процессорных модулей, дифференцированных по уровням, и 60 модулей различных приложений.

Несмотря на небольшие размеры, контроллер AnSH обладает памятью 30К программных шагов, время выполнения логической инструкции составляет 0,25 мкс.

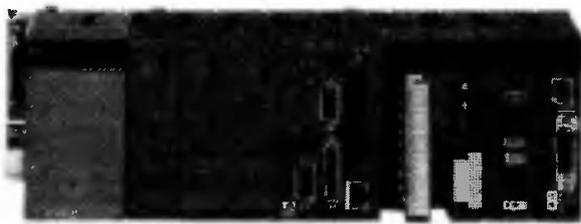


Рис. 2.47



Рис. 2.48

Контроллер поддерживает сети Profibus и Ethernet, а также сети фирмы **Mitsubishi** — MelsecNet/B и MelsecNet/10.

Характеристики контроллера MELSEC AnSH представлены в табл. 2.18

Таблица 2.18. Характеристики контроллера MELSEC AnSH

Наименование	Характеристика
Число входов/выходов	1024
Число аналоговых сигналов	До 256, макс. разрешение 14 бит
Память	8192 регистров, 30К шагов
Время выполнения инструкции	Обработка бита: 0,25 мкс, обработка слова: 9,0 мкс
Позиционирование	Макс. 96 шаговых двигателей, макс. 32 серводвигателей, макс 64 высокоскоростных счетчика
Источник питания	115/230 VAC, 12/24 VDC
Размеры, мм (Ш×В×Г)	(220...430)×130×94

Контроллер MELSEC QnAS представляет собой модификацию контроллера MELSEC AnSH со значительно увеличенной производительностью процессора. Система может быть расширена до 1024 локальных и 8192 удаленных сигналов ввода/ вывода. Процессор выполняет арифметические операции в 10 раз быстрее, а битовые — за 0,075 мкс. QnAS имеет объем памяти 60К шагов, а со слотом PCMCIA объем памяти может быть увеличен до 2 Мбайт.

2.2.12 Контроллеры компании **Moller GmbH**, Германия

Компания **Moller GmbH** выпускает семейство моноблочных (компактных) и модульных контроллеров, а также несколько типов управляющих реле EASY.

Управляющее реле EASY (рис. 2.49) предназначено для логического управления освещением, водоснабжением, вентиляцией, температурным режимом, управления транспортерами, смесителями и пр. В зависимости от модели имеется до 12 дискретных входов и 8 транзисторных или релейных выходов, до двух аналоговых входов (0...10 **VDC**), 8 таймеров, 8 счетчиков и 8 аналоговых компараторов. EASY снабжен текстовым ЖК- дисплеем на 4 строки по 12 символов и 8 кнопками для ввода программы и параметров процесса. С помощью COM-порта осуществляется подключение EASY к компьютеру для программирования с помощью пакета EASY-Soft. Возможна связь EASY с контроллерами по интерфейсу Profibus DP или ASi. Е1итание контроллера 24 VDC/115 **VAC**/220 **VAC**.

К моноблочным контроллерам относится семейство контроллеров PS4 (PS4- 100, PS4-150, PS4-200 и PS4-300), к модульным — контроллеры типа PS 416.

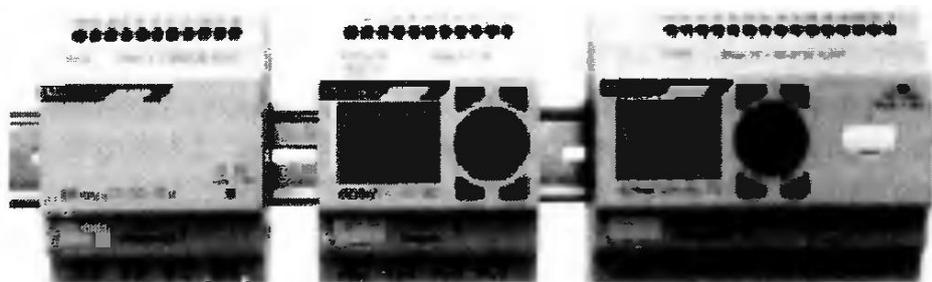


Рис. 2.49

Моноблочные (компактные) контроллеры серии PS4.

Контроллеры этой серии включают компактные контроллеры PS4-101/111, PS4-141/151 (рис. 2.50, **a**), PS4- 201/271 (рис. 2.50, **б**), PS4-341 (рис. 2.50, **е**). В качестве модулей расширения к этим контроллерам применяются различные модули I/O (EM4-101/201/204 и LE4-116- DX1, LE4-116/206/622/633 и др). Для передачи данных используются полевые сети Profibus DP, InterBus и SucoNet. Физический канал — экранированная витая пара. При использовании сети SucoNet допустимая длина сегмента без использования повторителей — 600 м при скорости обмена 187,5 кбод.

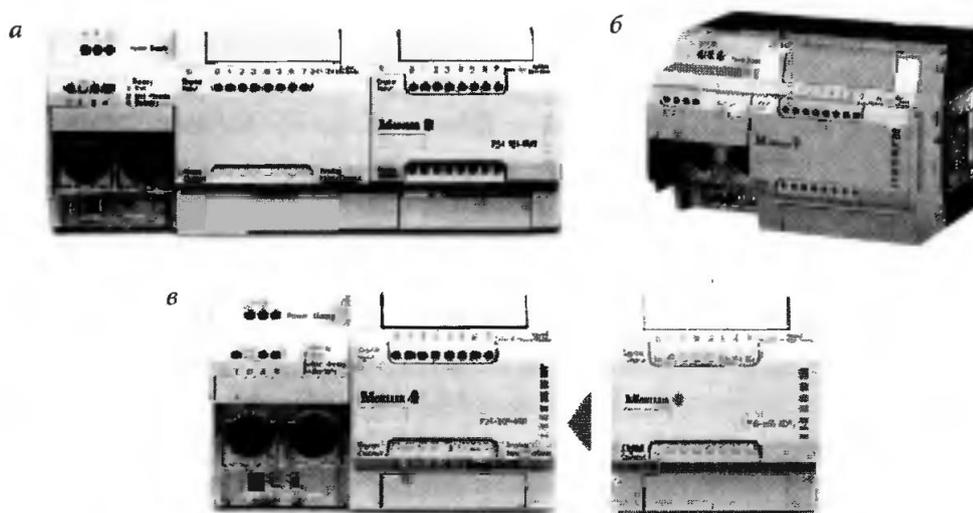


Рис. 2.50

В табл. 2.19 приведены краткие технические характеристики контроллеров PS4.

Таблица 2.19. Технические характеристики контроллеров серии PS4

Тип контроллера	Количество DI/DO	Количество AI/AO	Интерфейс	Питание	Модули расширения
PS4-141	16DI/14DO	2AI/1AO	RS-232/RS-485, Ethernet	24 VDC	—
PS4-151	16DI/8RO			120/240 VAC	—
PS4-201	8DI/6DO			24 VDC	+ до 6 модулей LE
PS4-271	12DI/8RO	4AI/4AO	RS-485	120/240 VAC	+ до 5 модулей LE
PS4-341	16DI/14DO	2AI/1AO	RS-232/RS-485	24 VDC	

Скорость обмена по интерфейсу RS-485 от 187,5 кбит/с до 375 кбит/с, длина сегмента без повторителя — 600 м при скорости обмена 187,5 кбит/с и 300 м при скорости обмена 375 кбит/с. Время выполнения 1К инструкций — 5 мс. Объем внутренней памяти PS4-201 32 Кб, для PS4-341 — 512 кбайт. Расширение памяти достигается с помощью внешних модулей памяти.

Моноблочный контроллер PS-4I6 (рис. 2.51) предназначен для решения задач управление сложными процессами с задачами от регистрации данных до расчета сложных алгоритмов управления. Контроллер PS-4I6 состоит из крейта (корзины) BGT-400, блока питания, процессорного модуля CPU-400, сетевых карт NET-400 и карт входов/ выходов INP-400, OUT-400. Процессорный модуль CPU-400 имеет объем основной памяти — 1 Мбайт, дополнительной памяти (флэш-память) — от 512 кбайт до 4 Мбайт. Тип процессора — 16-разрядный процессор с RISC-архитектурой.

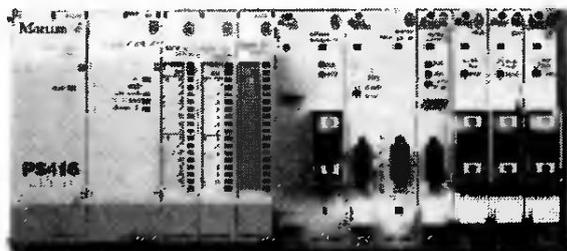


Рис. 2.51

Время обработки 1К инструкций — 0,5 мс. Интерфейс — RS-485. Крейт контроллера PS-416 имеет несколько модификаций с разным количеством посадочных мест: 9,13 и 19. Питание контроллера — 220 **VAC**.

Характеристики сетевой карты контроллера: скорость передачи по сети — 187,5 кбит/с при длине сегмента 600 м, размер данных при посылке/приеме — 120 байт/120 байт, число подключаемых станций — 30.

Модуль дискретных входных сигналов INP-400 имеет 16 каналов (24 **VDC**), модуль выходных сигналов OUT-400 имеет 16 каналов (24 **VDC**). На лицевые панели модулей выведены 16 индикаторов состояния модуля.

В качестве программного обеспечения контроллера PS-416 используется система SUCOSOFT-S40, которая функционирует в среде WINDOWS и имеет стандарт соответствия IEC 1131. Языки программирования соответствуют стандарту IEC 61131-3 и включают IL, LD и FBD.

Модули расширения I/O EM4 (удаленные) и LE4 (локального расширения).

Модуль расширения EM4-201-DX2 обеспечивает удаленный ввод/вывод данных и передачу информации по промышленной сети контроллеру-мастеру, который производит обработку этих данных. Дискретный модуль EM4-201-DX2 имеет 16 дискретных входов (24 **VDC**). Модуль имеет два разъема SUCONET K/K1, предназначенные для соединения модуля с другими устройствами системы. В модуле расположен разъем для подключения модулей локального расширения LE4-116-DX1, LE4-116-XD1 и LE4-116-DD1. Расширяемый дискретный модуль EM4-204-DX1 аналогичен модулю EM4-201-DX2, но работает в сети Profibus-DP. Аналоговый модуль расширения EM4-101-AA2 имеет 8 аналоговых входов и 4 аналоговых выхода, а также два разъема SUCONET K/K1. С помощью специального переключателя S3 устанавливается количество и тип используемых аналоговых входов.

Модуль локального расширения LE4-116-DX1 имеет 16 дискретных входов (24 **VDC**). Модуль имеет разъем для подключения к модулю EM4-201-DX2 или к другим модулям LE4-116-DX1. Модуль LE4-116-DD1 имеет 8 DI и 8 DO, питание 24 **VDC**. Модуль LE4-116-XD1 имеет 16DO, питание 24 **VDC**. Модуль LE4-108-XR1 имеет 8RO, питание 24 VDC/230 **VAC**. Модуль LE4-308-HX1 имеет 8DI, питание 120/240 VAC. Модуль LE4-104-XP1 имеет пневматический выходной сигнал. К модулям аналогового ввода/вывода относятся модули LE4-206-AA1 (4 AI+2 AO, ± 10 **VDC**) и LE4-206-

AA2 (4 AI+ 2 AO, 0/4...20 мА). Модули управления энкодерами: LE4-622-CX1 (инкрементные энкодеры) и LE4-6343-CX1 (абсолютные энкодеры).

Группа коммуникационных модулей включает модули LE4-504-BS1 (Profibus DP Master), LE4-504- BT1 (Profibus DP Slave), LE4-503-BS1 (Profibus FMS), LE4-509-BS1 (LON), LE4-505-BS1 (ASi), LE4-501-BS1 (SucoNet K).

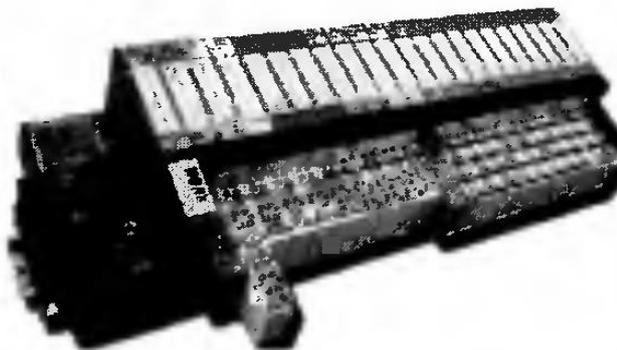


Рис. 2.52

Станции распределенного ввода/вывода WinBLOCK и System XI/ON показаны на рис. 2.52. Станция ввода/вывода WinBLOCK используется с сетями Profibus DP, CANopen, DeviceNet и InterBus. Модули станции имеют 8, 16 и 32 канала ввода/вывода. Станция ввода/вывода XI/ON с модулями ECO на 8 и 16 каналов при ширине модуля 12,5 мм используется в сети Profibus DP в качестве Slave-узла. В качестве программного обеспечения применяется пакет I/O Assistant.

К новым модульным контроллерам компании Moeller относятся контроллеры XC10 для задач малой и средней сложности и XC200 для более сложных задач. Контроллеры имеют встроенные каналы дискретного ввода/вывода (8 DI 6 DO). К контроллеру могут быть подключены до 15 модулей расширения XIOC (495 каналов ввода/вывода). Контроллер XC200 имеет 32-разрядный RISC-процессор и

встроенный порт Ethernet. Объем памяти программ — 256 кбайт, памяти данных — 512 кбайт.

Для программирования контроллеров используется пакет XSoft Pro (CoDeSys). Для связи контроллеров с верхним уровнем прилагается OPC и Web-серверы.

2.2.13 Контроллеры компании *National Instruments*, США

PXI (PCI extension for Instrumentation) — контроллер представляет собой компьютерную платформу, которая базируется на системной шине PCI (спецификация CompactPCI), ОС Windows и стандартных компьютерных технологиях с использованием стандартных интерфейсов и локальных сетей, в том числе сетей Ethernet.

Открытый стандарт PXI предложен альянсом PXISA (PXI Systems Alliance), куда вошли более 60 компаний. PXI представляет собой модульную систему сбора и обработки измерительной информации, состоящую из шасси с различным числом слотов для модулей ввода/вывода (рис. 2.53). Шасси допускает установку PXI-слотов, гибридных слотов и PXI Express-слотов.

Высокоскоростная масштабируемая последовательная шина PXI Express поддерживает пропускную способность 2 Гбайт/с на каждый слот. Данная шина допускает использование как модулей PXI Express, так и CompactPCI Express. Выпускаются шасси с 4, 6, 8, 14 и 18 слотами.

Управление PXI-системой может осуществляться с удаленного ПК, в который устанавливается плата PXI Express. Эта плата соединяется с помощью медного или оптоволоконного кабеля с PXI-модулем, который устанавливается в первый слот PXI-шасси. Максимальная длина линии связи составляет 7 м для медного и 200 м для оптоволоконного кабеля (модели PXI — PC1e 8361/8362, PXI — PCI 8331/8336 и др.).

Одним из классов PXI-контроллеров является класс встраиваемых в стойку контроллеров, которые поставляются с предустановленными ОС Windows, процессором, RAM, HDD, интерфейсами и драйверами (модели PXI/PXIe-8351, PXI/PXIe-8106 и др.).

Компания *National Instruments* выпускает большое число плат для PXI-систем: цифровые осциллографы, генераторы сигналов, платы для виброакустических измерений, анализаторы сигналов, цифровые мультиметры, реле, мультиплексоры, платы видеозахвата сигнала и программируемые источники питания. Диапазон анализируемых

сигналов — от постоянного напряжения до радиочастот (диапазон частот плат ВЧ-диапазона составляет от 9,7 кГц до 6,6 ГГц).

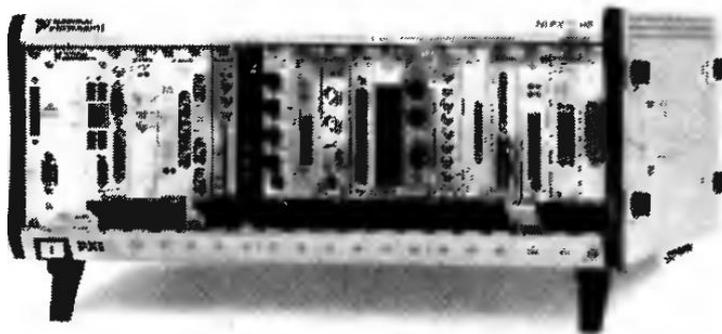


Рис. 2.53

Программирование и графическая разработка систем моделирования, измерения, тестирования и управления осуществляются с помощью среды разработки Lab VIEW (см. параграф 4.3.5).

2.2.14 Контроллеры компании *Отгол Согр.*, Япония

Моноблочные контроллеры. К числу моноблочных контроллеров относятся SYSMAC CPM1A/2A и SYSMAC CPM2C, рассмотренные в работе [2.9]. Контроллеры имеют до 100... 140 дискретных входов/выходов и позволяют подключать до 3...5 блоков расширения, в том числе для аналоговых сигналов входа/выхода и датчиков температуры.

Модульные контроллеры. К модульным контроллерам относятся контроллеры SYSMAC CQM1H, CS1 и C11 [2.9]. Контроллер SYSMAC CQM1H (рис. 2.54) имеет сетевой модуль Controller Link (скорость передачи в сети до 2 Мбайт/с), а также поддерживает сети DeviceNet, ProfibusDP, CompoBus/S, ASi. Число модулей ввода/вывода составляет 16, число дискретных входов/выходов до 256/256. Время выполнения базовой инструкции 0,375... 1,125 мкс, память программ до 15,2 кслов, память данных до 12 кслов.

Контроллер CS1 (рис. 2.55) обладает высокой производительностью со временем выполнения базовой инструкции в зависимости от одного из 9 модулей ЦПУ от 0,04 до 0,08 мкс. Более 100 типов модулей, в том числе модули Ethernet, Profibus DP, DeviceNet, Controller Link и др. позволяют обрабатывать до 5000 точек ввода/вывода.

Семейство модульных контроллеров SYSMAC CJ1 включает контроллеры серии CJ1H, CJ1G, CJ1M. Контроллеры CJ1 имеют малые габариты (90x65 мм), поддерживают сети DeviceNet, Profibus DP, CompoBus/S, Controller Link и Ethernet. Протокол MACRO для RS-

232С/RS-485 позволяет подключить к каждому последовательному порту до 32 устройств.

На рис. 2.56 показан контроллер SYSMAC CJ1. В табл. 2.20 приведены характеристики базовых модулей контроллера CJ1.

Таблица 2.20. Характеристики модулей контроллера CJ1

Модель	Число входов/выходов	Время выполнения базовой инструкции, нс	Объем памяти, шагов	Карта памяти
CJ1H	2560	20	60...120К	Compact флэш memory
CJ1G	960...1280	40	10...60К	
CJ1M-CPU 12/13	360...640	100	10...60К	
CJ1M-CPU 22/23	360...640	100	10...20К	

Общее число входов/выходов зависит от числа блоков расширения. Так, для контроллеров CJ1H число блоков расширения (expansion rack) — до трех, для CJ1G от двух до трех, для CJ1M-CPU13 и -CPU23 — только один блок расширения.

Новые контроллеры CJ1M (рис. 2.57) имеют память данных 32 Кслов, порт RS-232C. Модули CPU22 и CPU23 имеют 10/6 дискретных входов/выходов, число мо-



Рис. 2.54

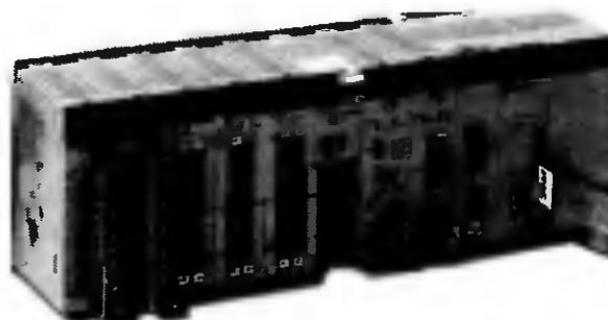


Рис. 2.55



Рис. 2.56

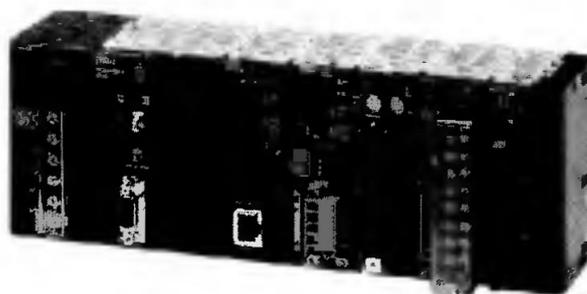


Рис. 2.57

дулей расширения — 10. Базовые модули ввода/вывода серии CJ1Wxx рассчитаны на 8, 16, 32 и 64 канала, специальные модули аналогового ввода/вывода рассчитаны на 2,4 и 8 каналов. К числу специальных модулей также относятся модули позиционирования, высокоскоростных счетчиков и др. Сетевые модули CJ1W-SCU21 имеют

2 порта RS-232, CJ1W-SCU41 один порт RS-232 и один порт RS-232/RS-485, CJ1W-ETN11 — порт Ethernet, CJ1W-CLK21 — Control Link и CJ1W-DRM21 — DeviceNet.

Программирование контроллеров семейства CJ1 осуществляется с помощью пакета программ CX-Automation Suite. Установка контроллеров и модулей расширения осуществляется на DIN-рельс. Питание контроллера 10,2...26,4 **VDC**.

Модульная система удаленного ввода/вывода Отгон SmartSlice (рис. 2.58). Система предназначена для сбора данных и удаленного управления и соединяется с контроллером по сети Profibus DP (скорость обмена до 12 Мбайт/с на расстояние до 1200 м на сегмент) или по сети DeviceNet. Система CX-One служит для настройки, программирования и контроля работы системы. В модулях системы SmartSlice производится первичная обработка сигналов. Например, в модулях аналогового ввода/вывода реализуются функции масштабирования, линеаризации, суммирования, дифференцирования, аварийной сигнализации и др.

Технические характеристики системы SmartSlice приведены в табл. 2.21.

Таблица 2.21. Технические характеристики системы SmartSlice

Модули ввода/вывода	Тип сигнала	Число каналов	Модули ввода/вывода	Тип сигнала	Число каналов
GRT1-ID4	Вход пост. тока, рпр, 24 VDC	4	GRT-AD2	Аналоговый вход 0...20 мА, 4...20 мА, ±10В, 0...5В, 0...10 В	2
GRT1-ID4-1	Вход пост. тока, рпр, 24 VDC	4	GRT-DA2	Аналоговый выход ±10 В, 0...5В, 0...10 В	2
GRT1-OD4	Транзисторный выход, рпр, 24 VDC	4	GRT1-DA2C	Аналоговый выход 0...20 мА, 4...20 мА	2
GRT1-OD4-1	Транзисторный выход, рпр, 24 VDC	4	GRT1-CP1-1 (модуль позиционирования)	24 VDC от инкрементного энкодера	2
GRT1-ROS2	Релейный выход 1×НО, 24 VDC/250 VAC	2	—	—	—



Рис. 2.58

2.2.15 Контроллеры компании *Rockwell Automation*

Идеология системы автоматизации на базе контроллеров компании основана на интегрированной архитектуре Integrated Architecture **Rockwell Automation**, позволяю-

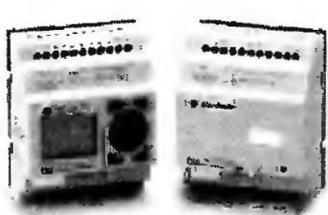


Рис. 2.59

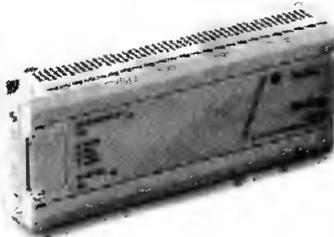


Рис. 2.60

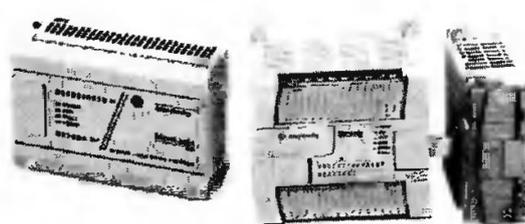


Рис. 2.61

щей синтезировать масштабируемую систему с использованием контроллеров различной производительности, систем визуализации, управления перемещением и пр. Концепция Integrated Architecture стала возможной благодаря сочетанию высокоэффективных технологий, таких как платформа управления Logix™, открытая сетевая архитектура NetLinx™, технологии визуализации ViewAnyWare™ и оболочка разработки программного обеспечения FactoryTalk.

В состав семейства контроллеров входят моноблочные контроллеры PICO, MicroLogix 1000, MicroLogix 1200 и MicroLogix 1500, модульные контроллеры SLC-500 и PLC-5, платформы CompactLogix, FlexLogix, ControlLogix и ProcessLogix. Контроллеры MicroLogix 1200 и MicroLogix 1500 имеют возможность локального расширения за счет подключения с помощью шлейфа модулей ввода/вывода. К контроллеру MicroLogix 1200 дополнительные каналы ввода/вывода устанавливаются путем подключения до 6 цифровых или аналоговых модулей ввода/вывода. К контроллеру MicroLogix 1500 может быть подключено до 8 модулей цифрового или аналогового ввода/вывода Compact I/O.

Большую группу изделий составляют распределенные системы ввода/вывода: семейство FLEX I/O, семейство POINT I/O, 1769 Compact I/O, 1791 Block I/O, шасси ввода/вывода 1756 I/O, 1746 I/O, 1771 I/O и др.

Моноблочный контроллер PICO (рис. 2.59) предназначен для применения там, где требуется работа с минимальным числом дискретных и аналоговых входов/выходов. Контроллер выполняет основные функции типа логики, счета и согласования по времени. Для программирования контроллера используются программное обеспечение PicoSoft, встроенные ЖК-дисплей и мини-клавиатура.

Контроллеры MicroLogix 1000 (рис. 2.60) используется в приложениях, которые требуют небольшое число точек ввода/вывода

(до 32). Все аналоговые модели MicroLogix 1000 имеют 16 цифровых каналов и 5 аналоговых (4 входа и 1 выход). Среди аналоговых входов — 2 входа по напряжению и 2 входа по току. Разрешение всех входов 16 бит. Аналоговый выход имеет настраиваемый диапазон по напряжению или по току, разрешение 15 бит. Все входы и выходы подключены к внутренней шине контроллера и размещены в едином конструктиве с процессорным блоком. Это позволяет добиться высокой скорости ввода/вывода. Программировать и отлаживать программы контроллера MicroLogix 1000 можно как на PC, так и с помощью ручного программатора MicroLogix HNP.

Контроллеры MicroLogix 1200 (рис. 2.61) имеют процессорный блок с 24 или 40 каналами ввода/вывода. Дополнительные каналы ввода/вывода устанавливаются пу-

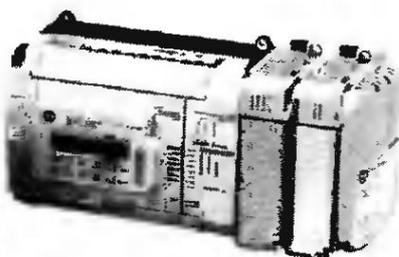


Рис. 2.62

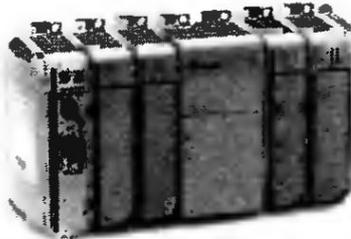


Рис. 2.63



Рис. 2.64

тем подключения модулей сбора данных: до 6 цифровых или аналоговых модулей ввода/вывода.

Контроллеры MicroLogix 1500 (рис. 2.62) состоят из базового блока, на котором расположены пассивная шина и модули на 24 или 28 цифровых входов/выходов, и процессорного блока. В серии 1500 расширены коммуникационные возможности контроллера — добавлена поддержка протокола Modbus RTU и обмена с ASCII-устройствами, увеличен объем памяти и число дополнительных модулей ввода/вывода. Подключение модулей ввода/вывода осуществляется непосредственно к корпусу контроллера или может быть удалено на расстояние до 1 м при помощи кабеля.

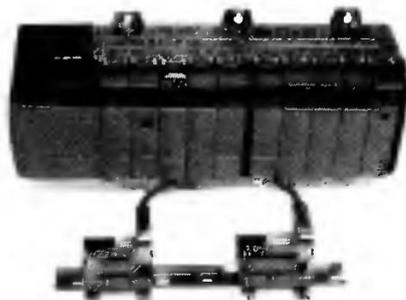


Рис. 2.65

Контроллер CompactLogix (рис. 2.63) — небольшой контроллер высокой производительности для семейства ввода/вывода Compact I/O. Имеет строенный порт для сетей ControlNet, Ethernet/IP и DeviceNet. Для всех контроллеров CompactLogix, FlexLogix, ControlLogix и ProcessLogix используется единое программное обеспечение RSLogix 5000.

Контроллер FlexLogix (рис. 2.64) сочетает в себе преимущества механизма управления Logix с компактной системой ввода/вывода Flex I/O без уменьшения вычислительной мощности и возможностей программирования. FlexLogix предназначен как для использования в приложениях распределенного управления со всеми возможностями Netlinx коммуникаций, так и для автономных применений.

Контроллер ControlLogix (рис. 2.65) является контроллером универсального применения. Задняя шина ControlLogix функционирует как сверхскоростная сеть ControlNet. Допускается любая комбинация процессоров, модулей ввода/вывода и коммуникационных модулей. Контроллеры имеют возможности резервирования и сертифицированы на использование в приложениях, соответствующих SIL 2, SIL 3.

В табл. 2.22 приведены краткие технические характеристики контроллеров компании **Rockwell Automation**.

Таблица 2.22. Технические характеристики контроллеров компании **Rockwell Automation**

Тип контроллера	Память (макс.)	Число каналов ввода/ вывода	Тип модуля расширения	Сеть резервирования	Программное обеспечение	Языки программирования
PICO	0,5 кин-струкций	До 38 (релейные)	—	—	PICO Soft	LD
MicroLogix 1000	1 кслов	До 32	—	—	RSLogix 500	LD
MicroLogix 1200	4 кслов	До 128	—	—		—
MicroLogix 1500	14 кслов	До 256	Модули для DeviceNet	—		—
SLC 500	64 кслов	4096	1790, 1791, 1792, 1794, 1797, 1798, 1799	RIO/DH+		LD
PLC 500	100 кслов	3072		RIO/DH+ или ControlNet	RSLogix 5	LD, SFC, ST
Compact Logix	256 кбайт	До 30 модулей Compact I/O	—	—	RSLogix 5000	LD, FBD, SFC, ST
FlexLogix	512 кбайт	128 аналог. или 512 цифр.	1794, 1797	—		
Control Logix	7,5 Мбайт	3800 аналог. или 128000 цифр.	1790, 1791, 1792, 1794, 1797, 1798, 799	ControlNet		
Process Logix	7,5 Мбайт	64 модуля ввода/вывода	1756, 1794, 1797	ControlNet	Control Builder	FBD

Контроллеры имеют порты RS-232, DH485, DeviceNet, ControlNet и Ethernet TCP/ IP. Питание 24 VDC/240 **VAC**.

Распределенные системы ввода/вывода предназначены для увеличения каналов ввода/вывода, экономии кабельной продукции, повышения быстродействия и надежности сбора и обработки данных. Помимо основных функций сбора данных и управления эти системы имеют встроенную диагностику и обработку данных, а также допускают «горячую» замену модулей и др. Связь с базовым контроллером осуществляется с помощью сетевых коммуникаций Ethernet TCP/IP, ControlNet, DeviceNet, RIO.

Сеть Ethernet TCP/IP: скорость передачи 10/100 Мбит/с, поддерживается организациями **Industrial Ethernet Assotiation, IAONA, ODVA** и др.; сеть ControlNet — скорость передачи 5 Мбит/с; сеть DeviceNet — скорость передачи до 500 кбит/с; удаленный ввод/вывод (RIO) — скорости передачи 57,6 кбит/с, 115,2 и 230,4 кбит/с; Data Highway Plus (DH+) — связывает до 64 станций на скоростях 57,6 и 230,4 кбит/с; DH485 — связывает до 32 станций на скорости до 19,2 кбит/с.

В табл. 2.23 приведены основные технические характеристики распределенных систем ввода/вывода.

Таблица 2.23. Характеристики распределенных систем ввода/вывода компании *Rockwell Automation*

Тип системы ввода/вывода	Тип каналов ввода/вывода	Отличительные особенности	Коммуникации	Монтаж	Область применения
FLEX I/O (1793, 1794)	D I/O, A I/O, счетчик, реле, температурный	48 VDC	Remote I/O, ControlNet, DeviceNet и др.	DIN-рейка, панель	Общего назначения
POINT I/O (1734, 1734D)	D I/O, A I/O, счетчик, реле, датчик положения	Встроенная диагностика	DeviceNet		
1769 Compact I/O	D I/O, A I/O, реле, температурный	24 VDC			
1798 FLEX Armor I/O	24 VDC	IP65/ IP67			
1791 Block I/O	D I/O, A I/O	Шасси	Remote I/O	DIN-рейка, панель	Пульт оператора
1797 FLEX Ex I/O	D I/O, A I/O, частотный, температурный	Искро-безопасность	ControlNet	DIN-рейка	В агрессивных средах

2.2.16 Контроллеры фирмы *Schneider Electric, Франция*

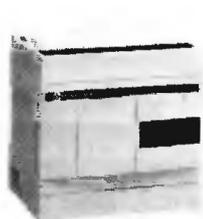
К моноблочным (компактным) контроллерам относятся контроллеры серии TWIDO (мод. TWDLCAA10DRF, TWDLCAA16DRF, TWDLCAA24DRF).

Моноблочный контроллер TWIDO (рис. 2.68, **a**) предназначен для создания простых автономных систем. Контроллер имеет

встроенный блок питания датчиков напряжением 24 **VDC**, слот для карты памяти 32 кбайт, процессор и блок дискретного ввода/вывода.

К компактному контроллеру можно подключить до четырех модулей расширения аналогового и дискретного ввода/вывода. Время цикла составляет 1 мс для выполнения 1000 логических инструкций. На лицевую панель контроллера возможна установка 2-строчного по 8 символов дисплея (TWD XCP ODC). Напряжение питания контроллеров 100...240 VAC.

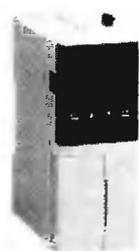
К модульным контроллерам относятся контроллеры TWIDO, TSX Micro, TSX Premium, TSX Quantum.



а



б



в

Рис. 2.66



Рис. 2.67

Модульные контроллеры TWIDO (рис. 2.66, **б**) в зависимости от числа входов/ выходов и производительности процессора имеют 5 модификаций. Напряжение питания модульных контроллеров TWIDO всех модификаций составляет 24 **VDC**. К контроллеру можно подключить от 4 до 7 модулей расширения, карты памяти и часов реального времени. Модульный контроллер помимо дискретных входов/выходов оснащен одним аналоговым входом напряжения (0...10 **VDC**), одним потенциометром (диапазон 0...1023), последовательным портом RS-485 (дополнительно порт RS-232/RS-485). Характеристики модульных контроллеров приведены в табл. 2.24.

Таблица 2.24. Характеристики модульных контроллеров TWIDO

Модель TWIDO	Число входов/ выходов	Число входов	Число выходов	Число модулей расширения	Дополнительный картридж
TWD LMDA20DTK	20	12	8 (OK)	4	2 слота: часы реального времени и память
TWD LMDA20DUK	20	12	8 (OK)	4	
TWD LMDA20DRT	20	12	2 (OK), 6 (RO)	7	
TWD LMDA40DTK	40	24	16 (OK)	7	
TWD LMDA40DUK	40	24	16 (OK)	7	

Программирование контроллеров TWIDO осуществляется при помощи программного обеспечения TwidoSoft на языках LD и IL с ОС Windows 98(SE)/2000. TwidoSoft обеспечивает функции редактирования, мониторинга, копирования и вставки, анимации в режиме РВ, диагностику работы ПЛК и др.

Программирование контроллера осуществляется с помощью инструментальной системы UnityPro на любом из пяти языков по стандарту IEC 1131-3.

Модульный контроллер Modicon M340 (рис. 2.67) имеет шасси на 4, 6, 8 или 12 платомест с функцией горячей замены модулей. Высокоплотные модули (до 64 каналов) имеют толщину 32 мм. Высота контроллера — 100 мм, глубина — 93 мм. M340 снабжен коммуникационными портами USB, Modbus, Ethernet или CanOpen. Библиотека функций контроллера включает следующие функции:

18. ПИ- и ПИД-регулирование;
19. автонастройка регуляторов;
20. 2-, 3-позиционный и каскадный регулятор;
21. генератор функций изменения алгоритма управления;
22. масштабирование и др.

Программирование ведется в среде Unity Pro на языке FBD. С ПК, подключенного к сети Ethernet, имеется возможность получения данных при помощи FTP сервера. M340 имеет встроенный Web-сервер для системной диагностики и параметрирования контроллера. Технические характеристики контроллеров M340 приведены в табл. 2.25.

Таблица 2.25. Характеристики контроллеров M340

Характеристики	Тип процессора контроллера Modicon M340			
	BMX P34 1000	BMX P34 2010	BMX P34 2020	BMX P34 20300
Время выполнения двоичной инструкции, мкс	0,18	0,12	0,12	0,12
Объем RAM, кбайт	2048	4096	4096	4096
Объем памяти программ, К инструкций	35	70	70	70
Объем карты памяти SD, МБ	8	16	16	16
Встроенные порты: USB/CANOpen/Modbus Ethernet TCP/IP	1 / - / 1 -	1 / 1 / 1 -	1 / - / 1 1	1 / 1 / - 1

Модульный контроллер Modicon TSX 37 Micro (рис. 2.68) используется для создания АСУ ТП с числом каналов ввода/вывода порядка 200-300. Базовая конфигурация контроллера включает блок центрального процессора с памятью, мини-дисплей, коммуникационные порты и платы. Имеется 5 модификаций

контроллера для раз личных уровней интеграции, а также более 40 различных модулей, как полноформатных (в размер слота), так и полуформатных (половина слота) на 8, 16, 32 и 64 точки. Время выполнения одной логической команды контроллера составляет 0,15 мкс. Максимальное число дискретных сигналов ввода/вывода одного контроллера — 248. Контроллер имеет удобную индикацию, встроенный коммуникационный порт RS-485, слот для карты памяти PCMCIA (до 64 кслов), а также слот для коммуникационной карты PCMCIA. Отдельные входы контроллера можно использовать в качестве входов прерывания выполняемой программы пользователя и в качестве входов быстрого счета на 500 Гц или 10 КГц.

Сетевые возможности контроллера определяются наличием встроенных коммуникационных портов или коммуникационных карт типа PCMCIA (ASCII, Modbus, Fir и др.). С помощью модуля ETZ 510 (модуль Ethernet с флэш-памятью 8 Мб) обеспечивается связь по сети Ethernet.

Модульный контроллер TSX Premium (рис. 2.69) относится к контроллерам среднего класса, расширяющим возможности TSX Micro.

Помимо базовой конфигурации контроллер включает до 64 специализированных модулей, среди которых 4 модуля Ethernet и 8 модулей связи ASi.

Контроллер TSX Premium обладает повышенной надежностью. Повышение надежности достигается дублированием интерфейсов ввода/вывода, безударным переключением управления исполнительными механизмами, мощными диагностическими функциями (системная диагностика каждого модуля и канала ввода/вывода, диагностика приложений и системы визуализации при переходе с основного процессора на резервный). Подключение резервных модулей ввода/вывода осуществляется с помощью системы быстрого монтажа TeleFast. В контроллере реализована технология «теплого резервирования», позволяющая передать управление на резервный контроллер при отказе ведущего за несколько секунд (в отличие от «горячего резервирования», где передача функций управления происходит немедленно). Пакет программ UnityPro контроллера позволяет программирование на языках стандарта IEC 1131-3.

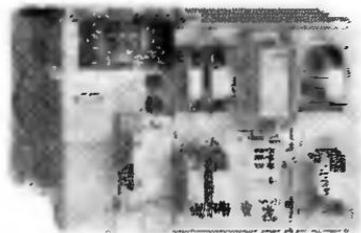


Рис. 2. 68



Рис. 2. 69

В табл. 2.26 приведены основные технические характеристики односетевых (TSX P57 104М/204М/254М) и многосетевых (TSX P57 304М/454М/554М) контроллеров.

Таблица 2.26. Технические характеристики контроллеров TSX Premium

Модель TSX P57	104М	204М	254М	304М	454М	554М
Число дискретных входов/выходов	512 (модули на 8, 16, 32, 64 канала)	1024 (модули на 8, 16, 32, 64 канала)		2040 (модули на 8, 16, 32, 64 канала)		
Число аналоговых входов/выходов	24 (модули на 4, 8, 16 каналов)	80 (модули на 4, 8, 16 каналов)		128 (модули на 4, 8, 16 каналов)	256 (модули на 4, 8, 16 каналов)	512 (модули на 4, 8, 16 каналов)
Сеть/число модулей сети	ASi / 2	ASi / 4; (Interbus или Profibus DP) / 1		ASi / 8; (Interbus, Profibus DP) / 2		
Объем памяти ОЗУ/ расширение, кбайт	96/256	160/768	192/768	192/1792	320/2048	640/4096
Время выполнения инструкции, мкс	0,27	0,19		0,12	0,06	0,04
Число каналов регулирования	—	10 (по 3 контура на канал)		15 (по 3 контура на канал)	20 (по 3 контура на канал)	30 (по 3 контура на канал)
Число сетей, тип и число шин	1 сеть, 1 ASi, 1 CANopen	1 сеть, 4 ASi, 1 CAN-open, 1 шина другого типа	1 сеть, 4 ASi, 1 CAN-open, 1 Fiprio, 1 шина другого типа	3 сети, 8 ASi, 1 CAN-open, 2 шины другого типа	4 сети, 8 ASi, 1 CAN-open, 1 Fiprio, 2 шины другого типа	5 сетей, 8 ASi, 1 CAN-open, 1 Fiprio, 2 шины другого типа

Модульный контроллер Modicon TSX Quantum (рис. 2.70) является одним из самых мощных контроллеров, совместимых с младшими сериями контроллеров — Compact и Momentum. Имеется свыше 40 типов модулей ввода/вывода и модулей специального назначения, устанавливаемых на монтажных панелях серии Quantum. Модули ввода/вывода соответствуют стандартам МЭК на взрывобезопасность (Ex ia, Ex ib зоны 2 группы ПА-С). Модели контроллеров TSX Quantum определяются одним из четырех типов процессоров (табл. 2.27).

Старшая модель контроллера имеет ОЗУ 2 Мбайт и обеспечивает сканирование одной тысячи булевских команд за 0,1 мс. Модули ввода/вывода ПЛК Quantum используются в трех вариантах: локальный (местный) ввод/вывод, удаленный ввод/вывод и распределенный ввод/вывод. Любой модуль устанавливается в любой слот шасси. Выпускаются шасси на 2, 3, 4, 6, 10 и 16 слотов. При выборе максимальной конфигурации (блок питания, процессор и 14 модулей ввода/вывода) имеем ПЛК на 2048 каналов дискретного ввода/вывода. Максимальное число аналоговых каналов ввода/вывода на шасси локального ввода/вывода составляет 84 канала (56 входных и 28 выходных каналов).

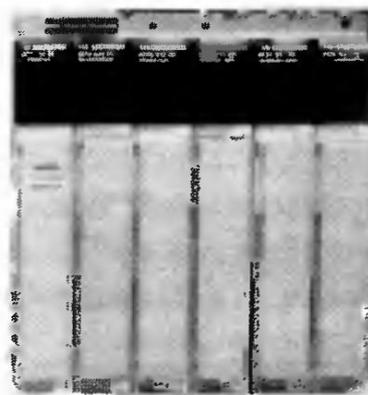


Рис. 2.70

Распределенный ввод/вывод поддерживает 3 сети: поддержка одной встроена в ЦПУ, поддержка двух других обеспечивается установкой специальных модулей сетевого интерфейса. Для обеспечения коммуникаций поставляются следующие модули: модули Modbus и Modbus +, Ethernet TCP/IP, SY/MAX, MMS Ethernet; модули удаленного ввода/вывода; модули горячего резерва; модули управления перемещением; модули Lonworks, Profibus DP; модули шины ASi-Bus.

Программирование контроллера осуществляется в режиме online с использованием инструментальных систем ConCept и UnityPro. Пакеты ConCept и UnityPro устанавливаются под управлением MS Windows и позволяет использовать все пять специализированных языков по стандарту IEC 1131-3. Отличительной чертой пакетов является наличие программы, моделирующей контроллер со всеми его модулями (симулятор аппаратных средств). Это дает возможность выполнять большую часть работы по отладке приложения в автономном режиме без подключения к контроллеру. Оба пакета имеют большой набор библиотек стандартных функциональных блоков. Кроме того, имеется возможность создания пользователем

нестандартных функциональных блоков на языке Си. Более подробные данные по контроллерам фирмы **Schneider Electric** приведены в работе [2.9].

Таблица 2.27. Характеристики процессоров контроллера Modicon TSX Quantum

Характеристика	Процессор			
	140CPU 11302	140CPU 11303	140CPU 43412A	140CPU 53414A
Процессор / тактовая частота	186 / 20 МГц	186 / 20 МГц	486 DX / 80 МГц	586 / 133 МГц
Объем памяти Флэш / SRAM	256 кбайт / 256 кбайт	256 кбайт / 512 кбайт	1 Мбайт / 2 Мбайт	1 Мбайт / 4 Мбайт
Число регистров	9 999	9 999	57 К	57 К
Число бит	8 192	8 192	65 535	65 535
Макс. размер программы	109 кбайт	368 кбайт	896 кбайт	2,5 Мбайт
Порт Modbus +	+	+	+	+
Порт Modbus	1	1	2	2
Кол-во дополнительных сетевых модулей	2	2	6	6

2.2.17 Контроллеры компании **Siemens**, Германия

К контроллерам компании **Siemens** относятся моноблочные контроллеры Simatic S7-200, Simatic S7-300C и Simatic S7-620, модульные контроллеры Simatic S7-300/300F, SIPLUS S7-300, Simatic S7-400 (Simatic S7 400H/400F/400FH), PC-based контроллер Simatic WinAC (ПК).

Контроллер Simatic S7-200 (рис. 2.71) предназначены для решения задач управления и регулирования в небольших системах автоматизации. При этом Simatic S7-200 позволяют создавать как автономные системы управления, так и системы управления, работающие в промышленных сетях. Область применения контроллеров Simatic S7-200 простирается от простейших задач автоматизации (управление лифтами, подъемниками и пр.) до управления станками и конвейерными линиями. Программирование контроллеров осуществляется с помощью пакета STEP7 Micro/ Win V3.2 для ОС Windows 95/98/NT/2000. Пакет включает языки программирования по стандарту IEC 61131-3 и языки высокого уровня C, C++.



Рис. 2.71



Рис. 2.72

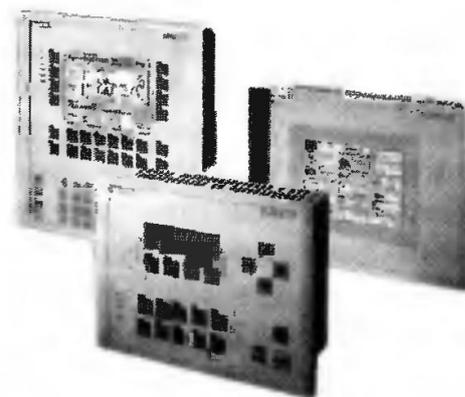


Рис. 2.73

Моноблочный контроллер Simatic S7-300C объединяет в одном корпусе центральный процессор и встроенные аналоговые и дискретные входы/выходы для подключения датчиков и исполнительных механизмов. Контроллер имеет увеличенный объем памяти и более высокую скорость выполнения команд. В контроллерах S7-300C использована новая концепция загрузки и сохранения данных с использованием новых микрокарт памяти, встроенный интерфейс Profibus-DP или PP1 (Point-to-Point Interface). Встроенные функции контроллера поддерживают работу скоростных счетчиков, импульсных выходов, ПИД-регуляторов, измерителей частоты.

Модульный контроллер S7-300 (рис. 2.72) представляет собой универсальный программируемый контроллер для построения систем автоматизации низкой и средней производительности. Имеет широкий спектр модулей для максимальной адаптации к требованиям любой задачи. Высокая плотность монтажа модулей ввода/вывода и возможность расширения системы до 32 модулей позволяют строить системы управления с большим числом каналов ввода/вывода. Программное обеспечение контроллеров реализуется с помощью пакета STEP7/STEP7-Lite (IEC 1131-3) с языками программирования STL, LD и FBD.

Модульный контроллер Simatic S7-300F представляет собой программируемый контроллер для построения систем автоматики безопасности и противоаварийной защиты и базируется на функциональных возможностях программируемого контроллера Simatic S7-300. Контроллер используется в системах распределенного ввода/вывода на основе Profibus DP со станциями ET 200M с F-модулями, ET 200S PROFIsafe, ET 200pro PROFIsafe и ET 200eco PROFIsafe с использованием для обмена данными профиля PROFIsafe.

Контроллер SIPLUS S7-300 представляет собой универсальный контроллер для эксплуатации в тяжелых промышленных условиях,

базирующийся на функциональных возможностях контроллеров Simatic S7-300. Имеет расширенный диапазон рабочих температур (-25 ... +60 °С), более высокую стойкость к вибрации (ионным и ударным нагрузкам), работает в средах, содержащих агрессивные примеси и газы.

Контроллер Simatic C7-620 (рис. 2.73) представляет собой устройство, сочетающее в одном корпусе программируемый контроллер и панель визуализации и управления с ЖК-дисплеем. Блоки управления Simatic C7 полностью совместимы с программируемыми контроллерами Simatic S7-300. Помимо панели управления в состав контроллера входят модули аналогового и дискретного ввода/вывода. Возможно расширение числа входов/выходов с помощью модулей контроллера Simatic S7-300. Число дополнительных модулей — 24, по 8 модулей на трех носителях. Встроенный контроллер имеет высокое быстродействие (время выполнения логической команды не превышает 0,1...0,3 мкс), что существенно расширяет допустимые области применения систем автоматизации на базе контроллеров Simatic C7. Контроллер поддерживает математические операции с плавающей запятой и функции связи с устройствами человеко-машинного интерфейса. Это исключает необходимость программирования функций обмена данными между панелью оператора и контроллером. Панель оператора и контроллер используют единую базу данных проекта STEP 7. Контроллер Simatic C7-620 обменивается данными с контроллерами S7-300, S7-400 и др. устройствами по интерфейсу MPI (Multipoint Interface), а также по сети Profibus DP. Поддерживаются также диагностические функции и парольная защита контроллера.

Встроенная панель оператора осуществляет управление выводом и обработкой сообщений об ошибках и текущих значениях параметров и вывод изображений (в Simatic C7 с графической панелью оператора), а также текстовых сообщений.

Имеется 6 модификаций контроллера C7-620. Программирование осуществляется с помощью программных пакетов S7-SCL, S7-Graph, S7-HiGraph, а также программного обеспечения RunTime. Программирование панелей оператора осуществляется с помощью пакетов ProTool и ProTool/Pro, работающих под ОС Windows NT/2000. Для конфигурирования системы автоматизации и встроенного контроллера применяется STEP 7 или STEP 7 Lite.

Модульный контроллер Simatic S7-400 (рис. 2.74) предназначен для построения систем автоматизации средней и

высокой степени сложности. Контроллер отличается высоким быстродействием, возможностью применения структур локального и распределенного ввода/вывода, широкими коммуникационными возможностями, функциональностью, удобством эксплуатации и обслуживания. Эффективному применению контроллеров способствует возможность использования нескольких типов центральных процессоров различной производительности, наличие широкой гаммы модулей ввода/вывода дискретных и аналоговых сигналов, функциональных модулей и коммуникационных процессоров. Simatic S7-400 отвечает самым жестким требованиям промышленных стандартов, обладает высокой степенью электромагнитной совместимости, высокой стойкостью к ударным и вибрационным нагрузкам. Установка и замена модулей контроллера может производиться без отключения питания («горячая замена»). Контроллер может комплектоваться широким спектром модулей, устанавливаемых в монтажных стойках в любом порядке. Процессорные модули оснащены встроенными интерфейсами Profibus-DP. При необходимости, в базовом блоке контроллера может быть использовано до 4 центральных процессоров. К числу модулей относятся модули ввода/вывода дискретных и аналоговых сигналов, коммуникационные модули для организации последовательной передачи данных по РР-интерфейсу, функциональные модули для решения специальных задач управления (счет, позиционирование, автоматическое регулирование и т. д.), интерфейсные модули для связи базового блока контроллера со стойками расширения. К одному базовому блоку контроллера Simatic S7-400 может подключаться до 21 стойки расширения. Модули устанавливаются в свободные разъемы монтажных стоек в произвольном порядке и фиксируются в

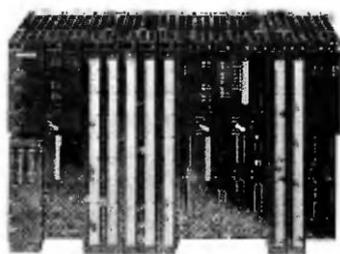


Рис. 2.74

рабочих положениях винтами. Фиксированные места занимают только блоки питания, первый центральный процессор и некоторые интерфейсные модули.

В качестве программного обеспечения контроллеров используется программный пакет STEP7. Основными областями применения Simatic

S7-400 являются технологические установки, машиностроение, химическая промышленность и др.

Контроллер **Simatic S7-400H** применяется в областях, предъявляющих повышенные требования к надежности функционирования системы управления. Контроллер имеет резервированную структуру — резервирование основных функций и конфигураций систем ввода/вывода, резервирование сетей Profibus DP контроллера, горячее резервирование модулей и автоматическое безударное переключение на резервный блок в случае отказа ведущего блока. Для гарантированного безударного включения резерва между базовыми блоками контроллера необходима надежная скоростная связь. Эта связь поддерживается по оптоволоконным кабелям, соединяющим два центральных процессора. В этих целях оба базовых блока контроллера выполняют одну и ту же программу, работают с одними и теми же блоками данных, с одними и теми же внутренними данными (битами памяти, таймерами, счетчиками и т. д.). При отсутствии ошибок и отказов оба базовых блока находятся в активном состоянии. Сигнал от каждого датчика (или двух резервированных датчиков) поступает на входы резервированной пары модулей ввода, считывается в оба базовых блока и проверяется на идентичность, после чего используется программой. Каждое формируемое программой управляющее воздействие выводится на исполнительное устройство через выходы двух модулей вывода. При отказе одного из двух резервированных модулей программа контроллера выполняет его идентификацию и прекращает обращение к этому модулю, продолжая работать с исправным модулем. После ремонта или замены неисправного модуля и его установки в систему программа возобновляет обращение к обоим модулям.

Безударное переключение может быть обеспечено только при синхронной работе двух базовых блоков контроллера. Функции синхронизации выполняются автоматически операционной системой контроллера и не требуют программирования со стороны пользователя. Этим обеспечивается возможность быстрого перевода функций управления на любой базовый блок контроллера в любой момент времени. Контроллер Simatic S7-400H способен поддерживать обмен данными с другими контроллерами S7-400H, стандартными системами автоматизации S7-400 и компьютерами. Для организации обмена данными с компьютерами через резервированные каналы связи дополнительно необходим пакет программ S7-REDCONNECT. В зависимости от круга решаемых задач для организации обмена

данными могут использоваться различные сетевые конфигурации: резервированная или не резервированная магистральная структура и кольцевая топология с одиночным или дублированным кольцом. Программирование контроллеров S7-400H не отличается от программирования стандартных моделей S7-400. Для этого могут быть использованы все функции пакета STEP 7 от V5.0 или выше. Конфигурирование резервированных систем ввода/вывода контроллера S7-400H выполняется с помощью опционального пакета S7H, интегрируемого в STEP 7.

Контроллер S7-400F/FH предназначен для построения систем противоаварийной защиты (ПАЗ). Базируется на использовании компонентов S7-400H и станций распределенного ввода/вывода ET 200M с модулями систем безопасного управления (F-модулями), станций ET 200S PROFISafe и ET 200eco PROFISafe. Контроллер обеспечивает одновременную поддержку функций противоаварийной автоматики и функций стандартного управления.

PC-based контроллер Simatic WinAC (промышленный компьютер) поддерживает связь с процессом через систему распределенного ввода/вывода на основе Profibus-DP. С этой целью WinAC Slot PLC оснащен встроенным интерфейсом Profibus-DP. Системы WinAC Software PLC подключаются к сети Profibus через коммуникационные процессоры. Для решения технологических задач Simatic WinAC использует программное обеспечение RunTime спектра Simatic, включающее программное обеспечение (например, Standard PID Control, Easy Motion Control и т. д.) с библиотеками и стандартными функциональными блоками, интегрируемыми в программы Simatic WinAC. К этим модулям относятся функциональные и технологические модули, устанавливаемые в станции распределенного ввода/вывода Simatic ET 200 и подключаемые к Simatic WinAC через сеть Profibus-DP. Simatic WinAC, пакет программирования STEP 7 и программное обеспечение визуализации могут устанавливаться на одном компьютере или связываться между собой через сети MPI, Profibus DP или Ethernet.

В соответствии с концепцией Totally Integrated Automation для подавляющего большинства приборов оперативного управления и мониторинга семейства Simatic HMI, а также систем Simatic ProTool/Pro и Simatic WinCC обеспечивается полный доступ к данным и функциям Simatic WinAC. Для организации обмена данными с системами визуализации других производителей Simatic WinAC снабжен OPC-сервером. Интегрированный в Simatic WinAC OPC сервер с Data Access

Interface 2.0 (интерфейс доступа к данным) обеспечивает открытый доступ к данным WinAC со стороны приложений, выполняющих функции OPC клиентов. Программирование и конфигурирование систем автоматизации WinAC выполняется с помощью STEP 7, а также инструментальных средств проектирования Simatic. Это позволяет использовать для программирования Simatic WinAC все языки программирования, отвечающие требованиям международного стандарта IEC 61131-3. Simatic WinAC работает на стандартном PC под управлением Windows 2000 или Windows XP Professional, программно совместим с Simatic S7 и оптимизирован для задач сбора и обработки данных, визуализации и управления.

2.2.18 Контроллеры SMART2 компании *PEP Modular Computers GmbH*, Германия

Контроллер SMART2 (рис. 2.75) продолжает развитие концепции SMART I/O и базируется на технологии открытой шины VME. Может использоваться в жестких условиях промышленного производства. Контроллер используется для создания небольших систем примерно до 100 каналов вво

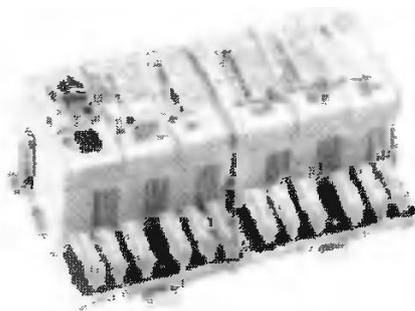


Рис. 2.75

да/вывода. Однако интерфейс локальной сети Profibus позволяет создавать распределенные системы, объединяющие контроллеры различной мощности других производителей, интеллектуальные датчики и исполнительные устройства с интерфейсом Profibus. Все блоки и модули контроллера устанавливаются на стандартном DIN-рельсе.

Предшествующая модель — контроллер SMART I/O, программно совместим с системами VME9000 и IUC9000. В качестве операционной системы используется многозадачная многопользовательская ОС реального времени OS-9. В качестве средств программирования используются ассемблер, компилятор Ultra-C (стандарт ANSI-C, C++), интегрированная среда FasTrak для Windows, а также система ISaGRAF.

Контроллер SMART I/O состоит из базового блока SMART-BASE с тремя разъемами для сменных модулей ввода/вывода SM-xxx и дополнительных блоков SMART-EXT, каждый из которых имеет по 2 разъема для сменных модулей ввода/вывода. К одному модулю SMART-BASE можно подключать до 4 блоков SMART-EXT. Широкая номенклатура модулей

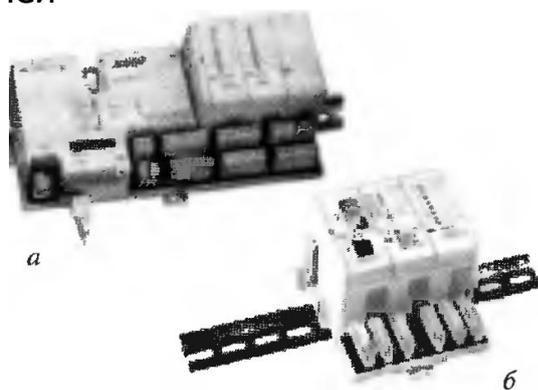


Рис. 2.76

ввода/вывода позволяет оптимизировать конфигурацию распределенных систем управления под конкретную задачу.

Контроллер SMART2 отличается от контроллера SMART I/O тем, что наряду с модульной конструкцией он комплектуется из блоков, которые монтируются на DIN-рельсе. В каждом из блоков может располагаться до трех функциональных модулей. Максимально возможное число блоков — 5; следовательно, максимальное количество модулей в контроллере — 15. Несколько контроллеров SMART2 могут быть связаны между собой и с другими контроллерами с помощью промышленных сетей Profibus, Modbus или CAN.

Процессорный блок SM2-CPU (рис. 2.76, **a**) базируется на микропроцессоре MC68LC302 20 МГц (DRAM 512 кбайт/1 Мбайт, SRAM 25 кбайт, Флэш 1 Мбайт/2 Мбайт). Интерфейсы контроллера — RS-232, RS-485, Profibus DP (модуль SM2-DP), CAN (модуль SM2-CAN) или Ethernet (модуль SM2-ETH).

Типы и характеристики модулей дискретного ввода/вывода: SM-DW1 (8DI, 24 **VDC**); SM-DOUT1 (8DO, 24 **VDC**); SM-DIO (8DI/2DO); SM-ACI1 (8DI, 80...240 **VAC**); SM-ACOI (6DO, 80...240 **VAC**); SM-REL1 (6RO, 250 VDC, 220 **VAC**).

Типы и характеристики модулей аналогового ввода/вывода: SM-ADC1 (6AI, 0...5 мА, 0...20мА, 0..10 VDC, ± 5 мА, ± 10 **VDC**); SM-ADC12 (6/12 AI, 0...5 мА, 0...20мА, ± 5 мА); SM-ADC32 (16/32 AI); SM-DACI(2/6 AO, 0...10 VDC, ± 10 **VDC**, 0...20 мА); SM-DAD1 (4AI/2AO, ± 10 VDC,

0...10 **VDC**); SM-TERM (4 канала для термопар); SM- PT100 (4 канала для термометров сопротивления).

Типы и характеристики интерфейсных модулей: SM-RS-232 (интерфейс RS-232); SM-RS422I (интерфейс RS-422); SM-RS-485I (интерфейс RS-485). Помимо этих модулей в составе SCADA2 применяются модули счетчиков, модули питания, кроссмодули многоканальные, блоки мультиплексора и др. На рис. 2.76, **б** представлен общий вид модуля АЦП типа SM-ADC1.

В качестве операционной системы используется ОС РВ типа OS-9, которая обеспечивает 32-разрядный режим адресации, осуществляет динамическое распределение памяти, использует средства межзадачного взаимодействия (семафоры, сигналы, события, алармы, программные каналы и др.). Контроллер поддерживает сетевые протоколы:

- Modbus, организующий обмен данными по принципу Master-Slave (1 Master и до 247 Slave). Поддержка протокола реализована через интерфейс RS-232.
- Profibus DP — стандартный протокол, работающий по принципу маркерной асинхронной шины. По протоколу Profibus DP допускается максимальное число узлов сети — 122, из которых 32 могут быть в роли Master. Скорость передачи данных от 9,6 до 12 Мбод. Поддержка протокола реализована через интерфейс RS-485.
- CANbus — стандартный протокол, основанный на принципах децентрализованного контроля за доступом CSMA/CM. В контроллере SMART2 поддерживается протокол CANopen Master/Slave, скорость передачи — до 1 Мбод.

Средства разработки прикладного программного обеспечения:

- Среда OS-9. Среда разработки приложений включает компилятор UltraC/C++, отладчик системного уровня и уровня исходного текста, текстовый редактор, поддержку промышленных сетей.
- FasTrak для Windows — полная кросс-среда (пакет для Windows) разработки и отладки прикладного ПО для OS-9. Включает кросс-компилятор UltraC/ C++, кросс-Ассемблер, графический отладчик исходного текста, редактор исходного текста, некоторые утилиты и пр.

ISaGRAF — инструментальный пакет для описания логики работы контроллера на основе языков программирования по стандарту IEC 61131-3. Пользователь также может программировать дополнительные функции на языке C.

2.2.19 Контроллеры компании *TURCK*, Германия

Контроллер Comat VoxX (рис. 2.77) имеет максимальное число входов до 3600, выходов — до 2040. Память программ — 64 кбайт, число функциональных блоков — 127. Различные типы контроллеров имеют встроенные дискретные каналы — до 12, аналоговые — до 12, выходные дискретные — до 8, аналоговые — до 4.

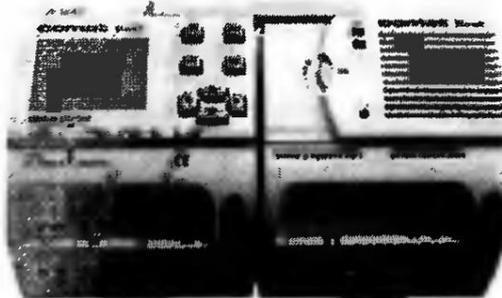


Рис. 2.77

Контроллер с питанием 24 **VDC** может обрабатывать аналоговые сигналы 0... 10 **VDC** с разрешением 0,1 V. При этом входы контроллера можно конфигурировать как аналоговые или дискретные. Контроллер снабжен ЖК-дисплеем, речевым модулем на 16 минут, интерфейсами RS-232 и Ethernet. Питание контроллера — 24 **VDC** или 110...230 **VAC**.

Программирование и конфигурирование контроллера осуществляется с помощью ПК или съемного ЖК-дисплея с клавиатурой. Программирование контроллера производится с помощью пакета QUICK II на базе ОС Windows. С помощью симулятора программа может быть проверена перед запуском.

Контроллер AF-10MR-A имеет 6 DI, 4 RO; модель AF-20MR-A имеет 12 DI, 8 RO; AF-10MR-D — 6 конфигурируемых дискретных/аналоговых входов 0... 10 **VDC** и 4 RO; AF-20MR-D — 12 конфигурируемых дискретных/аналоговых входов 0...10 **VDC** и 8 RO; AF-10MT-GD — 4 PNP выхода 24 **VDC**; AF-20MT-GD — 8 PNP выхода 24 **VDC**.

С помощью модуля расширения AF-MUL можно управлять контроллером по телефонному кабелю (после ввода пароля). После набора телефонного номера предварительно записанный текст будет воспроизведен через встроенный или внешний динамик.

К другим модулям контроллера относятся модуль интерфейса RS-232 — AF-M232, модуль интерфейса RS-485 — AF-C485, конвертор RS-232/RS-485 — AF-P485.

Визуализация и опрос состояния параметров процесса управления осуществляется с помощью SCADA 2.2. Допускается работа в сети до 256 контроллеров Comat VoxX.

Контроллеры имеют полнофункциональную панель индикации и управления. Панель управления контроллера M90/M91 содержит одно- или двустрочный ЖК- дисплей на 16 символов с подсветкой, 15 клавиш. Клавиатура обеспечивает настройку системы и изменение значений внутренних переменных. В зависимости от типа модели контроллер имеет встроенные дискретные и аналоговые входы/выходы, коммуникационные порты RS-232 и (или) CANbus, а также порт расширения, позволяющий подключать до 8 модулей (из 18 типов) на 64 входа/выхода (максимально), включая сигналы от термометров сопротивления, термопар и пр. Характеристики модулей расширения представлены в табл. 2.28. Модули расширения подключаются к контроллерам с помощью адаптера EX-A1. К числу новых модулей расширения относятся также модули измерения веса/деформации типа IO-LC1, IO-LC3.

Функция промышленной шины позволяет соединение до 63 контроллеров M90/ M91 в локальную децентрализованную сеть CANbus, работающую в режиме multimaster. Сеть управляется PC через интерфейс RS-232. Также возможно подключение удаленных модулей M90/M91 с помощью пакета GSM Control через сеть мобильной связи GSM. После подключения контроллера к GSM-модему возможна передача SMS-сообщений. GSM-Control работает шлюзом между средой GSM с одной стороны (отсылая и получая SMS-сообщения) и средой MS Windows (используя интерфейсы DDE, OPC или SQE-запросы при работе с БД).

В качестве программного обеспечения для программирования контроллера и создания HMI используется пакет U90 Ladder, состоящий из редактора многозвенных схем, редактора HMI и редактора переменных. Загрузка создаваемой программы производится с PC, а обмен данными — через DDE-сервер. ПО работает под Windows 95/98/NT4.0 на языке LD. ПО позволяет создать до 80 дисплеев. Кроме того, при **подключении** контроллера (DDE-сервера) к компьютеру через DDE-порт с использованием протокола DDE осуществляется связь со SCADA-системой InTouch, являющейся DDE-клиентом.

Для всех моделей дискретные входы — транзисторные (рпр), 24 В. пост, тока, а дискретные выходы — релейные (для моделей T1 и TA2- транзисторные, рпр). Аналоговые входы включают сигналы 0-5 В, 0-10 В, 0-20 мА и 4-20 мА (для моде-

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»



Рис. 2.78



Рис. 2.79



Рис. 2.80



Рис. 2.81



Рис. 2.82



Рис. 2.83

лей R2 0-5В и 0-10В, для модели TA2 0-10В). Время выполнения логической операции — 12 мкс.

Таблица 2.28. Характеристики модулей расширения контроллера M90

Тип модуля	IO-D18-TO8	IO-R08	IO-D18-R04	IO-RO16	IO-D116	IO-TO16	IO-A14-A02	IO-A06X	IO-PT4	IO-ATC8	EX90-D18-R08
Число дискретн. входов	8	—	8	—	16	—	—	—	—	—	8
Число дискретн. выходов	8 (рпр)	8 (реле)	4 (реле)	16 (реле)	—	16 (рпр)	—	—	—	—	8 (релейн.)
Число аналогов. входов	—	—	—	—	—	—	4	—	4 PT100	8 (0...10 В, 4...20 мА)	—
Число аналогов. выходов	—	—	—	—	—	—	2 (+/- 10 В)	6 (0...10 В)	—	—	—

Контроллеры серии Vision V120 и V230/260/280 снабжены графическим дисплеем, позволяющим выводить 8 строк по 20 символов или графику размером 128x64 пиксел (V230) и 320x240 пиксел (V280), не требуя затрат на PLC-HMI коммуникации. На панели контроллера располагаются 24 клавиши для программирования и управления. Контроллер имеет встроенные: до 16 дискретных входов (рпр, 24 VDC), 4 дискретных выхода транзисторных (рпр/рпр, 24 **VDC**), 10 релейных и 3 аналоговых входа (0-10 **VDC**, 0-20 мА).

Характеристики контроллера: память программ — 16 кслов, время выполнения одной логической команды — 0,8 мкс, число таймеров — 128, число портов RS-232 — 2, CANbus — 1, поддержка протокола Modbus, master/slave, возможность подключения к сети GSM и формирования SMS-сообщений, защита передней панели по IP65, габариты 184x155x60,5 мм. В табл. 2.29 приведены технические характеристики моделей контроллера Visio 230.

Таблица 2.29. Технические характеристики контроллера Visio 230

Тип модуля	V120-12-R1	V120-12-R2C	V120-12-UN2
Число дискретных входов	10 pnp/npn, 12/24 VDC	10 pnp/npn, 12/24 VDC	12 pnp/npn, 12/24 VDC
Высокоскоростные счетчики	3 (10 кГц максимум)	3 (10 кГц максимум)	2 (10 кГц максимум)
Число дискретных выходов	6 релейных выходов	6 релейных выходов	12 транзисторных выходов, 12/24 VDC
Число аналоговых входов	1 (0–10 В, 0–20 мА, 4–20 мА)	2 (0–10 В, 0–20 мА, 4–20 мА)	2 (0–10 В, 0–20 мА, 4–20 мА)
Число входов терморпар/термометров РТ100	—	—	2
Число высокоскоростных выходов (НСО)	—	—	2 (2 кГц максимум)
Число входов/выходов расширения	До 128		

Число модулей расширения — 8. Всего в сегменте может быть до 63 модулей Vision 230 и Unitronics M90/M91.

Контроллеры V120, V230, V260 и V280 с модулями расширения позволяют получить до 160 входов/выходов, обеспечивают поддержку Modbus, CANbus, Ethernet, SMS/GSM data/GPRS. Единое программное обеспечение (Windows-based program) VisioLogic Ladder Software используется для программирования контроллеров и создания операторского интерфейса

Новый контроллер Jazz Micro-OPLC имеет встроенные цифровые и аналоговые входы, релейные и транзисторные выходы (в зависимости от модели), двухстрочный 16-символьный ЖК-дисплей, возможность отправки/получения SMS-сообщений (программа GSM-Control), поддерживает протоколы Modbus RTU или OPC-сервер для обмена данными со SCADA-системами, а также имеет возможность считывать/записывать данные из/в ПЛК используя Excel, Access или др. Windows-приложения. Контроллер Jazz Micro-OPLC имеет 16-ти клавишную настраиваемую клавиатуру и по своим функциональным возможностям превосходит известные интеллектуальные реле. Программное обеспечение контроллера — пакет JZ-PRG. В табл. 2.30 приведены технические характеристики контроллера Jazz Micro-OPLC.

Таблица 2.30. Технические характеристики контроллера Jazz Micro-PLC.

Тип контроллера	JZ10-11-R10	JZ10-11-T10	JZ10-11-R16	JZ10-11-T17
Число дискретных входов	6 pnp/npn	6 pnp/npn	8 pnp/npn	8 pnp/npn
Число дискретных выходов	4 релейных	4 pnp	6 релейных	7 pnp
Число аналоговых входов	нет	нет	2х(0...10В) и 2х(4...20 мА)	2х(0...10В) и 2х(4...20 мА)
Память программ	24 К			
Коммуникации	RS-232, Modbus RTU master-slave, GSM-порт			
Питание	24 VDC			
Степень защиты	IP65			

2.2.21 Контроллеры фирмы *VIPA*, Германия

Серия контроллеров *VIPA*, полностью совместимых с контроллерами Simatic S7-300, включает семейство контроллеров малого класса (до 160 входов/выходов) типа VIPA System 100V, контроллеры VIPA System 200V для систем с числом входов/ выходов до 1024, семейство контроллеров System 300V и 300S, обладающих высокой надежностью, быстродействием и функциональностью. Расширение систем достигается с помощью широкой номенклатуры модулей ввода/вывода. PC-совместимой встраиваемой системой высокого быстродействия является VIPA System 500S. Программирование контроллеров VIPA осуществляется с помощью пакета STEP7 фирмы *Siemens* или собственного ПО WinPLC7. Модули VIPA используются в качестве ведомых (для младшего класса ПЛК) или ведущих в сети Profibus DP.

Компактный контроллер VIPA System 100V (рис. 2.84) применяется для управления малыми системами с числом дискретных входов/выходов до 160 или аналоговых входов/выходов — до 24.

Объем памяти 32 кбайт, объем расширяемой памяти модулями ММС до 64 Мбайт. Время обработки слова — 1,2 мкс. Контроллер полностью совместим

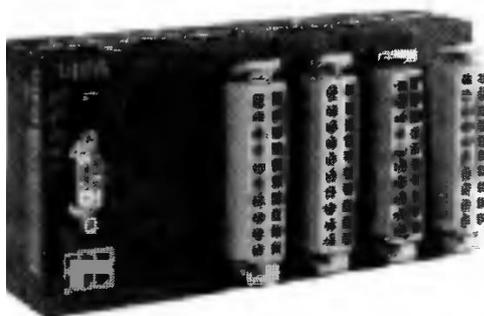


Рис. 2.84

по системе команд с ПЛК Simatic S7-300. Модули аналогового и дискретного ввода/ вывода с питанием 24VDC, устанавливаются, как и процессорный модуль, на DIN- рейку. Скорость передачи данных по сети Profibus DP составляет от 9,6 кбод до 12 Мбод. Характеристики модулей CPU и ввода/вывода приведены в табл. 2.31.

Таблица 2.31. Характеристики модулей CPU и ввода/вывода

Модель	Тип CPU	Число входов/выходов	Тип модуля ввода/вывода	Число входов/выходов
VIPA 114-6BJ00	CPU 114	DI 16 (20), DO 8 (4)	—	—
VIPA 114-6BJ10		То же + часы реального времени	—	—
VIPA 114-6BJ50		DI 16, DO 8 (релейные)	—	—
VIPA 114-6BJ60		То же + часы реального времени	—	—
VIPA 115-6BL00	CPU 115	DI 16 (20), DO 16 124)	—	—
VIPA 115-6BL10		То же + 2 последовательных порта	—	—
VIPA 115-6BL20		DP—Slave интерфейс	—	—
VIPA 121-4BH00	—	—	SM 121	DI × 16
VIPA 121-6BL00	—	—	SM 121	DI × 32
VIPA 122-4BH00	—	—	SM 122	DO × 16
VIPA 122-6BL00	—	—	SM 122	DO × 32
VIPA 123-6BL00	—	—	SM 123	DI × 16, DO × 16
VIPA 136-4BD70	—	—	SM 136	AI × 4, AO × 2, DIO × 8
VIPA 136-4BD60	—	—	SM 136	AI × 4, DIO × 8

Контроллеры VIPA System 200 (рис. 2.85) имеют до 1024 дискретных и до 128 аналоговых входов/выходов. Объем памяти от 16 до 512 кбайт, расширяемой памяти на карте MMC — до 64 Мбайт. Время обработки слова — 0,78 мкс. Помимо традиционных модулей расширения в состав контроллера входит PC-совместимый процессорный модуль CPU 288, представляющий компактный IBM PC-совместимый контроллер. Несомненный интерес представляют процессорные модули CPU 21xNET со встроенным интерфейсом IndustrialEthernet с поддержкой протокола TCP/IP.

Отличительной особенностью линейки System 200V является отсутствие кроссплаты. Системная шина реализована в виде наборного соединителя, устанавливаемого в углубление DIN-рейки. На одной системной шине допускается установка до 32 модулей. Процессорные модули контроллера оснащены интерфейсом MP2I, который объединяет два интерфейса — RS-232 и MPI (MPI — многоточечный интерфейс на базе стандарта EIA RS-485; для подключения ПК к контроллеру с помощью MPI требуется специальный адаптер). Модули контроллера объединяются по сети Profibus DP и CANopen в качестве ведущих и ведомых, по сети DeviceNet и Interbus

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»



Рис. 2.85



Рис. 2.86

в качестве ведомых. В табл. 2.32 приведены характеристики некоторых модулей расширения System 200.

Таблица 2.32. Характеристики модулей расширения контроллера VIPA System 200V

Модель	Тип CPU	Объем памяти, Кб	Тип модуля ввода/вывода	Число входов/выходов
VIPA 211-1BA01	CPU-211, -212, -213	16, -128, -512	—	—
VIPA 214-1BA01	CPU-214, -215, -216	16, -128, -512	—	—
VIPA 241-1BA01	CPU-241, -242, -243	16, -128, -512	—	—
VIPA 2xx-2BP01	CPU DP	Встроенный Profibus DP	—	—
VIPA 2xx-2BT01	CPU NET	Встроен TCP/IP	—	—
VIPA 2xx-2BS01	CPU SER	2×RS-485	—	—
—	—	—	SM 221	DI × 8/16/32
—	—	—	SM 222	DO × 8/16/32
—	—	—	SM 231	AI × 4
—	—	—	SM 232	AO × 4
—	—	—	SM 234	AI × 2, AO × 2
—	—	—	CP 240	RS-232/RS-485
—	—	—	IM 253	Profibus/CANopen, Interbus

Контроллеры VIPA System 300V (рис. 2.86) имеют до 1024 дискретных и до 256 аналоговых входов/выходов. Объем памяти контроллеров составляет от 32 до 512 кбайт, расширяемая с картой MMC до 64 Мбайт. Время обработки бита составляет 0,18 мкс.

Контроллеры полностью совместимы аппаратно и по системе команд с контроллерами Simatic S7-300. Модули расширения System 300 взаимозаменяемы с однотипными модулями **Siemens**. Характеристики модулей CPU и модулей ввода/вывода приведены в табл. 2.33.

Таблица 2.33. Характеристики модулей CPU и модулей ввода/вывода VIPA System 300V

Модель	Тип CPU	Объем памяти, Кб	Тип модуля ввода/вывода	Число входов/выходов
VIPA 314-1SL	CPU-314, -315, -316, -317	32, -32, -256, -512	—	—
VIPA 314-2DP00	CPU-314DP	Master/Slave	—	—
VIPA 314-3SL00	CPU-314 Net	Master/Slave TCP/IP	—	—
VIPA 314-4SL00	CPU-314 Web	Master/Slave TCP/IP Webmaster	—	—
—	—	—	SM 321	DI × 16/32
—	—	—	SM 322	DO × 16/32
—	—	—	SM 331	AI × 2/8
—	—	—	SM 332	AO × 2/4
—	—	—	CP 340	R232/RS-485
—	—	—	IM 353	Profibus/CANopen, Interbus, DeviceNet

Контроллер System 300S, выполненный по технологии SPEED7, имеет высокое быстродействие, объем рабочей памяти может быть расширен до 8 Мбайт с помощью конфигурационной карты MemoryConfiguratorCard (MCC). Процессорные модули System 300S снабжены портом Ethernet для организации обмена данными по сети Ethernet. Для установки высокоскоростных модулей и коммуникационных процессоров предназначена шина расширения SpeedBus. К процессорному модулю возможно подключение до 32 модулей расширения. Среди встроенных интерфейсов — MPI, Profibus DP, Ethernet.

Контроллер VIPA System 500S (рис. 2.87) представляет собой Slot-PLC — карту в формате PC1, устанавливаемую в корпус IBM PC-совместимого компьютера и оснащенную интерфейсом Profibus-DP. Обмен данными между CPU и прикладными программами осуществляется с помощью OPC-сервера, входящего в комплект поставки.



Рис. 2.87

Модули расширения подключаются по сети Profibus DP. Каждое устройство System 500S имеет контроллер Ethernet с поддержкой функций связи PG/OP. Среди встроенных интерфейсов — MPI, Profibus DP, Ethernet.

2.2.22 Контроллеры компании **WAGO** (Германия)

Компания **WAGO**, известная как мировой производитель пружинных зажимов (клемм) и различных соединителей, выпускает модульные системы ввода/вывода, включающие базовые и сетевые контроллеры. В модульной системе WAGO-1/O-System 750 используются базовые контроллеры узла сетей Lightbus, Profibus DP, Interbus, DeviceNet, CANopen, CAL. Помимо серии 750 компания выпускает компактную серию WAGO-1/O-System 752, серию WAGO-1/O-System 755 со степенью защиты IP 67, серию WAGO 758 (компактный промышленный компьютер).

Модульная система ввода/вывода WAGO-1/O-System 750 (рис. 2.88). Система WAGO-1/O-System 750-xxx имеет в составе базовый

сетевой контроллер, устанавливаемый на DIN-рейку с зажимом CAGE CLAMP (заземляющий контакт, автоматическая фиксация, 2-, 3- и 4-проводные клеммы), модули ввода/вывода. Для примера приведем характеристики базовых контроллеров для сетей Lightbus (750-300), Profibus DP (750-343) и Interbus (750-804).

Характеристики базового сетевого контроллера WAGO-1/O-System 750-300: сеть Lightbus, скорость 2,5 Мбит/с, время передачи — 1 мс на 640 каналов ввода/вывода, максимальное число каналов ввода/вывода — 16192, максимальное число сетевых узлов — 254, максимальная длина сегмента сети — 300 м (HCS), физическая среда — волоконно-оптический кабель. Максимальное число модулей ввода/вывода в одной станции — до 64, питание — 24 **VDC**, степень защиты — IP20.

Характеристики базового сетевого контроллера WAGO-1/O-System 750-343 (рис. 2.89): сеть Profibus DP/V1, скорость передачи 12 Мбит/с, максимальное число сетевых узлов (с репитером) — 125, максимальное число каналов ввода/вывода — 6000, физический канал — витая пара по EN 50170, максимальная длина

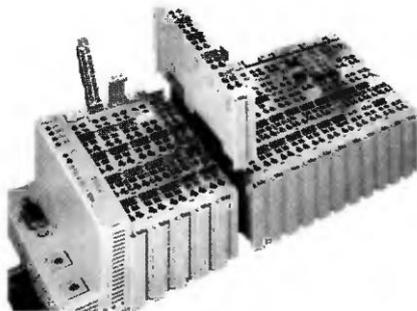


Рис. 2.88



Рис. 2.89

сегмента в зависимости от скорости передачи и физического канала — от 100 м до 1200 м, скорость передачи — от 9,6 кбит/с до 12 Мбит/с, питание — 24 VDC, степень защиты — IP20.

Характеристики базового сетевого контроллера WAGO-1/O-System 750-804 (рис. 2.90): сеть Interbus, скорость передачи 500 кбит/с, максимальное число сетевых узлов — 256, максимальное число каналов ввода/вывода — 4096, максимальное число модулей ввода/вывода — 64, физический канал — витая пара, максимальная длина сегмента сети — 400 м, время передачи — 1,4 мс на 320 каналов ввода/вывода, программирование контроллера по МЭК 61131-3, пакет программирования — WAGO-I/O-PR032, питание — 24 **VDC**, степень защиты — IP20.

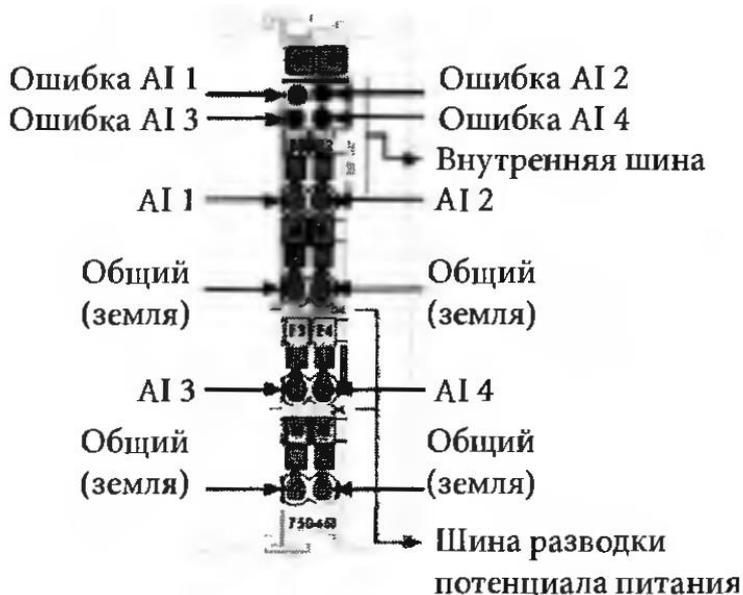


Рис. 2.90

В других модификациях системы используются сети Profibus DP (базовый ведомый контроллер 750-301, скорость передачи 1,5 Мбит/с и 750-303 со скоростью передачи 12 Мбит/с), Interbus (базовый контроллер 750-344, скорость передачи 500 кбит/с и 750-345 со скоростью передачи 2 Мбит/с), DeviceNet (базовый ведомый контроллер 750-346, скорость передачи 125-500 кбит/с) и CANopen (базовый контроллер 750-347, скорость передачи 10 кбит/с... 1 Мбит/с). Габариты модулей системы: высота — 65 мм, ширина — 51 мм, глубина — 100 мм.

Серия WAGO-1/OSystem 755 имеет степень защиты IP67 и может использоваться в жестких условиях эксплуатации. Контроллер используется в качестве ведомого устройства в сети Profibus DP с числом дискретных входов/выходов 16DI, 8DI/4DO, 8DO; в сети DeviceNet в качестве ведомого устройства с числом дискретных входов/ выходов 16DI, 8DO; в сети Interbus в качестве ведомого устройства с числом дискретных входов/выходов 8DI, 8DO.

PC-контроллер WAGO I/O IPC (серия 758). Контроллер WAGO I/O-IPC типа 758-870 (рис. 2.91) на базе процессора Geode SCI 100/1200, 266 МГц, ОЗУ — 32 Мбайт, операционная система— RT-Linux, интерфейсы RS-232, 2x10 Base-T/100 Base-TX, USB-порт, сетевые интерфейсы — Profibus DP, CANopen и DeviceNet. Максимальное число модулей в узле — 64. Программирование осуществляется с помощью пакета WAGO-1/O-PRO-CAA с использованием языков программирования по стандарту МЭК 61131-3.

Питание контроллера — 24 **VDC**, степень защиты — IP20. Габариты устройства — 172x65x100 мм.

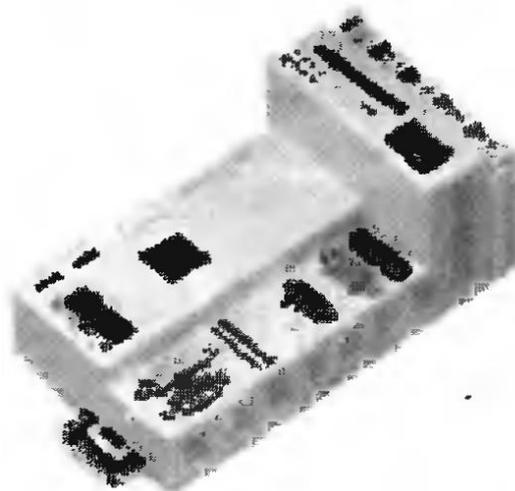


Рис. 2.91

Программное обеспечение контроллеров компании WAGO. Программное обеспечение включает пакеты WAGO-I/O-CHECK2, WAGO OPC Server для Modbus TCP и WAGO I/O-PRO (инструмент для программирования и визуализации). Поддерживается ОС Windows 98/2000/NT 4.0, ОЗУ не менее 32 Мбайт.

2. Контроллеры, производимые предприятиями РФ

К числу производителей отечественных контроллеров относятся: ГК «ТЕКОН», ЗЭИМ, ЗАО «Волмаг», ЭзАН, МЗТА, ЗАО «Эмикон», НПФ «КРУГ», компания ДЭП, НПО «Системотехника», ЭлеСи, ОВЕН, ЗАО «Альбатрос» и некоторые др.

К достоинствам отечественных контроллеров относятся, помимо естественной подробной русификации всех компонентов системы, максимальный учет специфики российского производства, легкость адаптации к условиям эксплуатации, обучения и обслуживания, совместимость с отечественным оборудованием. Немаловажными обстоятельствами являются более низкая цена, возможность получения быстрой консультации в период эксплуатации и ремонта и др.

Ниже приводятся краткие сведения об отечественных контроллерах, выпускаемых российскими компаниями. Более подробные сведения можно найти на сайтах компаний, в отечественных журналах (прежде всего в журнале «Промышленные АСУ и контроллеры» и др.), в материалах семинаров и выставок по автоматизации и управлению.

2.3.1 Контроллеры ЗАО «Волмаг»

Контроллеры ЗАО «Волмаг» серии КОНТРАСТ предназначены для построения систем автоматизации различной архитектуры. Современные скоростные интерфейсы, открытый протокол связи, каналы подключения полевых сетей, фирменные программные продукты обеспечивают работу контроллеров в составе сложных многоуровневых систем автоматизации. Контроллеры имеют блочно-модульную конструкцию, высокую надежность и «живучесть» за счет использования технологии поверхностного монтажа на базе электронных компонентов производства Intel, AMD, Atmel, Altera, Analog Devices, Bourns и других ведущих зарубежных фирм. Контроллеры серии КОНТРАСТ изготавливаются в двух исполнениях: навесное исполнение (КР-300ИШ, КР-300Ш) — для встраивания в шкаф с односторонним доступом и приборное исполнение (КР-300И, КР-300М, РК-131/300М) — для встраивания в щит. Время цикла контроллеров серии КОНТРАСТ — от 10 до 400 мс.

Серия КОНТРАСТ включает контроллеры КР-500, КР-300Ш, КР-300ИШ, КР-300ИП, КР-300М, РК-131/300М.

Контроллер КР-500 (рис. 2.92) предназначен для построения распределенных систем автоматического управления. Модули УСО подключаются к центральному процессорному блоку по интерфейсу RS-485 и могут быть удалены от блока центрального процессора на расстоянии до 1,2 км. Каждый модуль УСО выполнен в отдельном корпусе и построен на базе микропроцессора который выполняет следующие функции:

- информационный обмен с центральным процессором;
- ввод/вывод аналоговых и дискретных сигналов;
- диагностика входных/выходных сигналов (контроль линии связи с датчиками сигналов, защита от КЗ, контроль включения);
- линеаризация сигналов термодатчиков;
- точный подсчет импульсов на дискретных входах (до 500 Гц);
- непрерывная диагностика модулей.

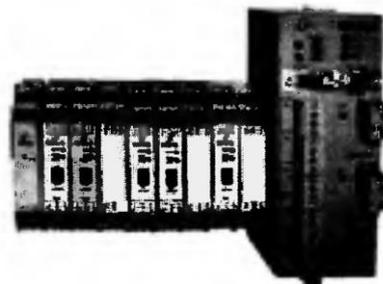


Рис. 2.92

В состав контроллера входят блок контроллера БК-500 и модули УСО, которые подключаются к контроллеру с помощью шлюзового микроконтроллера.

ШМК имеет 3 порта RS-485. К одному ШМК можно подключить 16 модулей УСО-Д.

В состав блока БК-500 входят: модуль процессора ПРЦ-500 с зашитой резидентной программой, модуль МИК-Д с разъемами для подключения пульта настройки ПК-302 и клеммами для подключения полевых сетей, модуль МП-Д, включающий в себя схему стабилизации напряжения.

Модули УСО-Д контроллера (21 модификация) со встроенным микропроцессором (рис. 2.93) выполнены в компактных пластмассовых корпусах и содержат одну или две (в сдвоенном корпусе) печатные платы с габаритными размерами 100x80 мм, на которых размещены электронные компоненты. На передней панели модуля имеются клеммы для подключения цепей входных и выходных сигналов (12 или 24 клеммы) и разъем для подключения пульта контроллера ПК-302. Каждый модуль УСО-Д имеет два канала связи с интерфейсом RS-485. Один из каналов при установке модуля подключается к шине интерфейса связи с контроллером. Ко второму каналу подключается пульт контроллера ПК-302 или компьютер для настройки и диагностики модуля. Модули УСО могут подключаться к устройствам других производителей по протоколу Modbus RTU. Число контуров регулирования, поддерживаемых контроллером, — 32.

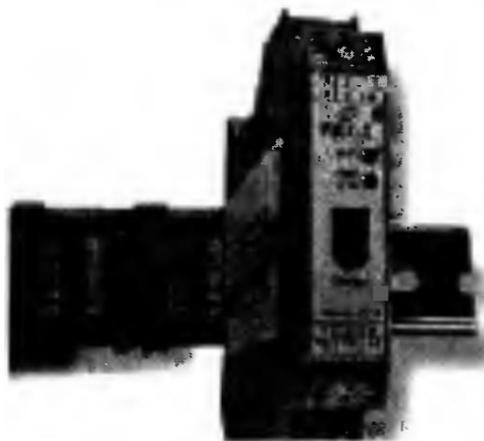


Рис. 2.93

Контроллеры объединяются в локальную сеть МАГИСТР (до 31 устройства), что позволяет им обмениваться оперативными данными в процессе работы. Положительным свойством сети МАГИСТР является то, что можно обратиться с верхнего уровня ко всем контроллерам сети, подключившись к любому из них. Каждый контроллер оснащен

шлюзовым каналом для связи с верхним уровнем. Связь осуществляется по последовательному интерфейсу RS-232 или RS-485 (оговаривается при заказе). Скорость связи — 1,2...115,2 кбит/с. Скорость передачи по шлюзовому каналу аналоговых/дискретных сигналов составляет 5000/80000 сигналов в секунду. Также для связи с верхним уровнем предусмотрен интерфейс Ethernet. Общее число аналоговых/ дискретных каналов сети МАГИСТР составляет 5890/9424. Скорость связи по сети — до 500 кбит/с. Топология сети МАГИСТР— моноканал, интерфейс связи— RS-485 (4 канала нерезервированной или 2 канала резервированной полевой сети).

Программное обеспечение контроллеров включает резидентную программу, поставляемую в составе контроллера, систему программирования и настройки контроллеров КОНТРАСТ для IBM PC в ОС Windows или ИСТОК (DOS), а также OPC-сервер связи со SCADA-системами. Технологические языки программирования контроллеров — ФАБЛ (язык класса FBD, до 999 функциональных блоков) и ПРО-ТЕКСТ (язык класса ST, до 64000 переменных).

Контроллеры предусматривают их резервирование в целом, резервирование процессорных модулей или модулей УСО.

Контроллер КР-300М состоит из блока контроллера БК-М (БК) с процессором и тремя модулями УСО, блока БУСО-М. Число модулей в блоке УСО-М — 4, число блоков БУСО — 4. Таким образом, общее число модулей УСО — 19, а число аналоговых входов/выходов контроллера — до 190, дискретных — до 304. Для подключения к блоку контроллера БК-М двух, трех или четырех блоков БУСО-М предназначен блок расширения БР. В качестве дополнительного оборудования для работы с контроллером применяются блоки усилителя мощности БУМ-20М/30 (усиление мощности дискретных выходных сигналов с помощью реле), блоки усилителей сигналов для термодатчиков БУТ-10И/30 (преобразователи термоЭДС в токовый сигнал 0/4...20 мА, 0...5 мА 2- и 4-канальные) и блоки усилителя сигналов для термосопротивлений БУС-10И/30 (преобразователи сигналов терморезисторов в токовые сигналы).

В состав блока БК-М входят системная плата с четырьмя разъемами для установки процессорной платы и трех модулей УСО, модуль процессора ПРЦ-301 (процессор Intel 386EX) с резидентной программой, модули УСО, лицевая панель со встроенным пультом управления (или без него), модуль стабилизатора напряжения и межблочный соединитель (МБС) с блоком питания БГ1-1ПМ (220 **VACUA VDC**). Тип модулей УСО: МАС (8 AI, 2 AO), МДА (8AI, 4 DO),

МСД-00 (16 DO), МСД-01 (4 DI, 12 DO), МСД-02 (8 DI, 8 DO), МСД-03 (12 DI, 4 DO), МСД-04 (16 DI), МАВ (8 АО).

Объем программы ФАБЛ аналогичен КР-500 и составляет 999 алгоблоков. Количество контуров регулирования — 32. Одновременно с программой ФАБЛ контроллер способен выполнять программу, написанную на структурном языке ПРОТЕКСТ. Применение этого языка облегчает программирование контроллера для решения задач дискретного управления.

Контроллер КР-300Ш аналогичен контроллеру КР-300М, но выполнен в навесном исполнении. Это дает следующие преимущества: конструктив позволяет применять модули повышенной канальности (максимальное число дискретных входов/выходов контроллера КР-300Ш составляет 608 каналов). Контроллер в навесном исполнении удобно размещать в шкафах с односторонним доступом. Отличия от контроллера КР-300М: контроллер состоит не из блоков, а из секций (одна секция БК-Ш и до четырех секций БУСО-Ш); процессорная плата и модули УСО аналогичны модулям приборного исполнения; питание контроллера осуществляется от блока ББП-24 или БГ-24.

В состав блока контроллера БК-Ш входят системная плата с пятью разъемами для установки процессорной платы и трех модулей УСО, модуль процессора ПРЦ-301Ш с резидентной программой, модуль МПИ, модули УСО. К одному блоку БК-Ш можно подключить до четырех блоков БУСО-Ш, каждый из которых содержит до 4-х модулей УСО. Тип модулей УСО: МАС-3Ш (8 AI, 2 АО), МДА-3Ш (8 AI, 4 DO), МСД-Ш.00 (16 DO), МСД-Ш.01 (4 DI, 12 DO), МСД-Ш.02 (8 DI, 8 DO), МСД-Ш.03 (12 DI, 4 DO), МСД-Ш.04 (16 DI), МАВ-Ш-Х (8 АО), МСД-2Ш.01 (32 DI), МСД-2Ш.03 (16 DI, 16 DO).

Таким образом, максимальное число аналоговых/дискретных входов/выходов блока контроллера — 30/96, блока БУСО — 40/128 (число блоков БУСО — до 4). Таким образом, максимальное число аналоговых/дискретных входов/выходов контроллера в целом составляет 190/608.

Контроллер КР-300ИП (рис. 2.94) является дальнейшим развитием контроллеров КР-300М и включает интеллектуальные модули УСО. Каждый модуль УСО имеет встроенный микропроцессор, отвечающий за функции, аналогичные контроллеру КР-500. Максимальное число аналоговых/дискретных входов/выходов блока контроллера — 3048, блока БУСО — 40/64 (число блоков БУСО — до 4), одного блока БУСО-1 до 128 (только дискретные). Таким образом,

максимальное число аналоговых/дискретных входов/выходов контроллера в целом (без блока БУСО-1) составляет 190/816. С помощью модуля интерфейсных каналов МИК можно организовать до трех полевых сетей.



Рис. 2.94

Если к каждому каналу этого модуля подключить, например, по два блока БУСО с модулями дискретного ввода, то общая канальность контроллера возрастет на 768 каналов дискретного ввода.

Каждый канал полевой сети — универсальный и может быть запрограммирован по желанию пользователя на работу с различными устройствами, имеющими интерфейс RS-485. Реализованы драйверы связи по протоколам: Modbus RTU ведущий/ ведомый. Кроме каналов полевой сети модуль МИК имеет высокоскоростной дополнительный шлюзовой канал для связи с верхним уровнем и канал горячего резервирования контроллеров.

Контроллер КР-300ИШ (рис. 2.95) аналогичен контроллеру КР-300ИП, но выполнен в навесном исполнении. Благодаря новым модулям аналогового ввода повышенной канальности (2 группы до 12 каналов) с возможностью выбора типа входного сигнала пользователь имеет возможность индивидуально настроить каждый канал первой группы на любой из сигналов: 0...5, 0...20, 4...20 мА. Аналогично, каналы второй группы индивидуально настраиваются на любой из предложенных диапазонов сигнала от термопары.

Обновлен ряд модулей дискретного ввода повышенной канальности. Модуль МСД-1-16/8 (16 входов, 8 выходов) по желанию пользователя способен работать в режиме многоканального ввода дискретных сигналов. Все восемь выходов используются как управляющие сигналы на блок коммутации и расширения (блок БКР), который поочередно коммутирует группы по 16 сигналов на входы модуля. Таким образом, один модуль воспринимает до 128 дискретных сигналов.



Рис. 2.95

В состав блока контроллера БК-ИШ входят системная плата с пятью разъемами для установки процессорной платы и трех модулей УСО, модуль процессора ПРЦ-300ИШ с резидентной программой, модуль МПИ, модули УСО, межблочный соединитель МБС-Ш. К одному блоку БК-Ш можно подключить до четырех блоков БУСО-Ш, каждый из которых содержит до четырех модулей УСО. Блок БУСО-ИШ подключается к контроллеру через канал полевой сети. На один канал допускается подключать до 24 блоков БУСО-ИШ.

Тип модулей УСО: МАС-1Ш (8 АГ, 2 АО), МДА-1Ш (8АІ, 4 DO), МСД-1Ш.00 (16 DO), МСД-1Ш.02 (8 DІ, 8 DO), МСД-1Ш.04 (16 DІ), МСД-1Ш.06 (16 DІ, 8 DO), МАВ- 1Ш (8 АО), МАС-2Ш (8 АІ, 2 АО), МДА-2Ш (8 АІ, 4 DO), МСД-2Ш.00 (32 DІ), МСД- 2Ш.02 (16 DІ, 16 DO), МАС-5Ш (24 АІ), МТС-Ш (23 входа для термодатчиков), МРС-Ш (8 каналов для подключения термометров сопротивления), МИК-Ш (3 канала полевой сети RS-485).

Таким образом, максимальное число аналоговых/дискретных входов/выходов блока контроллера — 72/96, блока БУСО — 96/128 (число блоков БУСО до 4), одного блока БУСО-1 — 96/128. Следовательно, максимальное число аналоговых/дискрет-

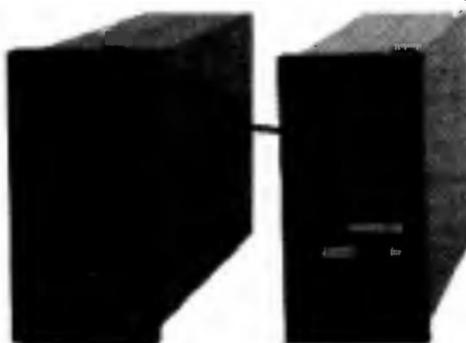


Рис. 2.96

ных входов/выходов контроллера в целом (без блока БУСО-1) составляет 456/608.

Контроллер РК-131/ 300М (рис. 2.96) состоит из блока БК-1М с процессором Intel 386ЕХ, блока БУСО-М и имеет возможность наращивания числа модулей УСО до шести модулей. К другим отличительным особенностям контроллера относятся: объем ФАБЛ-программы — 399 алгоблоков; 16 контуров регулирования; два варианта лицевой панели (регулирующая и логическая); 9 независимых программ логического управления.

Максимальное число аналоговых/дискретных входов/выходов блока контроллера — 20/32, блока БУСО — 40/64 (число блоков БУСО — 1). Таким образом, максимальное число аналоговых/дискретных входов/выходов контроллера в целом составляет 60/96.

Особенностью контроллера является аппаратная совместимость с контроллером Ремиконт Р-130. Таким образом, заменив в Р-130 процессорную плату и блок питания на аналогичные от РК-131/300М, можно получить контроллер с более мощными программными и интерфейсными возможностями.

2.3.2 Контроллеры ГК «ТЕКОН»

В группу компаний «ТЕКОН» входят ЗАО «ТЕКОН», ЗАО «ПК Промконтроллер», ЗАО «ТеконГруп». Группа компаний «Текон» производит контроллеры МФК 3000, МФК, ТКМ 52, ТКМ 410.

Контроллер МФК (рис. 2.97) представляет собой РС-совместимый контроллер, состоящий из базовой части, процессорного модуля и модулей ввода/вывода. Базовая часть представляет собой крейт Евромеханика 19" размером 6U. В крейт устанавливается процессорный модуль и до 16 модулей ввода/вывода формата ЕЗ в произвольном сочетании и 4 места для модулей формата РС/104. Для наращивания информационной мощности применяются модули ввода/вывода ТЕКОНИК.



Рис. 2.97

Контроллер МФК является проектно-компонуемым изделием и выпускается в разных вариантах базовой части. Основное базовое

исполнение контроллера МФК-02 включает процессорный модуль БЦП2 с СПО TeNIX и поддержкой программирования на ISaGRAF PRO. Помимо процессорного модуля типа БЦП-2 на базе процессора Pentium 300 МГц, 586/133 МГц, применяется процессорный модуль microPC. Объем ОЗУ — от 8 до 16 Мбайт, ПЗУ — от 2 до 64 Мбайт. Интерфейс — RS-232 (COM1) и RS-232 (COM2) для V04/V03, Ethernet 10/100 BaseT. Контроллер интегрируется в локальных сетях Bitbus, CAN, Ethernet, ArcNet и др. Системное ПО имеет многозадачную ОСРВ под DOS 6.X.

Общее число каналов ввода аналоговых сигналов — 256, аналоговых выходов — 128, дискретных входов — 768, дискретных выходов — 640.

Среди модулей ввода/вывода — модули ввода дискретных сигналов D48 (6 групп по 8 каналов), модули вывода дискретных сигналов D40 и P40 (40 каналов), модуль ввода/вывода дискретных сигналов D32 (32 канала, 16 DI/16 DO), модуль ввода/вывода аналоговых сигналов A16/2

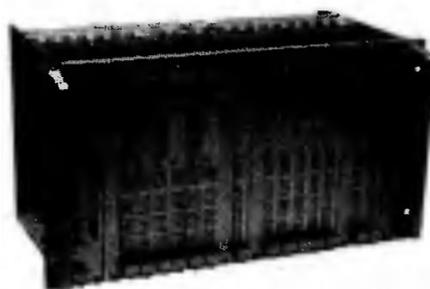


Рис. 2.98

(16 AI и 2 AO), модуль вывода аналоговых сигналов A08 (8 AO), модули ввода сигналов термодпар и термометров сопротивления L16 и L16i.

Контроллер МФК3000 (рис. 2.98) используется для контроля и управления технологическими процессами объектов с повышенными требованиями к надежности. МФК3000 включает до трех крейтов с общим числом модулей ввода/вывода (15 типов модулей) до 61 (каждый крейт рассчитан на подключение 21 модуля). Максимальное число аналоговых вводов/выводов — 976, дискретных вводов/выводов — 2928.

Среди модулей — модули ввода напряжения постоянного и переменного тока DI48 (24 VDC), DI32 (220 **VAC**), DI16 (220 **VAC**); модули вывода напряжения постоянного и переменного тока D032 (24 VDC), D016r (24 **VDC/220 VAC**) D)16s (220 **VAC**); модули аналогового ввода AI16 (0/4...20 мА, 0...5 мА, 0...10 В) и LI16 (16 каналов RTD3, RTD4 или 15 каналов TC с каналом компенсации холодного спая).

Другие преимущества по сравнению с контроллером МФК: высокопроизводительный PC-совместимый процессорный модуль, мощная среда программирования ISaGRAF PRO, дублированный интерфейс Ethernet 100 Base-T, резервирование (дублирование или троирование) помимо модулей ввода/вывода также модулей ЦП, 100% горячее резервирование контроллеров. PC-совместимый ЦП Geode 300 МГц имеет следующие интерфейсы: 2xEthernet 100 Base-T, 2xCOM-порта, 2xШВ-порта, LPT-порт. Для АСУ ТП с взрывоопасным производством используется групповой 8-канальный барьер искрозащиты ТСС_Ех8А. Все модули ввода/вывода имеют возможность горячей замены.

Программное обеспечение МФК3000 использует языки технологического программирования по стандарту IEC 61131-3. Базовой системой программирования для всех контроллеров является система ISaGRAF PRO. Эта система состоит из среды разработки ISaGRAF PRO Workbench и среды исполнения. Библиотека ISaGRAF PRO содержит более ста функций и функциональных блоков. Загрузка прикладных программ осуществляется по сети Ethernet (протокол TCP/IP). Базовым ПО контроллеров является СПО TeNIX, включающее ядро многозадачной ОС Linux. Для доступа со стороны SCADA-систем к данным контроллеров используется TecnoOPC Server. В качестве SCADA-систем используются любые открытые SCADA-системы, в том числе КРУГ-2000, TraceMode, MasterSCADA и др.

Контроллер ТКМ700 (рис. 2.99) имеет распределенную архитектуру и модульный принцип построения. Максимальное число модулей ввода/вывода — 51 из 16 различных типов модулей. Расширение контроллера достигается компоновкой четырех крейтов. Максимальное число каналов аналогового ввода/вывода - 408/408, дискретного ввода/вывода — 3264/3264. Основные преимущества ТКМ700: непрерывная самодиагностика процессорного модуля и модулей ввода/вывода, пониженное энергопотребление, автоматическое конфигурирование модулей ввода/вывода, резервирование электропитания и др.

Крейт ТКМ700 имеет 8 или 15 платомест на объединительной панели. В зависимости от зада-



Рис. 2.99

чи может быть выбран определенный тип процессорного модуля. Старшая модель CP-7010 имеет 32 разрядный RISC-процессор Intel XScale 400 МГц. В качестве панели оператора используется графическая панель оператора V04M. Программирование ТКМ700 также производится с помощью системы ISaGRAF PRO. Остальные параметры аналогичны контроллеру МФК3000.

Контроллер ТКМ52 (рис. 2.100) представляет собой PC-совместимый моноблочный контроллер в виде четырехмодульного блока. Отличие от контроллера ТКМ51 заключается в использовании в ТКМ52 PC-совместимого процессорного модуля. Контроллер применяется для сбора, обработки параметров, реализации функций регулирования и противоаварийной защиты. Контроллер ТКМ52 состоит из базового модуля с блоком клавиатуры и индикации V03, блока питания и процессорного модуля с процессором 586 100/133 МГц, а также модулей ввода/вывода (от 1 до 4, устанавливаемых в любом сочетании (12 типов модулей с групповой и индивидуальной гальванической изоляцией)). Объем ОЗУ — 16 Мбайт, флэш-ПЗУ — 16 Мбайт, энергонезависимая память — 512 кбайт.

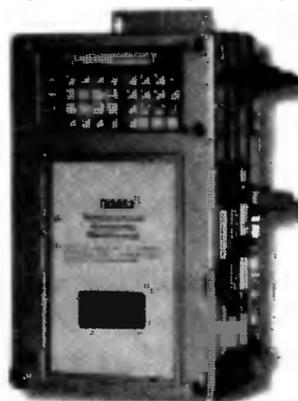


Рис. 2.100

В зависимости от количества секций для модулей ввода/вывода различаются следующие модификации базового исполнения контроллера: ТКМ52.2 на 2 модуля ввода/вывода (3 секции) и ТКМ52.3 на 3 модуля ввода/вывода (4 секции). В качестве дополнительных опций предусмотрены возможность местного подключения клавиатуры

и монитора (VGA) и энергонезависимой памяти для организации архивов и сохранения состояний входов/выходов и промежуточных переменных при перезагрузке (512 кбайт).

Максимальное число каналов аналогового ввода/вывода — 64/32, дискретного ввода/вывода — 192/160. Интерфейсы: Ethernet 10Base-T, RS-232 (COM1), RS-232/RS-485 (COM2), VGA, LPT1. Горячая замена модулей не предусмотрена.



Рис. 2.101

Контроллер ТКМ410 (рис. 2.101) представляет собой моноблочный контроллер средней информационной емкости. Основное назначение контроллера — автоматизация тепlopунктов, котлов, горелок, а также систем защиты и блокировок. Контроллер входит в состав ПТК «Теплоник» и рассчитан на работу при температуре $-40...+70$ °С.

Контроллер ТКМ410 содержит 32-разрядный RISC-процессор фирмы ATME1 33 МГц. Флэш-память — 2 Мбайт, ОЗУ — 2 Мбайт, энергонезависимое статическое ОЗУ — 512 кбайт с питанием от литиевой батарейки.

Число каналов аналогового ввода/вывода — 16AI, 2AO, дискретного ввода/вывода — 36 DI (24 **VDC**), 24 DO (24 VDC). Основные интерфейсы: Ethernet 10BaseT, 3xRS-232, 1 xRS-232/RS-485, 1xRS-485.

Через порт RS-232 возможна передача сообщений по GSM/GPRS каналу с помощью модема TELECON 100. Для применения в системах АСУ ТП модем имеет дополнительную функцию удаленного включения/выключения питания. Выпускаются три модификации модема, отличающиеся устанавливаемыми GSM/GPRS терминалами фирмы Wavacom и встроенными функциями (TELECON 100-01, TELECON 100-02 и TELECON 100-03). Скорость передачи данных для

Рис. 2.101 устройств класса 2(1 канал на прием, 1 канал на передачу) составляет 9,6 или 14,4 кбит/с, для устройств класса 10—56,7 кбит/с. Отличительной характеристикой GSM/GPRS модема TELECON 100 является наличие встроенного стека протоколов TCP/IP, что значительно упрощает передачу данных в режиме GPRS, передачу файлов и работу с электронной почтой.

Программирование контроллера ТКМ-410 осуществляется с использованием системы ISaGRAF PRO. Питание контроллера — 220 ВАС. Габаритные размеры: 425x160x71 мм.

Распределенная система ввода/вывода ТЕКОНИК (рис. 2.102) предназначена для построения распределенных систем управления. С процессорными модулями P06 и P06 DIO, ТЕКОНИК применяется в системах телемеханики, системах учета энергоресурсов и диспетчеризации.

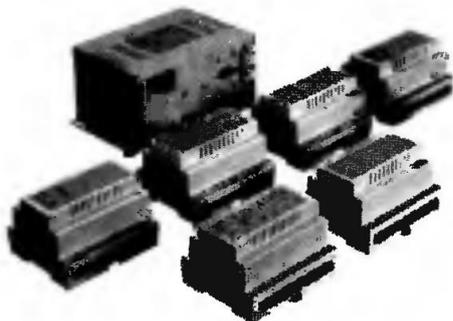


Рис. 2.102



Рис. 2.103

Процессорный модуль P06 (рис. 2.103) имеет встроенные каналы ввода/вывода и может применяться в качестве автономного высокопроизводительного контроллера с широкими коммуникационными возможностями. Процессорный модуль P06 на базе технологии t-mezon имеет несколько исполнений, отличающихся друг от друга производительностью процессора, объемом памяти, рабочим диапазоном температур и наличием дополнительных коммуникационных интерфейсов. В модуле используется процессор Intel XScale 266/533 МГц. Объем памяти: флэш-память — 16/32 Мбайт, ОЗУ— 32/64 Мбайт, энергонезависимая память — 1 Мбайт. Исполнения P06 DIO имеют встроенные 32 канала дискретного ввода и 16 каналов дискретного вывода. Все исполнения P06 имеют два интерфейса Ethernet IEEE 802.3 10/100 Мбит/с. Исполнения P06 COMM и MAX содержат шесть интерфейсов RS-232/RS-485.

PC-совместимый процессорный модуль P04 T7101 имеет несколько исполнений, которые отличаются наличием дополнительных COM-портов, интерфейса для местного подключения клавиатуры и монитора. В модуле используется процессор 486DX4-100. Объем памяти: флэш-память — 16 Мбайт, ОЗУ — 16 Мбайт, энергонезависимая память — 512 кбайт. Общее число дискретных входов — до 480, дискретных выходов — до 480, аналоговых входов — до 240, аналоговых выходов — до 120 для одного сегмента RS-485. Интерфейсы модуля P04: Ethernet IOBaseT; 2xRS-232 или 4xRS-232, LPT1, VGA (опция).

Система ТЕКОНИК является проектно-компонуемым изделием и поставляется в соответствии с заказной конфигурацией. Система может содержать один процессорный модуль P06, P06 DIO или P04, коммуникационный модуль или преобразователь интерфейсов (конвертор) RS-232/485 TCC485A, панель оператора V04/V04M и до 250 модулей ввода/вывода в произвольной конфигурации. Модули ввода/вывода ТЕКОНИК имеют коммуникационный интерфейс RS-485 с максимальной скоростью 115 кбит/с (ASCII-протокол T4000). В составе системы ТЕКОНИК могут применяться интеллектуальный датчик температуры TCT11, датчик давления МЕТРАН-100 и другие интеллектуальные устройства.

Модули ввода/вывода системы ТЕКОНИК: T3702 (16DI, 24 VDC), T3703 (8DI, 220 **VAC**), T3603 (16DO, 48 VAC/24 **VDC**), T3602 (8DO, 220 **VAC**), T3101 (8AI, 0/4...20 мА), T3501-(4АО, 0/4. ..20 мА), T3204 (8 каналов напряжения 0...+50/+100/+500/+1000 мВ, сигналов термодпар), T3205 (8 каналов для термометров сопротивления).

В качестве дополнительного оборудования применяются: панель оператора V04/ V04M, GSM/GPRS модем TELECON 100, клеммные соединители серии TCC, умощни-тели дискретных сигналов серии TCB и конвертор RS-232/RS-485 типа TCC485A.

2.3.3 Контроллеры компании «ЗЭИМ»

ОАО «Завод Электроники и Механики» выпускает семейство системно и программно совместимых контроллеров нового поколения: КРОСС-500, ТРАССА-500 и Ремиконт Р-130 ISa. Контроллеры ориентированы на автоматизацию технологических объектов в различных отраслях — теплоэнергетика, нефтегазовая промышленность, цементная, стекольная, пищевая промышленность, агропромышленный комплекс и др. Максимальное число каналов аналогового (дискретного) ввода/вывода для контроллера Кросс-500 — 256 (512), для контроллера Трасса-500 — 3840 (3840), для Ремиконт Р-130 ISa — 20 (32).

В контроллерах применены PC-совместимые центральные процессоры, операционная многозадачная система реального времени RTOS-32, соответствующая стандарту POSIX, технологические и процедурные языки программирования (шесть технологических языков системы ISaGRAF), расширенная библиотека алгоритмов контроллера Р-130. В качестве интерфейсов используются RS-232, RS-485, сетевые интерфейсы Ethernet и Modbus. Для связи со SCADA-системами Citect, InTouch, Trac- eMode, MasterSCADA и др. поставляется OPC-сервер.

Контроллер КРОСС-500 (рис. 2.104) включает центральный процессор, интеллектуальные модули ввода/вывода, программируемые модули автономного управления (микроконтроллеры) и четыре последовательные высокоскоростные внутренние шины, объединяющие модули. Все элементы контроллера работают параллельно и автономно. Блок центрального процессора БЦП управляет работой контроллера, имеет резидентное программное обеспечение (РПО) и предназначен для ввода и выполнения прикладной программы пользователя. Основой базового программного обеспечения контроллера служит многозадачная операционная система реального времени OS-9, обеспечивающая, помимо многозадачности, развитую сетевую поддержку по стандарту POSIX. Для удобства программирования на языках стандарта



Рис. 2.104

МЭК 61131-3 в состав программного обеспечения контроллера введено ядро системы ISaGRAF. Базовый монтажный блок контроллера SMART2-BASE объединяет модуль центрального процессора SM2-CPU-1,5 производства фирмы **Kontron**, submodule SM2-ETH (контроллер Ethernet с поддержкой стандарта Ethernet IEEE 802.3 и 802.3x), модуль питания. В качестве процессора используется Motorola 68LC302 с тактовой частотой 20 МГц, объем памяти DRAM — 1,5 Мбайт, SRAM — 256 кбайт, флэш-память для хранения программ и констант пользователя, а также служебных программ — 1 Мбайт. Для подключения модулей УСО (до 32 модулей на сегмент) предназначен расширитель интерфейса SP1 (модуль ИСК1). В состав ВЦП встроены каналы с интерфейсами RS-232, Ethernet, до четырех мезонинных ячеек с интерфейсом SP1 или RS-485.

Модули ввода/вывода имеют встроенный микропроцессор, выполняющий независимо от центрального процессора различные функции по обработке сигналов и диагностике оборудования (фильтрация, линеаризация, калибровка и др.). Помимо собственных модулей возможно подключение модулей ввода/вывода фирмы PER Modular Computers из состава SMART2.

Многоканальные модули ввода/вывода постоянного состава включают следующие типы модулей: АН-8 — 8 каналов аналогового ввода (0/4...20 мА, 0...5 мА, 0...10 В); АЮ1-8/4 — 8 каналов аналогового

ввода (0/4...20 мА, 0...5 мА, 0...10 В) и 4 канала аналогового вывода (0/4...20 мА, 0...5 мА); AI01-0/4 — 4 канала аналогового вывода (0/4...20 мА, 0...5 мА); TC1-7 — 7 каналов ввода сигналов от термодатчиков (ТВР, ТПР, ТПП, ТХА, ТХК, ТМК, ТЖК); TR1-8 — 8 каналов ввода сигналов от термометров сопротивления (ТСМ50, ТСМ100, ТСП50, ТСП100); DI1-16 — 16 каналов дискретного ввода; DO1-16 — 16 каналов дискретного вывода; DI01-8/8 — 8 каналов дискретного ввода и 8 каналов дискретного вывода. Также в состав модулей УСО входят модули контроля и управления исполнительными механизмами (МКУ-ЗА, МКУ-ЭК, МКУ-ЭП), программируемый микроконтроллер аналоговый МК-А (язык FBD, библиотека алгоритмов P-130, каналы ввода/вывода 8А1,4 АО, 8 DI, 8 DO/IO) и программируемый микроконтроллер импульсный МК-И (отсутствуют каналы 4 АО, остальные характеристики аналогичны МК-А).

Для наладки, настройки и конфигурирования модулей, а также контроля и изменения параметров (коэффициентов) блока центрального процессора ВЦП и микроконтроллеров в автономном режиме предназначен пульт настройки PN1.

Все модули и терминальные блоки контроллера, кроме блока переключения БПР- 10, выполнены для монтажа на DIN-рейку. Размеры модулей: высота 130 мм, длина (глубина) 100 мм, ширина (30, 45, 60) мм в зависимости от типа модуля. Каждый модуль имеет три разъема — для подключения внешних сигналов, магистрали SPI и пульта настройки. Питание контроллера в зависимости от заказа — 220 VAC или 24 **VDC**.

Контроллер ТРАССА-500 (рис. 2.105) имеет децентрализованную архитектуру и по принципу построения и функционирования является полным аналогом контроллера КРОСС-500 и обладает всеми отличительными особенностями последнего. Различия между контроллерами ТРАССА-500 и КРОСС-500 следующие:

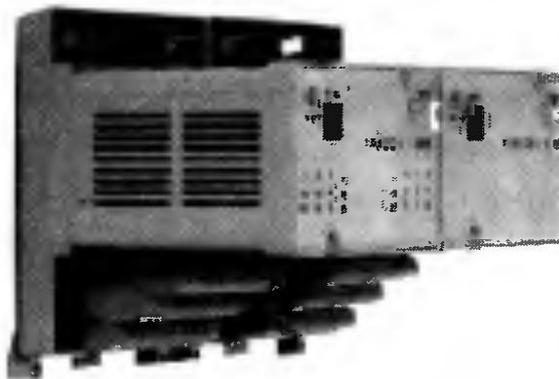


Рис. 2.105

23. наличие в полевых модулях последовательных портов, работающих в режиме «ведомый», с одинаковыми или разными приоритетами команд управления выходами модуля (вместо шины SPI) для дублирования линий связи полевой сети или работы с двумя ведущими;
 24. плата INT-232 с интерфейсом RS-232 для сопряжения с модемами;
 25. плата INT-485 с гальванически изолированным интерфейсом RS-485 для сопряжения блоков ТРАССА-500 с полевой сетью RS-485;
 26. плата INT-485-1 с интерфейсом RS-485 (без гальванической развязки) для сопряжения блоков ТРАССА-500 или других устройств по интерфейсу RS-485;
 27. плата SP1 для подключения устройств КРОСС-500 по интерфейсу SP1;
- сокращенная номенклатура полевых модулей, использование только проектнокомпонуемых модулей с переменным составом разнородных каналов.

Контроллер полевой ТРАССА-500 комплектуется из блоков, модулей и других изделий. В контроллере ТРАССА-500 применяется ВЦП на базе —PC-совместимого модуля Wafer 482, который содержит процессор i486DX4-100 с встроенным сопроцессором. В состав ТРАССА-500 входят также блок переключения БПР-10 и пульт настройки РН1, входящие в состав контроллера КРОСС-500 и имеющие аналогичные функции. Блок переключения БПР-10 предназначен для контактного переключения до 8 аналоговых или дискретных сигналов и может применяться в схемах резервирования. Блок содержит 8 реле с переключающими контактами, выходные контакты каждого реле гальванически изолированы от остальных цепей.

В состав контроллеров, кроме традиционных средств (блока центрального процессора ВЦП (ВЦП) и блоков ввода/вывода), введены блок программируемого микроконтроллера Т-МК1 (блок Т-МК1) и процессоры ввода/вывода (ПВВ), функционирующие автономно, параллельно и асинхронно по отношению к ВЦП. Максимальное число аналоговых и дискретных входов/выходов контроллера — 7648. Каналы ввода/вывода размещаются в ячейках блоков Т-ADIOI и Т-DIOI, а также блоков микроконтроллера Т-МК1. Конструкция блоков ввода/вывода Т-ADIOI, Т-DIOI унифицирована и содержит платформу, на которой расположена клеммная колодка и соответствующие модули. Модули Т-ADIOI, Т-DIOI имеют две платы — плату процессора с мезонинами интерфейсных плат и плату ввода/вывода, на которой

установлены до 8 ячеек, выбранных заказчиком. Каждая ячейка имеет гальваническое разделение от других ячеек и от внутренней цифровой шины. Все ячейки, кроме ячейки ТС1, могут быть установлены на любое место (от 1 до 8); ячейка ТС1 может быть установлена на места от 2 до 8. Блоки имеют проектно-компонованный состав — до 8 аналоговых и дискретных ячеек по заказу.

Блоки Т-МК1 имеют встроенные собственные каналы ввода/вывода аналоговых и дискретных сигналов, и кроме функций ввода/вывода, первичной обработки сигналов и передачи их БЦП, свойственных всем блокам, выполняют различные управляющие функции. Параметры блоков Т-АДИО1, Т-МК1 приведены в табл. 2.34.

Таблица 2.34. Ячейки проектно-компонованных блоков Т-АДИО1, Т-МК1

Тип ячейки	Параметры ячейки
А11	1 канал ввода сигналов 0...10 В, $\pm (0...10)$ В, $\pm (0/4...20)$ мА, 0...5/20 мА
А12	1 канал ввода сигналов 0...10 В, $\pm (0/4...20)$ мА, 0...5 мА
А13	4 канала ввода сигналов $\pm (0/4...20)$ мА, $\pm (0...5)$ мА
АО1	1 канала вывода сигналов 0/4...20 мА, 0...5 мА
АО2	2 канала вывода сигналов 0/4...20 мА, 0...5 мА
ТС1	1 канал ввода сигналов напряжения $\pm (0...25/70/140/280/560/1120/2240)$ мВ
ТR1	1 канал ввода сигналов сопротивления 0...50/100/200/400 Ом, трехпроводная схема
ТR2	1 канал ввода сигналов сопротивления 0...50/100/200/400 Ом, четырехпроводная схема
ТR3	2 канала ввода сигналов сопротивления 0...50/100/200/400 Ом и сигналов от термометров сопротивления 0...100/200/400 Ом, четырехпроводная схема подключения
DI2	4 канала ввода дискретных сигналов
DO2	4 канала вывода дискретных сигналов

Т-МК1 может использоваться для построения небольших систем автоматизации без применения центрального процессора и имеет систему ввода/вывода блока Т-АДИО1. Один из последовательных портов Т-МК1 может использоваться для подключения блоков Т-АДИО1, Т-ДИО1 и Т-МК1 с целью увеличения числа входов/ выходов. В этом случае Т-МК1 является «ведущим» в сети. Для программирования Т-МК1 разработан язык FST («функционально ориентированный структурированный текст») на базе любого текстового редактора.

Резидентное программное обеспечение микроконтроллера включает операционную систему реального времени RTOS-32 и исполнительную систему ISaGRAF Target. Программирование Т-МК1 осуществляется на любом из шести языков системы ISaGRAF с некоторыми ограничениями на максимальное число переменных.

Дискретные ячейки входных сигналов блока Т-ДИО1: DI1 (2 канала, 24 **VDC**), DI3 (1 канал, 220 **VAC**), DI4 (1 канал, 24 **VDC**). Напряжение гальванической изоляции— 1500 В.

Все блоки контроллера имеют интерфейс RS-232 и могут настраиваться как в составе контроллера дистанционно через контроллерную сеть и ВЦП, так и автономно, при подключении блока к ПК или пульту настройки PN1 (в лаборатории, на объекте), что значительно упрощает и удешевляет процедуры настройки блоков.

Пульт настройки PN1 служит для просмотра и изменения настроек блоков, ячеек, каналов; просмотра состояния входов и выходов; изменения состояния выходов; оперативного контроля и установки значений переменных (коэффициентов) технологических программ ВЦП и блоков Т-МК1; тестирования блоков и вывода на индикатор сообщений об обнаруженных ошибках, выдаваемых блоками в случае их отказа и т. п.

Интерфейс контроллера с технологом-оператором осуществляется с помощью пульта, встраиваемого в шкаф управления. Пульт технолога-оператора предназначен для визуализации и управления переменными. Пульт содержит ЖКИ-индикатор, клавиатуру и канал для подключения к ВЦП. В качестве пульта может использоваться любая операторская панель с интерфейсом RS-232/485 и протоколом обмена Modbus (например, серия EZ фирмы EZ-TOUCH и др.). В состав контроллера пульт технолога-оператора не входит.

Функции пульта технолога-оператора программируются пользователем с помощью пакета КОНФИГУРАТОР ПУЛЬТА в процессе разработки программы. Средства технологического программирования ВЦП и микроконтроллера используют систему разработки IsaGRAF Workbench в соответствии со стандартом МЭК 61131-3, расширенную новыми алгоритмами, в том числе из библиотеки контроллера P-130.

Контроллер имеет следующие встроенные интерфейсы: 4xRS-485, 2xRS-232. 1xEthernet. Каналы с интерфейсом RS-232 применяются для связи контроллера с модулями ввода/вывода, инженерной станцией, для подключения пульта технолога-оператора и резервирования ВЦП.

Для повышения надежности систем автоматизации на базе контроллеров предусмотрены различные способы резервирования аппаратуры этих контроллеров. К ним относятся: резервирование ВЦП, резервирование контроллеров, резервирование модулей ввода/вывода, резервирование полевых сетей.

Различные способы резервирования реализуются либо встроенными программно-аппаратными средствами контроллера, либо проектными средствами с управлением процедурами резервирования со стороны технологической программы пользователя (ТПП).

Резервирование контроллеров и БЦП поддерживается системными средствами. Потребителю необходимо соединить дискретные выходы контроллеров, подключить аналоговые выходы к блоку переключения резерва и соединить БЦП специальным жгутом. Все остальные виды резервирования осуществляются проектным путем.

Контроллер Р-130 ISa (рис. 2.106) представляет новое поколение российских контроллеров Р-130. Контроллер имеет расширенные функциональные возможности, более высокую производительность обработки и передачи данных, а также более развитую систему программирования.

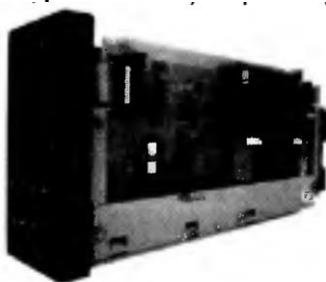


Рис. 2.106

В состав контроллера входит PC-совместимый процессор на базе микропроцессора i386SX40, содержащий флэш-память для хранения резидентного программного обеспечения и технологических программ пользователя, оперативную энергонезависимую память для хранения базы данных технологической программы, динамическую память для исполнения программ, флэш-диск (по дополнительному заказу), сторожевой таймер и таймер-календарь. Также имеются два системных канала для подключения к сетям Ethernet и Modbus, канал с интерфейсом RS-232 для организации резервирования контроллеров, резидентное программное обеспечение — операционная система реального времени RTOS-32 и исполнительная система ISaGRAF Target. В состав контроллера Р-130 ISa входят 7 типов модулей УСО (МАС, МДА, МСД), блоки усилителей сигналов термодатчиков БУТ-10, усилителей сигналов термометров сопротивления БУС-10, блоки усилителей мощности БУМ-10, блоки питания БП-1, БП-4.

Основной микропроцессорный блок контроллера Р-130 ISa выполнен в приборном конструктиве контроллера Р-130, в который устанавливаются модуль процессора, 1...2 модуля ввода/вывода, лицевая панель и преобразователь 24 **VDC/5 VDC**. Габаритные размеры конструктива — 80x160x365 мм. Установка контроллера рассчитана на утопленный монтаж на вертикальной панели щита или

пульта управления. Все остальные блоки рассчитаны на навесной монтаж.

Программное обеспечение контроллера P-130 ISa — система технологического программирования ISaGRAF. Система разработки технологических программ пользователя контроллеров ISaGRAF Workbench включает шесть типов технологических языков: SFC, FC, FBD (расширен библиотекой алгоритмов P-130), LD, ST и IL. Система обеспечивает возможность расширения поставляемых библиотек функций и алгоритмов силами пользователя на языке Си. Для связи с верхним уровнем (сопряжение со SCADA-системами) используется OPC-сервер. Все программные продукты функционируют на ПК в среде Windows.

2.3.4 Контроллеры ОАО «МЗТА»

ОАО «Московский Завод Тепловой Автоматики» производит контроллеры MC8, MC5 и релейные модули MR4 и MR8, входящие в ПТК «КОНТАР». В состав КОНТАР входят также инструментальные программы КОНГРАФ, КОНТАР-АРМ, КОНТАР- SCADA.

Контроллеры измерительные MC8 (рис. 2.107) предназначены для сбора информации и реализации разнообразных алгоритмов автоматизированного управления



Рис. 2.107

технологическими процессами. Контроллеры MC8 являются основным (базовым) элементом комплекса КОНТАР. Система КОНТАР — это распределенная система управления, основанная на Интернет-технологии. Для передачи и приема информации используется глобальная сеть Интернет. Для обращения к глобальному серверу пользователю необходим только Web-браузер. Таким образом, доступ к глобальному серверу осуществляется с любого клиентского компьютера, подключенного к Интернет.

Поскольку контроллеры имеют непосредственный выход в Интернет, отпадает необходимость в наличии компьютеров (рабочих

станций) на каждом объекте. Особенно это актуально при управлении удаленными объектами без участия оператора на объекте.

Идеология построения МС8 позволяет использовать контроллер в качестве автономного контроллера или объединять контроллеры в локальные сети с помощью каналов связи, в том числе сети Интернет. Связь между контроллерами и другими модулями осуществляется по интерфейсу RS-485. Связь с модулем расширения ME4 или другим контроллером МС8 осуществляется через интерфейс RS-232С (на базовом модуле).

В состав программного обеспечения контроллеров входят: ОС, обеспечивающая связь с другими контроллерами внутри сети, между контроллерами и оборудованием (датчики, исполнительные органы и т. д.), между мастер-контроллером и верхним уровнем. Кроме того, ОС выполняет функцию самодиагностики. В состав программного обеспечения также входят: программа для наладки, мониторинга и управления контроллерами типа КОНСОЛЬ, инструментальная система программирования алгоритмов КОНГРАФ (имеет встроенный симулятор), система локальной диспетчеризации КОНТАР-АРМ (создание мнемосхем, графиков), КОНТАР-SCADA, OPC- сервер для связи с другими SCADA.

Контроллеры выпускаются в исполнениях, отличающихся друг от друга характеристиками базового модуля и составом дополнительных узлов, объединенных в едином корпусе, а также типом клеммников.

Контроллер МС-8 имеет встроенные каналы дискретного ввода (4 DI, СК), дискретные выходы (8 DO, ОК для МС-8.1 или «сухой» симисторный ключ для МС-8.2), аналоговые входы (8 AI, 0.. .2500 мВ, 0/4.. .20 мА, термометры сопротивления, термопары), аналогового вывода (2 АО, 0/4...20 мА, 0...5 мА, 0...10 В).

При необходимости подключения к контроллеру персонального компьютера применяется исполнение контроллера с одним из встроенных submodule:

28. интерфейсный submodule RS-232C — используется для подключения к компьютеру с целью контроля работы, настройки параметров и загрузки функциональных алгоритмов;

29. интерфейсный submodule WebLinker EM — универсальный коммуникационный модуль, содержащий интерфейсы Ethernet и RS-232C. Используется для передачи информации в локальных и глобальных сетях по протоколам TCP/IP и UDP/ IP; модуль имеет функции защиты данных: шифрование и ограничение доступа

(Firewall), а также выполняет все функции интерфейсного submodule RS-232C.

30. интерфейсный submodule WebLinker USB — аналог WebLinker EM, но вместо интерфейса RS-232C используется интерфейс USB.

- интерфейсный submodule WebLinker Modern — коммуникационный модуль, содержащий интерфейс RS-232C; используется для подключения GPRS/CDMA модема, обеспечивающего выход в Интернет, а также выполняет все функции интерфейсного submodule RS-232C.

Для индикации и управления используется пульт управления MD8.1. Пульт позволяет выводить на дисплей значения параметров, производить их настройку, наблюдать по светодиодам за состоянием дискретных выходов контроллера. Выполняет все функции интерфейсного submodule RS-232C (содержит встроенный интерфейс RS-232C).

Питание контроллера: 220 **VAC** или 24 **VDC**, потребляемая мощность 6 ВА. Габаритные размеры — 157x86x58.5мм (с винтовыми клеммниками) и 157x114x58,5мм (с разъемно-винтовыми клеммниками). Монтаж — на DIN-рейку по стандарту DIN EN 50 022 (шириной 35мм). Степень защиты контроллера — IP20.

Контроллер MC5, входящий в комплекс КОНТАР, отличается от MC8 количеством встроенных каналов аналогового ввода: в MC5 их 5, аналоговых выходов — 1, дискретных выходов — 5. Число дискретных входов, как у MC8 — 4. Число сими- сторных выходов для MC5.1xx — 2. Характеристики каналов ввода/вывода аналогичны MC8. Кроме того, объем постоянной памяти (для загрузки алгоритмов) 9,5 кбайт (у MC8 — 60 кбайт). Основной интерфейс (на базовом модуле) — RS-485, дополнительный — RS-232 (Ethernet отсутствует). В исполнении MC5.101 имеется submodule RS-232C (интерфейс RS-232), а в исполнении MC5.111 прилагается пульт MD8.1 со встроенным интерфейсом RS-232 и часами-календарем.

Питание контроллера 220 **VAC** (для MC5.1), 24 **VDC** (для MC5.2), потребляемая мощность 6 ВА. Габаритные размеры 157x86x58,5. Монтаж контроллера на DIN рейку, степень защиты — IP20.

Контроллеры MC5 предназначены для автоматизации небольших объектов, например, тепловых объектов, приточных установок и т. п.

Модуль релейный MR8 (рис. 2.108) входит в состав комплекса КОНТАР и содержит реле и силовые ключи (симисторы).

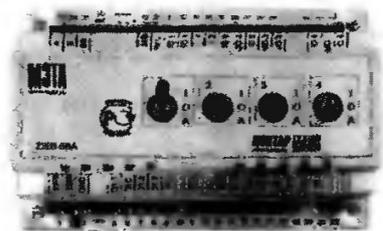


Рис. 2.108



Рис. 2.109



Рис. 2.110

Модули предназначены для применения в автоматизированных системах управления технологическими процессами, а также в системах сбора и передачи информации по интерфейсной сети RS-485. Модуль реализует различные алгоритмы управления с дискретными выходными сигналами, в том числе управление электрическими исполнительными механизмами, пусковыми устройствами насосов, вентиляторов и другого оборудования, переключение режимов управления и ручное управление электрическими исполнительными механизмами и пусковыми устройствами с помощью механических переключателей (тумблеров).

Модуль MR8 выпускается в различных исполнениях, отличающихся наличием или отсутствием блока ручного управления, типом и количеством выходных силовых элементов, а также типом клеммников. Для примера, исполнение модуля MR8.1221 имеет 4 выходных ключа на электромагнитных реле, с панелью ручного управления выходными ключами.

Встроенное число каналов ввода/вывода базовой модели: дискретные входы — 8, дискретные входы управления (непосредственное управление выходными ключами) — 4, дискретные выходы — 4 (на электромагнитных реле для MR8 1121/1221), — 4 (2 — симисторные ключи и 2 — электромагнитные реле для MR8 1131/1141/1231/1241), 4 (симисторные ключи для MR8 1151/1161/1251/1261).

Напряжение питания модуля — 220 **VAC**, потребляемая мощность — 6 ВА, монтаж — на DIN-рейку. Степень защиты модуля — IP20. Габаритные размеры 139x89x63 мм.

Модуль релейный MR4 (рис. 2.109) входит в состав комплекса КОНТАР. Основное назначение модуля: фазоимпульсное управление активной нагрузкой, например, нагревателями или осветительными приборами, а также управление внешними симисторами или тиристорами. Модуль может быть использован в двух основных режимах:

31. Управление выходной мощностью в соответствии с предварительно запрограммированным алгоритмом; воздействие на алгоритм осуществляется через дискретные входы прибора.

32. Управление выходной мощностью в соответствии с сигналами, передаваемыми по интерфейсному каналу RS-485.

Основные функции модуля MR4: управление электрической мощностью активной нагрузки в режиме фазоимпульсной модуляции; выполнение алгоритмов функционирования, необходимых для управления конкретным технологическим процессом; использование информации о состоянии входных дискретных сигналов модуля для работы функционального алгоритма и передачи по каналу RS-485 на верхний уровень управления; обмен информацией с контроллерами в сети по интерфейсу RS-485; прием дискретных сигналов от контроллеров MC8 или других устройств для непосредственного (прямого) управления выходными силовыми ключами.

Пульт управления выносной MD8.3 (рис..2.110) входит в состав комплекса КОНТАР и предназначен для работы в комплекте с контроллерами MC8 и MC5, имеющими дополнительный интерфейс RS-232C. Пульт управления предназначен для: вывода на дисплей информации о входных/выходных сигналах и параметрах функционального алгоритма контроллера; вывода на светодиодные индикаторы информации о состоянии и режимах работы дискретных выходов контроллера; настройки параметров функционального алгоритма контроллера; переключения режимов управления автомат/ручное и ручного управления выходами контроллера; поддержки индикации текущего времени и календарной даты с помощью энергонезависимых часов/календаря (в том числе при работе с контроллерами MC5). Тип дисплея — ЖК-дисплей с подсветкой. Количество символов — 2 строки по 16 символов. Число двухцветных светодиодных индикаторов — 8, количество клавиш — 4.

2.3.5 Контроллеры ФГУП «ЭЗАН».

Программируемые логические контроллеры серии «Сонет» (рис. 2.111) производства ФГУП «Экспериментальный завод научного приборостроения с СКВ» относятся к модульным контроллерам. Контроллеры СОНЕТ являются проектно компоновемыми изделиями и в зависимости от компоновки способны выполнять функции управляющих контроллеров, контроллеров удаленного ввода/вывода или удаленных программируемых контроллеров и могут использоваться как автономно, так и в составе распределенных систем управления. Контроллер состоит из крейта на 5 или 8 модулей ввода/вывода,

процессорного модуля, блока питания и модулей ввода/вывода. К дополнительному оборудованию относятся блок переключения резерва БПР-1, фильтр

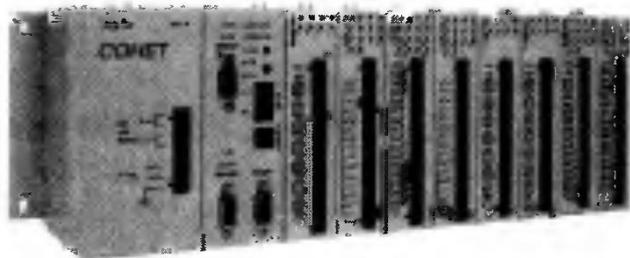


Рис. 2.111

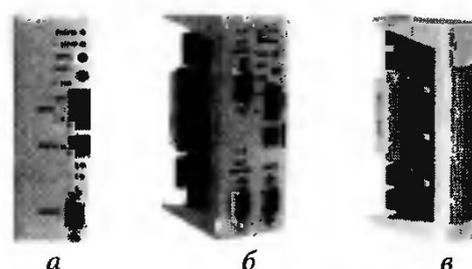


Рис. 2.112

электропитания ФП-220-1 и интерфейсные модули МИ-АВВ-8, МИ-АВВ-4, МИ-АВ-4. В зависимости от числа модулей (5 или 8) число каналов дискретного ввода/вывода от 80 до 128, аналогового ввода — от 40 до 64, аналогового вывода — от 20 до 32 соответственно. Процессорный модуль контроллера построен на базе микроконтроллера ATmega 128-16 с тактовой частотой 16 МГц. Объем ОЗУ — 36 Кб, ПЗУ — 128 Кб, флэш-память — 1 Мб. Число встроенных интерфейсов: 1xRS-232, 2xRS-485 (Modbus RTU). Характеристики процессорных модулей приведены в табл. 2.35

Таблица 2.35. Характеристики процессорных модулей ПЛК «Сонет»

Тип модуля	Тип МП	Объем памяти	Интерфейсы	Назначение
СН-МП-1	ATmega 64	–	1xRS-485	Удаленный ввод/вывод на базе протокола Modbus
СН-МП-1-3-Р	ATmega 128	–	2xRS-485	Удаленный ввод/вывод на базе протокола Modbus, поддержка горячего резервирования
СН-МП-РС104-2	NS Geode GX1, 300 МГц	ОЗУ—64 Мбайт, ПЗУ—128 Мбайт	2xRS-485, 2xEthernet	ПК x86 с контроллерами VGA, Ethernet и Modbus. поддержка горячего резервирования
СН-МП-ПЛК-3	ATmega 128	ОЗУ—36 кбайт, флэш—2 Мбайт	RS-232, 2xRS-485	Процессорный модуль ПЛК «Сонет», программирование в стандарте IEC 61131-3

На рис. 2.112 представлены процессорные модули СН-МП-1 (**а**) и СН-МП-1-3-Р (**б**). Широкая номенклатура модулей ввода/вывода (СН-АВ-хх, СН-АВВ-хх, СН-ДВ-хх и СН-ДВВ-хх) предусматривает аналоговый ввод по 4, 6 или 8 каналам сигналов 0/4...20 мА, 0...5 мА, 0...10В, 0...100 мВ, сигналов термопар и терморезисторов. Модули аналогового вывода — 4-канальные, дискретного ввода/вывода — 8- и 16-канальные на 220 **VAC** и 24 **VDC**. На рис. 2.114, **в** показан общий вид модуля СН-АВВ-4 для входного тока 0...5 мА.

Для работы в составе сети Modbus был разработан контроллер СОНЕТ-МАСТЕР. Открытая архитектура РС/104 контроллера и

стандартная периферия позволяют использовать управляющее ядро любой системы, реализованной на платформе Intel x86.

Для программирования контроллеров «Сонет» применяется программное обеспечение PLC Designer, соответствующее стандарту МЭК 61131-3. Для разработки прикладных программ на языках SFC, FBD, LD и IL используется эмулятор контроллера, позволяющий выполнять отладку программы без аппаратных средств.

Для построения многоканальных, высокопроизводительных программируемых контроллеров ЭЗАН производит модули ввода/вывода в стандартах VME и CompactPCI формата 3U и 6U, а также платы-мезонины, устанавливаемые на модули-носители VME 98100 и CompactPCI 4100.

2.3.6 Контроллеры ЗАО «ЭМИКОН»

ЗАО «Эмикон» производит модульные контроллеры ЭК-2000 и DCS-2001, а также широкую номенклатуру модулей серии ЭК-2000 и DCS-2000 для распределенных систем управления.

Контроллер ЭК-2000 (рис. 2.113) представляет каркасно-модульную систему и предназначен для использования в системах управления, где предъявляются повышенные требования к надежности, защите систем управления от воздействия пыли, брызг, агрессивных сред, к работоспособности в широком диапазоне температур и воздействию вибраций. Конструктивно контроллеры серии ЭК-2000 состоят из блока вычислительного и блока кроссового. В состав вычислительного блока входят каркас с объединительным модулем, центральный модуль, модули связи с объектом (МСО) и модуль питания. Внутри модуля может быть установлен барьер искрозащиты.

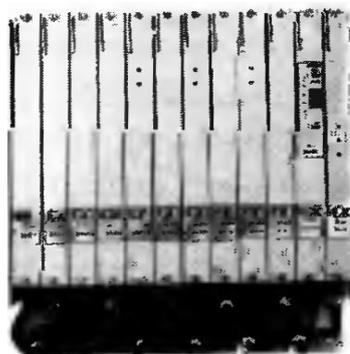


Рис. 2.113

В состав кроссового блока входят панели монтажные и блок питания. Варианты исполнения контроллера: бескорпусной, однокорпусной и двухкорпусной. В бескорпусном исполнении пользователю поставляется перечисленный состав блоков, которые

размещаются в шкафах пользователя, либо непосредственно в корпусах технологического оборудования. Двухкорпусное исполнение необходимо использовать в тех случаях, когда контроллеры непосредственно устанавливаются в производственных помещениях, где возможно воздействие пыли или влаги, как при эксплуатации, так и при проведении ремонтных или профилактических работ. В помещениях с обычными условиями эксплуатации целесообразно использовать более дешевый однокорпусной вариант исполнения.

В качестве средства отображения в контроллерах применяются панели оператора серии UniOP. Панель оператора может быть установлена непосредственно в кожух блока вычислительного (при автономной установке контроллера), на двери электрошкафа или в пульте управления пользователя (в случае встраивания контроллера в пользовательское оборудование). Панель оператора может поставляться в виде переносного терминала. Максимальное расстояние от панели до контроллера — 1200 м.

Необходимое количество каналов ввода/вывода может быть реализовано при подключении контроллеров в локальную сеть. Максимальное количество узлов в сети — 256. При использовании последовательного интерфейса, расположенного на центральном модуле, или сетевых модулей С-02А и С-05А скорость передачи информации — до 2,5 Мбит/с. Физический уровень локальной сети — RS-485. Канальный уровень — Modbus или SDLC.

К числу модулей контроллера относятся процессорные модули CPU-03А, CPU-03В и CPU-20А, сетевые модули С-02А, С-20А, интерфейсные модули СИМ-485I (связь по интерфейсу RS-485) и СИМ-232NI (связь по интерфейсу RS-232). Модули аналогового ввода/вывода (А1-03А, А1-04А, А1-20, А0-01 А, А0-03 и др.) используют 12-разрядные АЦП и ЦАП и служат для преобразования однополярных и двуполярных сигналов, а также сигналов термопар и терморезисторов, в цифровой код и преобразования 12-разрядного кода в токовые сигналы 0.. .5 и 0/4.. .20 мА. В модулях дискретного ввода/вывода (DI-01 А, DI-03А, DI-04А, DI-07-Ex, DO-01 А, DO-03А, DO-04А, DIO-04А и др.) питание осуществляется от внешнего или внутреннего источника.

В качестве ОС используется ОС РВ ОС-188. Язык программирования — CONT со средой программирования в ОС Windows CONT-Designer, включающей текстовый редактор, транслятор и отладчик.

Контроллер DCS-2001 (рис. 2.114) является малоканальным модульным контроллером. В состав контроллера входят модуль центрального процессора CPU-12A, модули ввода аналоговых сигналов AI-14 (токовые сигналы) и АН 5 (сигналы терморезисторов), модуль вывода аналоговых сигналов A012 (2 канала, 0...20 мА), модуль ввода дискретных сигналов DI-12 (12 каналов, СК), модуль ввода/вывода дискретных сигналов DIO-12 (8 DI, 4 DO, СК). Все модули контроллера выполнены в виде многослойных печатных плат размером 77x85 мм, установленных в пластмассовых корпусах для крепления на стандартный DIN-рельс. Контроллер допускает установку помимо процессорного модуля до 4-х модулей связи с объектом (УСО). В отличие от семейства DCS-2000 модули УСО серии DCS-2001 не имеют собственного процессора и последовательного интерфейса и работают исключительно под управлением модуля CPU-12A. Обмен данными между CPU-12A и любым из 4 модулей УСО осуществляется посредством параллельного интерфейса, включающего в себя сигналы мультиплексированной 4-разрядной шины адреса и шины данных, сигналов управления, а также линий питания 5/24 **VDC**. Модули соединяются посредством плоских кабелей и конструктивно объединяются в единый наборный пластмассовый корпус, предназначенный для установки на стандартный DIN-рельс.



Рис. 2.114



Рис. 2.115

Питание контроллера осуществляется от источника питания 24 **VDC**. Контроллер эксплуатируется в диапазоне температур - 25...+60°C.

Семейство модулей ввода/вывода DCS-2000 (рис. 2.115) предназначено для использования в распределенных системах управления. Все модули ввода аналоговых и дискретных сигналов имеют входные цепи искрозащищенного исполнения ExibIIС и встроенные блоки питания первичных приборов, что позволяет подключать датчики, находящиеся во взрывоопасных зонах, непосредственно к модулям.

В состав модулей входят: модули центрального процессора CPU15 и CPU-17B (2xRS-232, 4xRS-485); модули ввода/вывода аналоговых сигналов AI-10 (4 канала для подключения термопар ТХК и ТХК, 1 канал для подключения терморезисторов), AI-11 (4 канала для подключения терморезисторов), AI-12 (4 канала сигналов тока или напряжения), AO-11 (2 канала 0...20 мА или 0...10 В); модули ввода/вывода дискретных сигналов Dili (8DI, СК), DO-11 (8DO, MOSFEToutput), DIO-II (4 DI, СК и 4 DO).

Для контроллеров ЭК-2000, DCS-2001 и системы распределенного ввода/вывода DCS-2000 помимо вышеперечисленных модулей предназначены следующие модули общего применения и блоки: модуль контроля фаз ACC-01A, блоки грозозащиты BZ-11 и BZ-12, модуль повторителя интерфейса RS-485 (3xRS-485), модули конверторов IR-04A (преобразование 220 **VAC** в DO, ОК), IR-04D (преобразование 24 **VDC** в DO, ОК), OR-04A (4 канала, преобразование 24 **VDC** в DO, СК), OR-06 (6 каналов, преобразование 24 **VDC** в DO, СК), модули питания с выходным напряжением 24 **VDC** типа PU-12/13/14/15 и выходным напряжением 5,7.. .6,3 В (PU-17A) и 11,4... 12,6 В (PU-17 В); блок бесперебойного питания UPS-10 и блоки сетевого питания SU-6, SU-8 и SU-10 (220 **VACUA VDC**).

Конструкция модулей серии DCS-2000 предусматривает их установку на стандартную DIN-рейку. На эту же рейку устанавливаются клеммники для подключения внешних кабелей. Поскольку клеммники размещаются в непосредственной близости от модулей микропроцессорной системы, это существенно упрощает наладку и обслуживание системы.

Блоки одной подсистемы связаны по локальной сети и обмениваются данными по запросу ведущего устройства, поэтому они могут располагаться как в одном электрошкафу, так и в разных электрошкафах, в том числе в разных помещениях. Все модули имеют два независимых канала для обмена по сети RS-485.

Рабочий температурный диапазон модулей: -20...+70°C. Питание модулей осуществляется от блоков стабилизированного напряжения 24 VDC.

В табл. 2.36 приведены технические характеристики некоторых отечественных контроллеров.

Таблица 2.36. Технические характеристики отечественных контроллеров

Тип ПЛК, производитель	ПЦУ/Объем памяти	Кол-во AI	Кол-во AO	Кол-во DI	Кол-во DO	Интерфейс	ПО
ОВЕН ПЛК 100 Компания «ОВЕН»	RISC-200 МГц/ 360 байт или неограничен	—	—	8	6 СК/ 12 ОК	2xRS-232, RS-485, Ethernet 10/100 BaseT	Среда программирования CoDeSys 2.3
ОВЕН ПЛК 150 Компания «ОВЕН»		4	2 (4...20 мА/ 0...10 В)	6	4 СК	RS-232, RS-485, Ethernet 10/100 BaseT	
Decont-182, Компания «ДЭП»	Zilog 80182-30 МГц/ОЗУ 1Мбайт, флэш-ПЗУ 1 Мбайт	6 универсальных каналов ввода/вывода (AI, DI, DO); устанавливаются в гнезда «С» и «D»				RS-232, 2xRS-485, 2xИРПС	DeSystem, DeModule, WinDecont, WDeveloper
μС-1010, «НЕВА-БИЗНЕС»	80С188ЕВ/ память данных 64 кбайт	8	4 (4...20 мА)	10 (СК)	10 (ОК)	RS-485, Ethernet	C/C++
Микроконт-Р2/ 33, НПО «Системотехника»	DS80С320-20 МГц/ i586; 16 кбайт/64 Мбайт	Модули ввода/вывода: AI (4...20), AO (2), DI (16, 32), DO (16, 32)				RS-485, RS-232/ RS-485, Ethernet	Монитор RTM320, ТУРБО-ПКС
МикКОН, ЗАО «ИНКОМ-МЕТ»	I386SX-40 МГц/ i486-300 МГц; ОЗУ: 4...128 Мбайт, флэш-ПЗУ: 32 Мбайт	Модули и мезонины ввода/вывода: AI (4...32), AO (2,8, с мезонином — 16), DI (8,16, 32, с мезонином — 64, 64, с мезонином — 128), DO (16, с мезонином — 32, 32, с мезонином — 64)				RS-232, RS-485, ИРПС	МикСИС
ЭЛСИ-ТМ, ЗАО «ЭлеСи»	Pentium-100/300, ОЗУ-32 Мбайт, флэш ПЗУ-16/64 Мбайт	4, 24 канала в модуле	—	4 (встроенные); 32 (в модуле)	16, 32 (в модуле)	Ethernet 10BaseT	OpenPCS по МЭК 61131-3
ЭЛСИ-2000, ЗАО «ЭлеСи»	С167СR/ ОЗУ-512 кбайт, флэш- ПЗУ-512 кбайт	До 8 модулей ввода/вывода: AI (8), AO (4), DI (8), DO (8)				RS-232, RS-485, CAN	

2.4. Встраиваемые системы

Встраиваемые системы в целом и встраиваемые контроллеры в частности выделены в отдельный класс ввиду ряда отличий и специфических свойств этих систем.

Под встраиваемыми системами понимают класс компонентов программно-аппаратных средств, встраиваемых (устанавливаемых) в какое-либо оборудование (станок, пресс, компьютер и пр.), и выполняющих строго определенные функции. В этом смысле встраиваемая система выступает как часть целого и не может рассматриваться в виде самостоятельного элемента.

Достоинствами встраиваемых систем являются компактность, функциональность, относительно низкая стоимость, хорошие эксплуатационные характеристики и ряд других. К встраиваемым (embedded) системам относятся одноплатные компьютеры Embedded

Computing Platform), контроллеры (Embedded PLC), модули ввода/вывода, процессорные, коммуникационные и мезонинные модули, платы памяти, встраиваемые Интернет-устройства, встраиваемое программное обеспечение (операционные системы PB, -QNX, VxWorks, OS-9, Linux RT, RTX, Windows XP Embedded, Windows CE и др.), встраиваемые системы программирования (ISaGRAF, CoDeSys и др.), системы визуализации (SCADA-системы TraceMode, MasterSCADA) и др.

Каждая из вышеперечисленных встраиваемых систем имеет свои особенности. Так, встраиваемые одноплатные компьютеры базируются на системных шинах VME, PCI, CompactPCI, PC/104, PMC. Встраиваемые операционные системы устанавливаются на CompactFlash. Хотя встраиваемые аппаратные системы представляют собой, как правило, бескорпусные компоненты, для защиты которых используется корпус самого оборудования, для тяжелых условий эксплуатации появились «встраиваемые системы в корпусе». Примером может служить, например, встраиваемый промышленный компьютер BOXER компании AAEON (Тайвань), работающий в широком диапазоне температур и влажности. Ниже рассматриваются встраиваемые программируемые логические контроллеры.

2.4.1 Контроллеры в стандарте PC/104 ШС0486/ HiCOSH4/ HiCOGEODE фирмы *Hitex Automation*, Германия

Контроллеры HiCO по своим техническим параметрам полностью соответствуют стандарту PC/104 и обладают хорошими эксплуатационными характеристиками, высокой производительностью и малыми габаритами. Поддерживается аварийное батарейное питание для SRAM.

Встраиваемый контроллер HiC0486 (рис. 2.118) имеет следующие характеристики:

33. процессор: AMD Elan SC410- 66/100 МГц;
34. ОС — Windows CE или DOS;
- . ОЗУ DRAM —4...32 Мбайт;
35. флэш-ПЗУ — 16... 144 Мбайт;
36. коммуникационные порты: LPT1, COM1, COM2, COM3, IRDA;
37. габариты 96x90x16 мм (формат PC/104);
38. потребляемая мощность: 3 Вт;
39. диапазон температур:-10...+70°C.

Встраиваемый PC с процессором Hitachi SuperH 8H4-167МГц (рис. 2.117) имеет следующие характеристики: ОС — RTOS, системная шина — ISA, ОЗУ — 16 Мбайт, Флэш ПЗУ — 8 Мбайт, интерфейсы Ethernet, USB, порт PS/2 для клавиатуры и мыши.

Расширение возможностей процессорного модуля достигается с помощью дополнительных плат HiCO-SH4-base с интерфейсом PC/104, разъемами для Compact-Флэш и LCD. Дополнительно контроллеры HiCO486 и HiCOSH4 могут комплектоваться

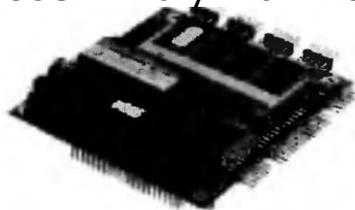


Рис. 2.118



Рис. 2.119

адаптером для подключения ЖК-дисплея, Флэш-дисками от 2 Мбайт до 144 Мбайт и компактной флэш-картой емкостью от 4 до 48 Мбайт.

Встраиваемый контроллер HiCOGEODE с 64-разрядным процессором фирмы National Geode CPU 6x86-200 МГц имеет следующие характеристики: SDRAM от 32 до 128 Мбайт, Compact-Флэш до 96 Мбайт, коммуникационные порты Ethernet 10/100 BaseT, 2xUSB, 1xLPT, 2xCOM.

Для расширения возможностей контроллеров HiCO фирма производит следующие периферийные модули:

40. HiCO-PCMCIA для подключения карт памяти, сетевых, модемных карт PCMCIA;
41. HiCOCAN-104 с CAN-шиной и интерфейсом PC/104 (процессор MC68332-20 МГц, SRAM 128 кбайт, Флэш-память 512 кбайт);
42. HiCOCAN-ISA с CAN-шиной и интерфейсом ISA;
43. HiCOCAN-PCI с CAN-шиной и интерфейсом PCI;
44. HiCO-DIO- модуль цифрового ввода/вывода (16 DI, 8 DO, диапазон напряжений 10-30 **VDC**, выход «OK», нагрузочная способность до 1,5 А на канал).

Среди встраиваемых PC-совместимых систем на отечественном рынке заметное место занимает продукция фирм **Octagon Systems** (США), **Advantech** (Тайвань) и **Fastwel Inc.** (Россия) в формате MicroPC и PC/104. Форматы MicroPC и PC/104 являются одними из наиболее устойчивых форматов для жестких условий эксплуатации (температура -40...+85 °С, вибрации до 5 г и удары до 20 г и более).

К этим изделиям относятся встраиваемые одноплатные промышленные компьютеры с расширенным температурным диапазоном (-40...+70°С), контроллеры, процессорные модули и модули ввода/вывода, монтажные каркасы и источники питания. Высокая надежность модулей формата MicroPC объясняется рядом факторов, а именно: небольшие габариты плат (114,3x124,5 мм) с

шиной ISA имеют 4-точечное крепление, исключающее перемещение и воздействие вибрации или ударов. Благодаря 100%-му применению в изделиях элементной базы по технологии КМОП энергопотребление снижено до уровня, при котором не требуется какое-либо охлаждение плат, могущих работать в герметичных корпусах. Напряжение питания всех плат — одного номинала, а именно 5 VDC. Удобство эксплуатации обеспечивается тем, что в системное ПЗУ процессорного модуля помещена автоматически загружаемая операционная система ROM-DOS, совместимая с MS-DOS 6.22, и базовая система ввода/ вывода BIOS. Однако, возможно использование любого другого программного обеспечения и средств разработки, совместимых с технологией PC (например, Windows 95/98/NT, QNX, Linux и др.). Далее рассматриваются встраиваемые компьютеры фирмы **Advantech** (Тайвань), встраиваемые микроконтроллеры фирмы **Octagon Systems** (США), встраиваемые процессорные платы и промышленные компьютеры фирмы **Fastwel Inc.** (Россия), широко используемые в промышленности.

Встраиваемые микроконтроллеры фирмы Advantech, Тайвань

Компания **Advantech** выпускает встраиваемые промышленные компьютеры серии ARK (ПЦ Intel Celeron M — 1,4 ГГц, ОЗУ DDR до 1 Гбайт, порты RS-232/422/485, Ethernet 10/100BaseT, ОС — Windows 2000/XP/XP Embedded), UNO (ПЦ Celeron 400/600 МГц; ОЗУ — 64/128 Мбайт, порты RS-232/422/485, Ethernet 10/100BaseT, ОС — предустановленная Windows XP Embedded или Windows CE). Некоторые модели компьютеров серий ARK и UNO имеют слоты расширения PCI (ARK-7480, UNO-3062 и UNO-3072) и встроенные каналы дискретного ввода/вывода (UNO-3072 и UNO-2050). Также компания **Advantech** производит встраиваемые процессорные модули в форматах PC/104+ (PCM-3353/3370) и PC/104 (PCM-3341/3375/3380). Отдельную группу продукции **Advantech** занимают одноплатные встраиваемые компьютеры формата 3,5" (серия Biscuit PC 3,5") с размером стандартного НЖМД IBM PC и формата 5,25" и EBX (серия Biscuit PC 5,25") с размером стандартного НГМД IBM PC. Дальнейшее сокращение размеров модулей встраиваемых систем привело к появлению серии вычислительных платформ SOM (System On Module — система на модуле). Каждый модуль SOM является высокоинтегрированным одноплатным компьютером, устанавливаемым на базовой плате. Основные модификации модулей SOM: SOM-144 с процессором AMD Geode Castle и SOM-ETX с процессором Pentium. Модули SOM-144 (68x100 мм) поддерживают Windows CE и

поставляются с предустановленными ПРЦ и ОЗУ Модули SOM-ETX (размер 144x100 мм) поддерживают Windows CE и поставляются с предустановленным ПРЦ (ОЗУ устанавливается дополнительно).

Встраиваемые микроконтроллеры фирмы *Octagon Systems*, США

Фирма *Octagon System* производит микроконтроллеры серии 6000, процессорные платы формата PC/104 (50xx и 6225, 2133, 2050 и 2060), платы стандарта EPIC (PC- 510/600/680/770).

К достоинствам микроконтроллеров серии 6000 относятся IBM PC-совместимая архитектура, реализованная на базе процессора i80386SX-25Mih, а также AT- совместимой BIOS с промышленными расширениями. Контроллер способен функционировать как автономно, так и совместно с модулями ввода/вывода, объединенными 8-ми разрядной магистралью ISA. Микроконтроллеры серии 6000 могут устанавливаться в конструктивы *Octagon*, а также в пассивные объединительные платы с шиной ISA. В стандартном исполнении микроконтроллеры имеют встроенную ОС DOS 6.22, однако пользователю предоставляется возможность установки во флэш-ПЗУ любой операционной системы (Windows CE, Windows XP Embedded, Linux и др.).

Контроллеры серии 6000 поддерживают интерфейсы RS-232, RS-485, LPT-1, PC/104. Скорость обмена по последовательным интерфейсам (COM1-COM4) составляет от 300 до 115,2 кбит/с.

Высокопроизводительные встраиваемые процессорные платы формата PC/104 типа 5066, 5070 и 5090 оснащены процессорами AMD 5x86 (133 МГц), ZF Micro 5x86 (128 МГц) и VIA Eden 400/733 МГц соответственно, имеют встроенные каналы ввода/ вывода, единое питание +5 В. Процессорные платы формата PC/104 моделей 2133, 2050 и 2060 отличаются объемом ОЗУ (до 32, 64 и 256 Мбайт), наличием разъема DiscOnChip или СотрайФлэш для увеличения объема ПЗУ

Модели PC-510/600/680/770 имеют объем ОЗУ от 48 до 512 Мбайт, до 4 портов RS-232, RS-422/485, число каналов дискретного ввода/вывода от 24 до 64, размеры плат 146x203 мм.

Сравнительные характеристики микроконтроллеров серии 60x0 приведены в табл. 2.37.

Таблица 2.37. Сравнительные характеристики микроконтроллеров серии 60х0

Тип модуля	6010	6020	6030	6040	6050
Процессор	386SX				
Наличие последовательных портов COM1 и COM2	Да				
Наличие последовательных портов COM3 и COM4	—	—	Да	—	—
Возможность установки преобразователя RS-232/485 типа NIM	—	Да	Да	Да	Да
Параллельный порт LTP1	Да				
Порт EIDE НЖМД	Да	—	—	—	—
Шина расширения PC/104	Да	—	—	—	—
Объем ОЗУ, Мбайт	4	2			
Объем флэш-ПЗУ, Мбайт	1				
Объем статического ОЗУ, кбайт	128				
Объем динамического ОЗУ, Мбайт	2				
Число каналов дискретного ввода/вывода	17	48+17	17	24+17	24+17
Число каналов дискретного вывода	—	—	—	—	8
Число каналов аналогового ввода/вывода	—	—	—	8/2 (0...5 В, 0...10 В)	—
Напряжение питания, В	5VDC				
Потребляемый ток, мА	475	490	440	590	435
Диапазон рабочих температур	-40...+85°C				

Компания **FastweH** Inc. выпускает встраиваемые одноплатные компьютеры с поддержкой стандартов MicroPC и PC/104 типа CPC106 и с поддержкой 2 портов Gigabit Ethernet, портами расширения PC/104 и PC/104+ типа CPC1600/1700. В формате MicroPC компания **FastweH** выпускает модуль микроконтроллера CPU188-5. Модуль предназначен для использования в системах сбора данных и управления. По своим функциональным возможностям аналогичен микроконтроллеру 6040 **Octagon Systems**.

Благодаря своей компактности, малому энергопотреблению и большой функциональности модуль CPU188-5 может использоваться для широкого диапазона встраиваемых приложений. Характеристики модуля CPU188-5: процессор Aml88ES-40 МГц, ОС, совместимая с MS-DOS 6.22; системная шина — ISA, статическое ОЗУ (SRAM) до 1024 кбайт, флэш-ПЗУ до 2048 кбайт. Модуль имеет 48 каналов дискретного ввода/вывода, 8 каналов аналогового ввода, 2 канала аналогового вывода, интерфейсы RS-232/422/485.

Модуль CPU188 5 выпускается в трех модификациях в зависимости от объема памяти, числа каналов ввода/вывода и др. (табл. 2.38).

К встраиваемым системам относятся также платы ввода/вывода аналоговых и дискретных сигналов. Эти платы, выпускаемые многими российскими предприятиями (ЗАО «Руднев-Шиляев», «b-CARD» и др), рассчитаны на различные системные шины и интерфейсы (ISA, PCI, PC-104, Ethernet, USB). Вместе с платами предоставляется пакет программного обеспечения для настройки плат.

Таблица 2.38. Характеристики модулей CPU188-5

Тип модели	CPU188-5LC	CPU188-5BS	CPU188-5MX
SRAM	512 кбайт	1024 кбайт	
Флэш	1024 кбайт		
COM1	RS-232 (неизолированный)		
COM2	RS-232 (неизолированный); RS-422/485 (изолированный), скорость обмена 200/2500 кбит/с		
AI/AO	—	—	8./ 2 (изолированный) 0...5 В, 0...10 В, +/- 5 В
Габаритные размеры, мм	124,5×114,3		

Выбор платы на примере выбора платы АЦП осуществляется в следующей последовательности: выбор частоты дискретизации (кГц, МГц); выбор разрядности АЦП, числа каналов, диапазона входного сигнала (в вольтах); наличие на плате ЦАП и его разрядность, число каналов ввода/вывода; коэффициент усиления и необходимый интерфейс платы.

2.5. Компоненты ПЛК

К компонентам ПЛК относятся процессорные модули, модули ввода/вывода аналоговых и дискретных сигналов, сетевые коммуникационные модули и модули специального назначения [2.10-2.12].

Модульные ПЛК конфигурируются на базе шасси или корзины. Отличие шасси от корзины состоит в конструктиве и методе крепления модулей. Шасси представляют собой плоскую панель, крепящуюся в шкафу управления или на щите с защелками для модулей и разъемами, через которые осуществляется обмен информацией между модулями. Число модулей, устанавливаемых на шасси: 4, 6, 8 или 12. С внутренней стороны шасси содержит шину обмена данных между модулями ПЛК. Корзина отличается от шасси наличием боковых стенок и перегородок между модулями. Некоторые ПЛК не имеют корзины или шасси и конфигурируются соединением модулей между собой при помощи разъемов и защелок на боковых поверхностях.

Модуль центрального процессора (CPU) является основной интеллектуальной составляющей ПЛК, обеспечивающей обработку и

хранение информации. Обычно CPU совмещены с модулем источника питания, служащим для преобразования сетевого напряжения переменного тока в ряд напряжений, служащих для питания модуля центрального процессора и модулей ввода/вывода. Выбор источника питания определяется совокупной потребляемой мощностью подключенных к ПЛК модулей ввода/вывода. Кроме того, модуль источника питания содержит литиевую батарею, обеспечивающую питание оперативной памяти ПЛК, в которой хранится рабочая программа и текущие данные, сохраняемые при отключении сетевого питания.

Модули ввода/вывода аналоговых и дискретных сигналов представляют собой устройства связи с объектом (УСО) и служат для приема, аналого-цифрового и дискретно-цифрового преобразования входных сигналов, а также для формирования выходных сигналов с помощью цифро-аналоговых и цифро-дискретных преобразователей. Помимо этого, модули или платы УСО могут представлять собой отдельные устройства сбора и обработки сигналов, а также формирования управляющих воздействий по заданному алгоритму на базе установленного на плате сопроцессора, разгружая тем самым основной процессор. Такие УСО, находящие широкое применение при создании распределенных систем с удаленным вводом/выводом информации, являются интеллектуальными терминалами и могут быть как выносными, так и встраиваемыми. В выносном варианте связь с ПЛК осуществляется по каналам RS-232 или RS-422/RS-485.

Широкое применение находят встраиваемые платы УСО, устанавливаемые в ПК. При этом обеспечивается прямой доступ к памяти и выполнение требуемых функций линеаризации и масштабирования сигналов, компенсации температуры холодных спаев термодпар, ввод сигналов высокого и низкого уровней, формирование алгоритмов управления и др. К основным требованиям, предъявляемым к УСО, относятся точность преобразования, физический уровень сигнала, постоянная времени, разрешающая способность, напряжение питания и др.

2.5.1 Процессорные модули ПЛК

Процессорный модуль контроллера определяет основное функциональное назначение и технические характеристики контроллера.

К основным техническим характеристикам процессорного модуля относят:

45. способ выполнения программы;

46. тип и тактовая частота микропроцессора;
47. объем памяти программ и памяти данных;
48. скорость выполнения логической операции (команды, инструкции);
49. встроенные функции (счетчики, ШИМ, ПИД-регулятор, позиционирование и др.);
50. число встроенных каналов аналогового и дискретного ввода/вывода;
51. энергонезависимые часы/календарь;
52. тип и число последовательных портов (RS-232, RS-422, RS-485, USB);
53. интерфейсы промышленных сетей (Ethernet, Profibus, CANbus и др.);
54. напряжение питания и габариты.

Для процессорных модулей PC-based контроллеров к числу основных характеристик дополнительно относятся:

55. тип шины расширения;
56. тип встроенной PC-совместимой ОС;
57. наличие и тип встроенной SCADA-системы;
58. возможность подключения гибких и жестких дисков, дисплея, клавиатуры и пр.;
59. возможность подключения жидкокристаллической или электролюминесцентной панели.

Процессорный модуль ПЛК выполняет следующие функции: обеспечение работы операционной системы реального времени (ОС РВ), организация коммуникаций между модулями внутри ПЛК, хранение и выполнение программы управления технологическим процессом, хранение информации, обусловленной программой управления, осуществление связи с ПК или программатором.

Операционная система реального времени (ОС РВ) предназначена для выполнения программ, записанных в контроллере, и обеспечения непрерывности процесса обработки данных, поступающих от модулей ввода/вывода, сетевых модулей и устройств.

Основные отличия процессорных модулей ПЛК различных производителей характеризуются производительностью процессора, объемом памяти программ и данных и максимальным числом обрабатываемых дискретных и аналоговых каналов.

В качестве базовых процессоров в процессорных модулях контроллеров широко применяются процессоры фирм Intel (i80C186EC,

i80188, i80386EX(SX), i80486DX4, i80586, Pentium MMX и др.), Motorola (MC68302, MC68360 и др.), Zilog (80182), Hitachi, Atmel и др.

Для сбора и обработки данных используются вспомогательные процессоры (сопроцессоры) типа i80C188, i80C51(31), PIC16C73A и другие, а также RISC- сопроцессоры. Более подробные данные о микропроцессорах этих и других типов приведены в работах [2.5,2.10-2.12].

В большинстве случаев выбор ПЛК зависит от информационной емкости технологического процесса, т. е. от количества дискретных и аналоговых сигналов, необходимых для контроля и управления. Чем больше информационная емкость процесса, тем мощнее требуется процессорный модуль.

При выборе процессорного модуля для контроллера руководствуются следующими соображениями:

60. оценивается информационная емкость процесса, определяется число дискретных и аналоговых сигналов, которые будут обрабатываться в ПЛК.

61. определяется объем требуемой памяти, который может потребоваться для решения поставленной задачи управления; объем памяти складывается из памяти для решения задач ПЛК (связь модулей, конфигурация и т. д.), памяти для обработки аналоговых и дискретных точек ввода/вывода, память для организации сетевого обмена.

62. Рассматривается необходимость решения задач управления, таких как ПИД-регулирование, адаптивного управления, алгоритмов нечеткой логики, нейросетевых алгоритмов управления и др.

Процессорные модули снабжены индикаторами, которые предназначены для отображения состояния процессорного модуля, состояния контроллера, режима работы модуля, ошибок ввода/вывода и программных ошибок.

В работе [2.9] приведены основные характеристики процессорных модулей.

2.5.2 Модули ввода/вывода дискретных сигналов

Дискретными входными сигналами в распределенных системах управления являются сигналы коммутации кнопок, конечных выключателей, контактов реле и пр., а в качестве дискретных выходных сигналов служат сигналы управления магнитными пускателями, реле, сигнальными лампами, исполнительными механизмами.

Устройства дискретного ввода/вывода представляют собой устройства преобразования двоичных сигналов логических уровней 1 и 0. Этим уровням соответствует напряжение на замкнутом или разомкнутом ключах. Величина напряжения может быть различной, но чаще используется напряжение 12,24, 36,48,125 или 250 В. Величина тока канала дискретного вывода обычно составляет 100 или 200 мА.

Основными характеристиками каналов дискретного ввода/вывода являются:

63. число каналов дискретного ввода/вывода, расположенных на плате или в модуле;
64. характеристика канала дискретного вывода: релейный («сухой контакт» — СК) или транзисторный вывод («открытый коллектор» — ОК);
65. уровень сигнала (TTL-совместимые или нет);
66. напряжение гальванической изоляции (500,1500, 2500 В и др.);
67. напряжение канала дискретного ввода/вывода;
68. выходной ток канала дискретного вывода;
69. индикация состояния канала.

Широкий диапазон модулей дискретного ввода/вывода определяется напряжением питания (переменного или постоянного тока), полярностью сигнала (положительной или отрицательной), подключением через винтовые клеммные колодки или специальные соединители.

Модули ввода/вывода подразделяются на следующие типоразмеры:

70. модули стандартного формата смешанных входов/выходов (I/O): 28 I/O (161 + 120), 64 I/O (321 + 320);
71. входные и выходные модули стандартного формата: например, 32 входа или 32 выхода (в ряде ПЛК встречаются модули высокой плотности на 64 входа или выхода);
72. полуформатные (смешанные) модули ввода/вывода, которые имеют различное количество каналов, что позволяет лучше адаптировать аппаратную часть к задачам прикладной программы (например, 8 1/4 О или 32 1/16 О).

Дискретные входы могут быть сконфигурированы как:

73. нормальные дискретные входы (заданная по умолчанию конфигурация);
74. запирающиеся входы;
75. вызванные событием входы;
76. входы прямого, обратного или реверсивного счетчика;

77. вход Run/Stop;
78. управляющий вход для передачи данных из RAM во флэш-память.

На уровне входов используется текущий контроль напряжения датчика. Все входные модули обычно включают средства для текущего контроля напряжения датчика. Эти средства следят за тем, чтобы напряжение питания датчиков, подключенных к модулю, находилось на уровне, достаточном для нормальной работы входных каналов модуля. Если напряжение питания датчика ниже определенного предела, об этом сигнализируется включением индикаторной лампы на модуле, бита ошибки канала или бита ошибки в слове состояния модуля.

На уровне выходов реализуются следующие функции:

79. текущий контроль напряжения питания исполнительных устройств;
80. защита от коротких замыканий и перегрузок. При возникновении подобной ситуации питание с соответствующего канала снимается, что индицируется рассмотренным выше способом;
81. защита ошибки полярности сигнала;
82. защита против скачков напряжения;
83. защита контактов выходных реле;
- » реактивация выходов;
84. переход на аварийный режим.

Схемы дискретного ввода и дискретного вывода типа «открытый коллектор» («ОК») и дискретного вывода типа «сухой контакт» («СК») компании **ICP DAS** представлены на рис. 2.118, **а, б** и 2.119 соответственно.

Платы ввода/вывода, встраиваемые в слоты материнской платы IBM PC, используют шины PCI, Compact PCI, PC/104, MicroPC, ISA и VME. Число каналов дискретного ввода/вывода на плате, как правило, составляет 8, 16, 32, 48 или 96. Помимо этого платы (модули) дискретного ввода/вывода имеют гальваническую изоляцию каналов с напряжением изоляции 500, 1000, 2500 или 3000 В постоянного тока, сторожевой таймер и счетчик/таймер. Диапазон рабочих температур модулей ввода/вывода составляет от 0.. +70 °С до значений - 40.. +85 °С. Среди других ха-

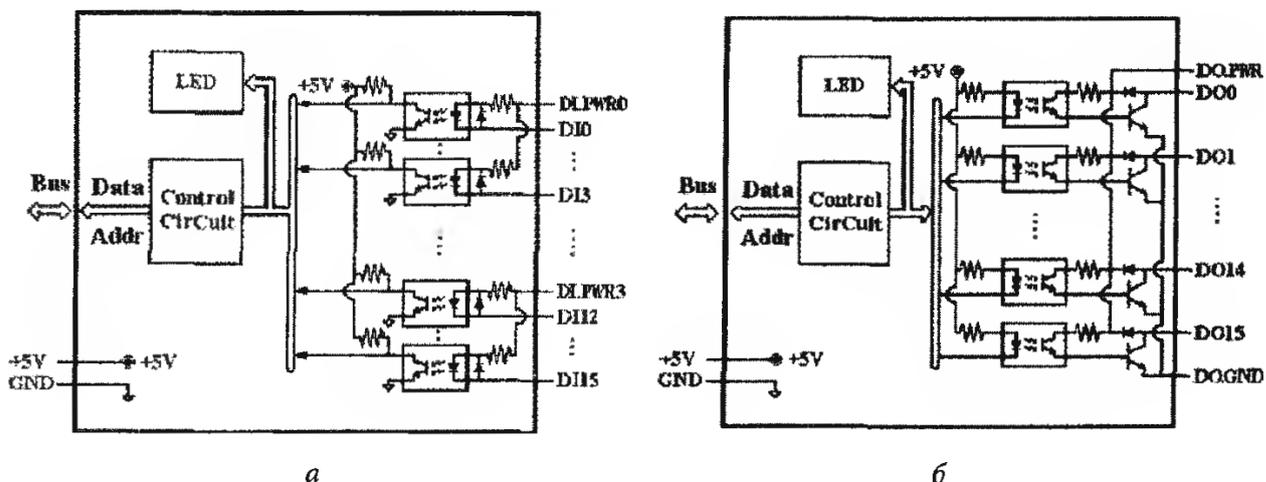
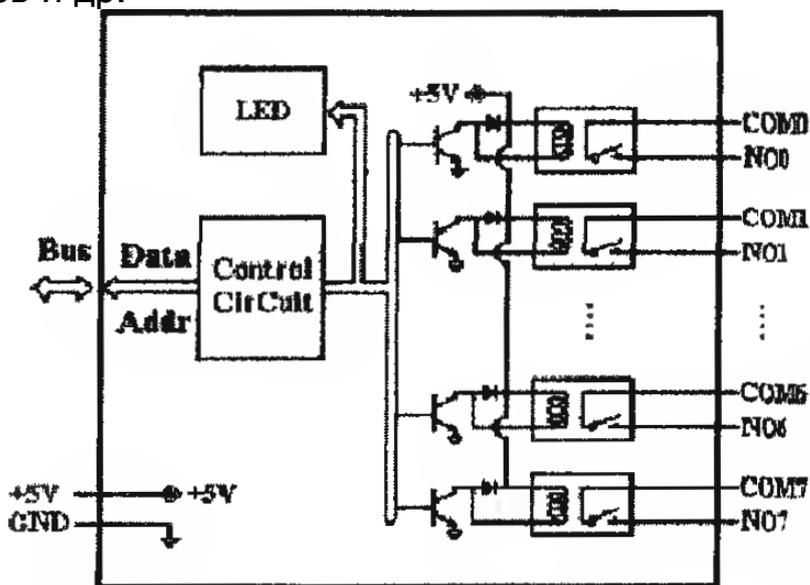


Рис. 2.118

характеристик модулей дискретного ввода/вывода отметим среднее время наработки на отказ (не менее 100 тыс. часов), ресурс реле модулей релейного вывода (от 500 тыс. до 100 млн. срабатываний), частота входных сигналов (от 10 до 40 кГц. и более) с измерением частоты по любому каналу, самотестирование, подавление дребезжания контактов и др.



В модулях УСО удаленного сбора данных и управления (например, серии я ADAM, 1-7000 и др.) при программировании устанавливается величина входного или выходного сигнала, скорость передачи данных (от 1200 бит/с до 115,2 кбит/с) и другие параметры. Объединение модулей в асинхронную полудуплексную двухпроводную сеть по стандарту RS-485 при длине сегмента до 1200 м и числе модулей в сегменте до 256 позволяет создавать распределенную систему сбора данных и управления большой информационной емкости.

2.5.3 Модули ввода/вывода аналоговых сигналов

Модули ввода/вывода аналоговых сигналов выполняют следующие функции:

85. аналого-цифровое преобразование сигнала и выдача результата на внутреннюю шину контроллера;
86. цифро-аналоговое преобразование сигнала, полученного от процессорного модуля по внутренней шине;
87. фильтрация, масштабирование и линеаризация входного сигнала;
88. сигнализация выхода значений измеряемого параметра за допустимые пределы;
89. самодиагностика и др.

Модули ввода/вывода аналоговых сигналов используются как встроенные непосредственно в контроллер, так и в качестве удаленных станций ввода/вывода. В случае построения распределенной системы процессорный модуль находится на основной стойке, а соединение с системой ввода/вывода и управление происходит с помощью сетевых технологий. Для этого в стойку станции ввода/вывода встраивается специальный сетевой модуль. Процессорный модуль главной стойки должен поддерживать управление удаленными станциями по сетевому стандарту.

Основные характеристики модуля ввода/вывода аналоговых сигналов:

90. разрядность;
91. количество каналов ввода/вывода;
92. диапазон входных и выходных сигналов модуля;
93. быстродействие;
94. точность преобразования;
95. обнаружение обрыва датчика;
96. возможность подключения датчиков, имеющих нестандартный выход;
97. гальваническая развязка сигналов;
98. подавление помех на входе/выходе;
99. напряжение питания;
100. потребляемая мощность;
101. габариты.

Количество каналов ввода/вывода варьируется от 2 до 14 в зависимости от класса контроллера. Для моноблочных (компактных) ПЛК количество каналов обычно составляет 2 или 4, для PC-based и модульных 8, 16 или 32.

Наиболее распространенными стандартными сигналами являются сигналы напряжения: $0...5\text{ В}$, $0...10\text{ В}$, $1...5\text{ В}$, $+5\text{ В}$, $\pm 10\text{ В}$ и сигналы тока: $0...5\text{ мА}$, $0/4...20\text{ мА}$.

Основным компонентом модуля аналогового ввода является аналого-цифровой преобразователь (АЦП). В зависимости от временной последовательности операции преобразования аналоговой величины в цифровой код АЦП подразделяют на следующие типы: последовательный АЦП со ступенчатым пилообразным напряжением (состоит из компаратора, счетчика и ЦАП); АЦП с двоично-взвешенным приближением (поразрядного уравнивания или поразрядного кодирования); параллельные АЦП (с одновременным квантованием сигнала с помощью набора компараторов, включенных параллельно источнику сигнала); последовательно-параллельные АЦП.

В настоящее время широко используются интегральные, функционально законченные АЦП, в одном корпусе которых находятся все необходимые компоненты для работы АЦП (за исключением источника питания). К таким компонентам относятся устройство компенсации температуры холодных спаев термопары, сигнализация обрыва термопары и др. Примером таких АЦП могут служить АЦП AD595, AD571 и AD7550 фирмы **Analog Devices**, ADC0800 фирмы **National Semiconductors** и др.

В многоканальных модулях аналогового ввода используются многоканальные АЦП с коммутацией (мультиплексированием) входных аналоговых сигналов на входе АЦП.

Важной функциональной характеристикой модуля является наличие гальванической развязки сигналов. Точность преобразования аналогового сигнала в цифровой код зависит от разрядности АЦП. Наиболее часто встречаются модули с разрядностью преобразования от 8 до 16 бит. Естественно, чем выше разрядность, тем ниже быстродействие АЦП.

Модули аналогового ввода/вывода обычно питаются от блока питания контроллера напряжением 12 ВDC или 24 ВDC , или $110/220\text{ ВAC}$. Потребляемая модулем мощность обычно составляет около 2 Вт. Некоторые модули обеспечивают питание токовой петли.

Входные аналоговые сигналы подаются на модуль через клеммную колодку, проходят через гальваническую развязку, мультиплексируются и преобразуются в цифровой код с помощью АЦП. Далее, после соответствующей обработки, сигнал поступает на

внутреннюю шину контроллера и обрабатывается процессором по заложенной программе.

Модуль аналогового вывода работает в обратной последовательности. Основным компонентом модуля аналогового вывода является цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Существуют ЦАП, основанные на методе параллельного суммирования токов или напряжений, пропорциональных весам разрядов преобразуемого цифрового кода. Эталонные токи или напряжения получают с помощью весовых резисторных сеток или резисторных делителей.

2.5.4 Коммуникационные модули

Коммуникационные модули предназначены для обмена данными между контроллером и внешними устройствами по вычислительным сетям передачи данных. Среди коммуникационных модулей находят применение коммуникационные модули локальных сетей CAN, DeviceNet, Profibus DP, Ethernet, сети GSM/GPRS и др., коммуникационные модули интерфейсов RS-232, RS-422/485.

Характеристиками коммуникационных модулей являются допустимая скорость обмена (бит/с), число обслуживаемых устройств обмена данными, количество портов ввода/вывода, напряжение гальванической изоляции, напряжение питания, диапазон рабочих температур и ряд других.

С целью недопущения снижения вычислительных ресурсов базового процессора, отвечающего за ввод/вывод, обработку информации и работу системы в целом, используется сетевой коммуникационный контроллер. В качестве коммуникационных контроллеров широко используются контроллеры фирмы Motorola MC68302, MC68360, MPC8xx/82xx [2.10-2.13].

В состав коммуникационного контроллера фирмы Motorola входят модуль центрального процессора CPU (Central Processor Unit), модуль системной интеграции SIM (System Integration Module) и модуль коммуникационного процессора (CPM — Communication Processor Module). В коммуникационных контроллерах серии MC68302, куда входят контроллеры MC68LC302/302V, MC68EN302 и др., используются 16-разрядные процессоры 68EC000, которые обладают малым энергопотреблением и невысокой стоимостью. Контроллеры серии MC68360 являются дальнейшим развитием серии MC68302 и обладают более высокой производительностью и расширенными функциональными возможностями. Контроллер имеет 32-разрядную шину данных и 32-разрядную шину адреса. В состав

коммуникационного контроллера серии MC68360 входит 32-разрядный процессор CPU32+ (33 МГц). Модуль системной интеграции SIM60 реализует интерфейс с системной шиной. В состав модуля входят генератор тактовых импульсов, контроллер динамического ОЗУ, блок тестирования и отладки и др., а также сторожевой таймер (watch-dog timer) и таймер прерываний. В состав модуля СРМ входят RISC-процессор, двухпортовое ОЗУ и большой набор периферийных устройств.

В коммуникационных контроллерах MPC8xx/82xx в качестве процессора используется 32-разрядный RISC-процессор Power PC со встроенными блоками кэш-памяти команд и данных. Коммуникационный процессор СРМ и блок SIM этих контроллеров обеспечивают повышенную скорость обмена данными (до 100 Мбит/с по протоколу Fast Ethernet) и более высокую производительность. Тактовая частота процессора — 80 МГц.

Серия MPC82xx является следующим поколением коммуникационных контроллеров на базе RISC-процессора Power PC, тактовая частота которых повышена до 200 МГц, увеличено число последовательных каналов в блоке СРМ, введен контроллер шины PCI.

Коммуникационные контроллеры MC68EN360/EN360V имеют интерфейсы RS-232, RS-485, Ethernet, флэш-память до 4 Мбайт, SRAM и др.

Корпус коммуникационного модуля выполнен из пластмассы или металла и крепится к стойке с помощью винтовых разъемов или специальной системы соединения, как правило, аналогичной системе крепления других модулей на стойку контроллера. Модуль также имеет разъем для подключения на внутреннюю шину контроллера.

Коммуникационный контроллер выполняет все необходимые операции по формированию прерываний, обмену данными по сети и по внутренней шине контроллера. Некоторые модули предназначены для соединения различных сетей; в этом случае контроллер выполняет операции по преобразованию протоколов.

Конфигурирование и программирование коммуникаций контроллера осуществляется с помощью специального программного обеспечения, обычно поставляемого фирмой-производителем вместе с контроллером.

2.5.5 Модули специального назначения

К числу специальных (функциональных) модулей относятся модули позиционирования, счетчики, модули взвешивания, модули часов реального времени и памяти, вычислительные, логические и

диагностические модули, модули энкодера, технического зрения, одно- и многоканальные модули барьеров искробезопасности, модули мезонинных плат, модули питания и др.

Модуль позиционирования используется при автоматизации процессов перемещения изделий в различных отраслях промышленности, будь то упаковка изделий, производство автомобилей, робототехника, складское хранение или движение товаров от начальной до конечной позиции. При увеличении степени автоматизации предприятий критической становится возможность координации работы различных перемещающих устройств, дистанционное изменение программ движения и получение информации о состоянии продукции. Оборудование для управления перемещением должно обеспечивать гибкость и высокую точность, что возможно только при использовании цифровых сервоустройств. Для обеспечения скорости и простоты связи, настройки и эксплуатации необходима интеграция устройств перемещения с контроллерами. В целом устройства для управления серводвижением включают контроллеры, приводы, двигатели и различную арматуру.

Модули позиционирования работают в следующих режимах:

102. установка скорости движения и торможения;
103. абсолютный пошаговый режим: координаты точек позиционирования задаются в виде абсолютных координат, сохраняемых в памяти в табличной форме;
104. относительный пошаговый режим: перемещение определяется пройденным путем;
105. режим контрольных точек: выполнение операций синхронизации при прохождении контрольных точек.

Модуль энкодера имеет один или несколько входов для приема сигналов от инкрементного энкодера (шифратора приращений) или от абсолютного энкодера. В качестве дополнительных функций модуля энкодера используются: измерение длительности и частоты импульсов, счет на базе счетчиков сигналов с дифференциальными или TTL-уровнями сигналов, измерение скорости и пр. Одной из важных характеристик модуля энкодера является максимально допустимая частота следования входных импульсов.

Модули технического зрения служат для обработки входных сигналов от телевизионных датчиков различного назначения. Это могут быть телевизионные камеры видеонаблюдения и охраны, контроля размеров изделий, телекамеры роботизированных технологических комплексов (РТК), телекамеры видеоконтроля

качества продукции, ее маркировки и упаковки на линиях упаковки и сортировки продукции и др.

Модули барьеров искробезопасности (искрозащиты) предназначены для гальванической развязки электротехнического оборудования, находящегося во взрывоопасной зоне, и электротехнических устройств, находящихся во взрывобезопасной зоне.

Модули мезонинных плат служат для повышения функциональных возможностей базовой платы и устанавливаются на базовой плате, используя ее источники питания. Мезонинные модули позволяют за счет компактности размещения достигнуть экономии габаритов модуля.

К модулям специального назначения также относятся модули компараторов, модули имитации для тестирования программ, модули декодирования и др.

2.6. Системы распределенного ввода/вывода и управления

Выбор распределенных систем ввода/вывода и управления обусловлен следующими соображениями:

106. Необходимость территориальной удаленности средств автоматизации из зон с высоким уровнем температуры, электромагнитного излучения и механических нагрузок.

107. Удаленность базового ПЛК от станции ввода/вывода при их связи по сети значительно сокращает затраты на кабельную продукцию, особенно в случае применения оптоволокон.

108. Процессор станции ввода/вывода, занятый преобразованием и обработкой входной информации, разгружает от этих функций центральный процессор, который сможет реализовать более сложные алгоритмы управления.

109. Модульность системы управления облегчает проектирование, монтаж, замену модулей и их эксплуатацию.

110. Модульность системы расширяет возможности масштабирования и модернизации системы ввода/вывода и управления, позволяет вводить в строй систему поэтапно.

111. Повышение надежности системы достигается за счет резервирования аппаратного обеспечения и приближения сигналов управления к объекту.

112. Быстрое интегрирование модульных систем ввода/вывода в общую информационную систему предприятия.

В табл. 2.39 представлены характеристики систем распределенного ввода/вывода и управления.

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

Таблица 2.39 Распределенные системы ввода/вывода и управления

№	Наименование	Число модулей в сегменте (корзине)	Число каналов в модуле	Интерфейсы	Степень защиты	Температура, °С	Отличительные особенности
1	ADAM серий 40xx, 41xx, 45xx, ADAM 6000, Advantech (Тайвань)	32	4, 8, 16	RS-485, Ethernet (ADAM 45xx, 6000)	IP20	-25...+75	ADAM 41xx — для жестких условий эксплуатации (-40...+85 °С)
2	i-7000, M-7000, ICP DAS (Тайвань)	256 (без репитера)	8, 16	RS-485	IP20	-25...+75	Двойной сторожевой таймер, i-7188EGD с поддержкой ISA-GRAB, X-серия мезонинных модулей
3	Bus Terminal, Beckhoff (Германия)	64 (через K-bus до 255)	2, 4, 8	Profibus DP, Interbus, CANopen DeviceNet, ControlNet, Modbus, RS-232, RS-485, Ethernet TCP/IP	OP20	0...+60	Ширина модуля 12,5 мм
4	I/O Phoenix Contact, Phoenix Contact (Япония)	63 (127 с повторителями)	8, 16, 32	Profibus, Ethernet, Interbus, ASI;	IP65/67	0...+60	Bluetooth (2,4 ГГц)
5	MELSEC ST, Mitsubishi Electric, Япония	32, 64, 128 и 256	4	Profibus DP, CC-Link, ASI, Melsec Net, RS-485	IP67	0...+55	Ширина модуля 12,5 мм. Скорость обмена 3...12 Мбод
6	Simatic ET 200S/ 200iS/ 200X/ 200co, Siemens (Германия)	64/32/7/8	2,4/2,4/2,4/8,16	Profibus DP	IP20/30/67/67	0...+55	ET200iS — для взрывоопасных зон
7	Momentum M1E (связь по Ethernet), Schneider Electric (Франция)	8192/ 8192 каналов ввода/вывода	4, 8, 16, 32	TCP/IP и Interbus-S; ModbusRTU (RS-485)	IP20	0...+60	Встроенные Web-страницы (5) ПО: Unity Pro и ProWORX 984 Ladder Logic по стандарту IEC 61131-3
8	SmartSlices, Omron (Япония)	1024 I/O		DeviceNet, Profibus DP, CompoBus/S	IP20		«Горячая» замена модулей; ПО: CX-Integrator ПЛК: CS1/CJ1
9	Genius	32	8, 16	Genius, Profibus DP, Interbus-S, RS-485	IP20	0...+60	Ударная нагрузка до 15 g. Составной модуль
10	FieldControl, GE Fanuc (США, Япония)	8	8, 16 (всего 128 каналов)	Genius, Profibus DP, Interbus-S	IP20	0...+60	Единое ПО VersaPro
11	Terminator I/O, Kooyo Electronics (Япония)	6 (корзина)	8, 16	Ethernet 10BaseT, Device NET, Modbus, Profibus DP	IP20	0...+60	Рекомендуемый базовый контроллер — DL205

Продолжение табл. 2.39

12	Flex Integra I/O (1793)	8	3, 4	Ethernet, ControlNet, RS-232/422/485 и Remote I/O	IP20	—	Работают с модулями Flex I/O и модулями 1793
13	Flex I/O (1794)	8 узлов/адаптер	2, 4, 8, 16	ControlNet, DeviceNet, Remote I/O, Ethernet	IP20	-20...+75	5 g при 10...500 Пз и ударным нагрузкам (30 g при 11 мс.) ПО: RSLogix 5000, RSView32-SPC, -Messenger, -Trend из SCADA-пакета RSView32
14	FLEX Logix	9 адаптеров по 8 модулей	4, 16	Ethernet, DeviceNet, ControlNet, RS-232/RS-485	IP20	-20...+75	Модуль GPS глобальной сети GPS
15	SLX 200, Rockwell Automation (США)	60 каналам AI/AO и 128 каналам DI/DO	8, 16	RS-232, RS-485 Ethernet			Время наработки на отказ – 500 000 часов, поканальная изоляция
16	Think I/O, Kontron (Германия)	модули ввода/вывода WAGO 750/ 753	2, 4, 8	Profibus DP, CAN-open, Modbus RS-232, Ethernet 10BaseT/ 100BaseTX	IP20	0...+60	ПО: CoDeSys (стандарт IEC 61131-3), пакет SOPH.I.A
17	WAGO I/O System, WAGO (Германия)	Число узлов в сети Profibus DP — 96; Interbus — 256; CAN — 110, 64 модуля на узел	2, 4, 8	Ethernet TCP/IP, ProfibusDP, Interbus, DeviceNet, CANopen, CC-Link, RS-232/RS-485	IP20	0...50	ПО: WAGO-I/O-PRO по стандарту IEC 61131-3
18	I/O System XI/ON, Möller GmbH (Германия)	72	8, 16	Profibus-DP, CAN-open, Device Net, INTERBUS	IP20		ПО: XSoft Professional
19	I/O System BL 67	—	2, 4, 8, 16	Profibus DP, DeviceNet, ModbusTCP, Profinet IO, EtherNet/IP, CANopen	IP67	-25...+85	ПО: I/O Assistant
20	Excom, Turck GmbH (Германия)	32 станции на 16 модулей	2, 4, 8	Profibus DP/PA	IP20	-20...+60	Связь с ПЛК по Profibus через искровывозащитный барьер
21	ioLogik 4000, МОХА, Тайвань	32	2, 4, 8, 16	Ethernet, RS-232/RS-485	IP20	-20...+60	ПО: ioAdmin
22	NI CompactDAQ, National Instruments, США	8-слотовое шасси (256 каналов)	4, 8, 16, 32	USB 2.0	IP20	-40...+70	Гальванизоляция 2300 VDC. ПО: DAQ Assistant
23	Fastwel I/O, Fastwel Inc. (Россия)	63	8, 16	RS-232, FBUS	IP20	-40...+85	ПО: CoDeSys

№	Наименование	Число модулей в сегменте (корзине)	Число каналов в модуле	Интерфейсы	Степень защиты	Температура, °С	Отличительные особенности
24	X67 System Be-R (США)	253	2, 4, 6, 8	RS-232, RS422/485, CANopen, DeviceNet, Ethernet, Profibus DP	IP67	0...+60	Монтаж на DIN-рейку, топология — шина
25	IS-RP1, Pepperl + Fuchs (Германия)	8 на сегмент	16	Profibus DP/PA, Modbus, ControlNet	IP20	-20...+70	Число сегментов:10 — FF, 31 — Profibus, Modbus.
26	Jet I/O 6500, Korenix (Германия)	—	4, 8, 14	Ethernet	IP31	—	Монтаж на DIN-рейку
27	RIO, Allen-Bradley (США)	До 32 шасси к одному master	—	Ethernet, ControlNet, RS-232/422	Ш320	—	—
28	IS1, ITC Electronics (Германия)	—	—	Modbus TCP	—	-20...+70	—
29	I/A Series RTU20, Foxboro, (США)	63	2, 4, 8, 16, 32	Modbus RTU	IP20	-25...+70	Резервирование ПЛЦ, АЦП, модулей
30	LV COOPER Crouse-Hinds/CEAG (США)	192 канала ввода/ вывода	4, 8	Modbus RTU, Profibus DP, HART	IP20	—	Работа во взрывоопасных зонах
31	TREI 5B-05 TREI GmbH (Германия)	255 (поддержка 6000 каналов)	2, 4, 8	Ethernet 10/100, Bluetooth, RS-232, RS-485	IP20	0...+60	Наработка на отказ 150000 часов, монтаж на DIN-рейку
32	Деконт, Деконт-Ех «ДЭП» (Россия)	—	4, 6, 8, 16, 64	RS-232, 2×RS-485, 4×SSI	IP20	-40...+70	Взрывозащищенная серия Деконт- Ех (2, 4, 8 каналов)
33	КРОСС500	32	4, 8, 16	RS-232, RS-485, Ethernet	IP20	0...+50	ОСРВ: OS-9
34	ТРАССА500, ЭЭИМ (Россия)	32	1, 2, 4	4×RS-485, 2× RS-232, 1× Ethernet	IP20	0...+50	ОСРВ: RTOS 32, ПО — ISaGRAF
35	MIRageN, «Модульные системы Торнадо» (Россия)	32 шасси I/O	8, 16, 24, 32	3×RS-485	IP20	0...+70	Монтаж на DIN-рейку
36	DCS-2000, ЗАО «Эмикон» (Россия)	32	10, 12, 14	RS-485	IP30	-20...+70	Питание 24 VDC
37	Smart-RTU, «РТСофт» (Россия)	—	4, 8, 16	Ethernet, CAN, RS-232	IP20	0...+50	ОС: Wind. NT Embedded; синхронизация от GPS

2.7. Методика выбора ПЛК

Выбор контроллеров для распределенной системы управления обусловлен большим числом разнородных факторов, зависящих прежде всего от того, является ли система вновь проектируемой или решаются задачи модернизации существующей системы. В последнем случае имеют значение факторы преемственности программно-аппаратных средств, квалификация обслуживающего персонала и службы ремонта, наличие сопроводительной документации и ее освоение, запас комплектующих, выявленные показатели надежности (наработка на отказ, срок службы, ремонтпригодность и др.).

При выборе контроллера для РСУ основной задачей является, естественно, наиболее полное удовлетворение технических требований на разработку РСУ (требования к информационным, управляющим и вспомогательным функциям, а также требования к техническому, программному, метрологическому и организационному обеспечению, требования к диагностике и техническому обслуживанию системы и др.).

Основные требования при выборе контроллера с учетом специфики производства и решаемых задач следующие:

113. Характеристики контроллера, соответствующие требованиям проекта или условиям существующего производства.

114. Выбор класса контроллера (моноблочный, модульный, PC-based, встраиваемый).
115. Соответствие контроллера международным стандартам (открытость ПЛК).
116. Наличие необходимых интерфейсов связи уровней иерархии системы.
117. Возможность визуализации данных (связь со SCADA-системами).
118. Наличие стандартных систем программирования и алгоритмов настройки параметров контроллера.
119. Показатели надежности контроллера (время наработки на отказ, возможности резервирования, «горячей замены», ремонтпригодность и др.).
120. Экономические показатели

- **Характеристики контроллера, соответствующие требованиям проекта или условиям существующего производства**

К наиболее важным характеристикам относятся параметры процессорного модуля (тип и быстродействие процессора, объем памяти и др.), наличие сопроцессора, время выполнения логической команды (инструкции), наличие сторожевого таймера, часов реального времени, число встроенных и наращиваемых входов/выходов, наличие в контроллере необходимого числа модулей ввода/вывода, специальных и коммуникационных модулей, среда программирования контроллера (удобство и простота программирования). Важным показателем контроллера является возможность резервирования контроллера, модулей и плат, диагностика состояния контроллера и другие факторы (светодиодная индикация каналов и режимов работы, наличие панели визуализации и клавиатуры, гальваническая изоляция по входам и выходам, степень защиты контроллера и др.).

- **Выбор класса контроллера (моноблочный, модульный, PC-based, встраиваемый)**

После расчета аналоговых и дискретных каналов ввода/вывода следует сделать выбор класса контроллера — моноблочный, модульный, PC-based или встраиваемый контроллер. Моноблочный контроллер, имеющий, как правило, небольшое число встроенных дискретных и аналоговых каналов ввода/вывода, может использоваться автономно или с модулями расширения в малых и средних по сложности системах управления. При выборе модульного контроллера обеспечивается большее число каналов ввода/вывода, повышается функциональность контроллера за счет дополнительных

функций, упрощается обслуживание контроллера, допускающее в ряде случаев «горячую» замену модулей и др. Модульность контроллера с использованием мезонинных модулей ввода/вывода по стандартам **Industry Pack** и **ModPack** и специальных модулей различного назначения является одной из тенденций развития контроллеров. При выборе PC-based контроллера значительно повышается многофункциональность контроллера за счет возможностей ПО, удобства программирования, снижается его стоимость. В случае модернизации существующей системы управления может быть рекомендована замена существующего контроллера на его новые модификации, которые, как правило, бывают полностью совместимы.

Выбор встраиваемого контроллера определяется IBM PC-совместимой архитектурой используемой рабочей станции с ОСПВ, а также необходимостью в достаточном обеспечении для решения сложных алгоритмов управления.

121. **Соответствие контроллера Международным стандартам**

Выбор контроллера, соответствующего Международным стандартам (открытость контроллера), означает соответствие стандарту качества ISO 9001, стандартам шинной архитектуры контроллера (VME, PCI, CompactPCI, PC/104 и др.), стандартным протоколам связи промышленных сетей (Profibus, Modbus, Interbus, CAN, Bit-bus и др.), стандартам связи с полевыми приборами (HART-протокол, AS-интерфейс, Fieldbus Foundation, RS-485 и др.), стандартам на ОСПВ (QNX, OS 9000, VxWorks и др.), стандартам на программное обеспечение контроллеров (IEC1131-3), стандартам на степень защиты корпуса (IEC 529), на габаритные размеры (IEC 297 — ^"-конструктивы, Евромеханика и IEC 917 — метрические конструктивы), на ударо- и вибропрочность (IEC 68-2) и др. В ряде случаев допускается соответствие отдельных показателей (например, габаритных размеров, показателей электропитания и др.) отраслевым стандартам (ТУ ГОСТ). В случае использования разработок на территории России необходимы сертификаты соответствия Госстандарта России на соответствие требованиям ГОСТ и разрешение Госгортехнадзора на применение в составе систем автоматизации на поднадзорных объектах.

122. **Наличие необходимых интерфейсов связи уровней иерархии системы**

В интегрированной системе управления информация о работе систем управления на полевого и контроллерном уровнях должна быть доступна на диспетчерском и административном уровнях иерархии

системы. Эту связь обеспечивают различные интерфейсы связи, среди которых получают наибольшее распространение интерфейсы Ethernet и Industrial Ethernet. Интерфейс Ethernet обеспечивает высокую скорость передачи данных, низкую стоимость и поддерживается подавляющим большинством производителей программного и аппаратного обеспечения. Через сеть Ethernet серверы и операторские станции верхнего уровня управления предприятием получают непосредственный доступ к данным параметров технологического процесса. При наличии SCADA-системы, установленной на операторской станции, используется клиент-серверная архитектура связи, при которой SCADA-клиент получает прямой доступ к данным процесса с помощью OPC-сервера. Использование протокола Ethernet Modbus/ TCP позволяет легко интегрировать контроллеры со SCADA-системами, поддерживающими протокол Modbus (без необходимости дополнительного драйвера для контроллера). Дальнейшим развитием связи контроллеров с удаленными операторскими станциями является использование сети Internet и GSM технологии.

123. Возможность визуализации данных (связь со SCADA-системами)

Практически любая современная система контроля (мониторинга) и управления требует визуализации данных о процессе в режиме реального времени. Представление данных о ходе технологического процесса в виде таблиц, графиков и мнемосхем, а также сигнализация отклонений параметров от заданных значений осуществляется с помощью SCADA-систем с OPC-сервером. Наличие у ряда PC-based контроллеров встроенной SCADA-системы (например, Trace Mode и MasterSCADA) позволяет значительно ускорить процесс настройки проекта и повысить эффективность представления информации, снизить затраты на приобретение SCADA-системы и коммуникационных интерфейсов. К таким контроллерам относятся российские контроллеры Р130 ТМ, Ломиконт ТМ, Лагуна, Теконик и др. В случае применения контроллеров др. марок следует сформулировать условия выбора той или иной SCADA-системы, о чем будет сказано в гл. 2 раздела 2.

124. Наличие стандартных систем программирования и алгоритмов настройки параметров контроллера

Наличие стандартных систем программирования контроллера, таких как ISa- GRAF, STEP7, CoDeSys, FP Win и др., позволяют ускорить процесс ввода в эксплуатацию систем регулирования и упростить процесс обслуживания системы, особенно в случае автоматизации

малоизученных объектов управления. Крайне важно наличие у контроллера режима автонастройки параметров ПИД-регулятора — коэффициента усиления и постоянной времени интегрирования T_i (постоянная времени дифференцирования T_d , как правило, устанавливается программно в соотношении с полученным значением времени интегрирования $T_d = T_i/4.5$). Известен ряд методик определения параметров настройки ПИД-регулятора от классических до оригинальных, некоторые из которых рассмотрены в гл. 3 раздела 1. Известны режимы настройки параметров адаптивных регуляторов и др. алгоритмов управления, реализуемых, как правило, на программном уровне.

125. Показатели надежности контроллера (время наработки на отказ, возможности резервирования, «горячей замены», ремонтпригодность и др.)

К показателям надежности относятся время наработки на отказ (желательно иметь 100 тыс. часов и более), срок службы (10 лет и более), ремонтпригодность (возможность легкой замены модулей, блоков). Повышение надежности и точности достигается за счет средств диагностики, прогнозирования отказов, режимов безударного переключения, «горячего» резервирования, гальванической развязки, дублирования и троирования аппаратных средств, рестарта ПО и другими методами.

126. Экономические показатели

К экономическим показателям при выборе контроллера относятся цена контроллера и программного обеспечения, стоимость сопровождения в течение жизненного цикла контроллера, затраты на обучение и обслуживание и др. Экономические затраты складываются из стоимости контроллера, затрат на кабельную продукцию, а в случае беспроводной связи с контроллером — стоимости приемо-передающих устройств и программного обеспечения. Следует учитывать затраты на обучение, модернизацию и сопровождение в течение всего жизненного цикла контроллера.

При проектировании распределенных систем управления с большим числом каналов ввода/вывода применяется методика тендерных торгов для оптимального выбора аппаратных средств и программного обеспечения.

Рядом фирм предлагается упрощенная методика выбора контроллеров. В качестве примера ниже рассматривается **методика выбора контроллера фирмы Allen-Bradley**.

Для системы распределенного управления фирма **Allen-Bradley** производит контроллеры FlexLogix. В состав системы, помимо контроллера, входят модули ввода/вывода FLEX I/O, коммуникационная плата 1788 для связи с сетью ControlNet (устанавливается непосредственно в контроллер) и программное обеспечение RSLogix5000.

Выбор модели контроллера и модулей ввода/вывода осуществляется в несколько шагов (этапов).

Шаг 1. Определение числа каналов ввода/вывода и выбор модуля

Ниже приведена табл. 2.40 характеристик выбранных устройств ввода/вывода.

Таблица 2.40. Характеристики устройств ввода/вывода

Тип сигнала	Параметры сигнала	Количество точек ввода/вывода	Количество точек ввода/вывода на модуль	Количество модулей	Тип модуля
Дискретный вход	24 VDC	43	16	3	1794-IB16
Дискретный вход	120 VAC	48	8	6	1794-IA8
Дискретный выход	24 VDC	15	16	1	1794-OB16
Дискретный выход	«СК»	5	8	1	1794-OW8
Дискретный выход	129 VAC	25	8	4	1794-OA8
Аналоговый вход	4...20 mA	6	4	2	1794-IF41
Аналоговый вход	0...10 В	2	4	0	1794-IF1
Аналоговый выход	4...20 mA	4	4	1	1794-OF41

Шаг 2. Компоновка системы (определение конфигурации системы)

На этом этапе выбирается расположение контроллера (по месту, в щите и т. д.), использование центрального контроллера или системы удаленного ввода/вывода. Контроллер FlexLogix поддерживает 8 локальных модулей ввода/вывода (на локальной DIN-рейке), 8 модулей ввода/вывода в локальном расширении (на DIN-рейке локального расширения) и 16 удаленных модулей ввода/вывода по сети ControlNet.

Для локального расширения требуется адаптер локального расширения 1794-FLA, для удаленного ввода/вывода по сети ControlNet — адаптер сети ControlNet (1794-ACN15 или -ACNR15 в зависимости от типа модулей ввода/вывода).

Шаг 3. Определение объема памяти контроллера

Расчет объема памяти производится исходя из числа точек ввода/вывода и времени, необходимого на обработку одного сигнала. Объем памяти для дискретной точки ввода/вывода — 400 байт, аналоговой — 2600 байт, одного коммуникационного модуля — 5000,

для выполнения одной задачи — 4000 байт. Итого в примере — 12000 байт.

Определим число дискретных точек ввода/вывода: $43 + 48 + 25 + 15 + 5 = 136$; число аналоговых точек ввода/вывода: $6 + 2 + 4 = 12$; число коммуникационных плат — одна плата 1788 — CNC.

Таким образом, необходимая величина памяти контроллера равна:

127. задачи контроллера: $2 \times 4000 = 8000$ байт;

128. дискретные точки ввода/вывода: $136 \times 400 = 54400$ байт;

129. аналоговые точки ввода/вывода: $12 \times 2600 = 31200$ байт;

130. коммуникационные модули: $2 \times 5000 = 10\,000$.

Всего — 103 600 байт (101,17 кбайт). Фирмой **Allen Bradley** выпускаются контроллеры 1794-L33 с объемом памяти 64 кбайт и 1794-L34 с объемом памяти 512 кбайт. С учетом требуемого объема памяти выбран контроллер 1794-L34.

Шаг 4. Выбор необходимого числа DIN-реек

Общее число модулей (см. шаг 1) составляет 18. На локальной рейке (вместе с контроллером) можно разместить 8 модулей и до 8 модулей — на рейке локального расширения. При этом можно разделить 8 модулей ввода/вывода, находящихся на одной рейке, на две части, соединив их кабелем 1794-CE1 или 1794-CE3. В нашем примере потребуется одна локальная DIN-рейка для 8 модулей и две DIN-рейки локального расширения на 6 и 4 модуля. Для связи контроллера, находящегося на локальной рейке, с адаптером 1794-FLA, находящимся на рейке локального расширения, также используется кабель 1794-CE1 или 1794-CE3.

Шаг 5. Выбор источника питания.

Для выбора источника питания необходимо вычислить общую потребляемую мощность контроллера и модулей ввода/вывода. Для примера рассчитаем потребляемую мощность контроллера и модулей ввода/вывода, размещенных на локальной рейке. На этой рейке разместим контроллер, четыре модуля дискретного ввода 1794-IA8 и четыре модуля дискретного вывода 1794-OA8 (табл. 2.41).

Таблица 2.41. Расчет потребляемой мощности

Тип устройства	Номинальный ток, мА	Потребляемая мощность, Вт	Количество устройств	Общая потребляемая мощность, Вт
ПЛК 1794-L34	640	21,1	1	21,1
Модуль 1794-IA8	7,1	4,5	4	18,0
Модуль 1794-OA8	2,25	4,1	4	16,4
Общая потребляемая мощность — 55,5 Вт				

Выпускаемый фирмой **Allen-Bradley** источник питания для контроллеров FLEX типа 1794-PS13 рассчитан на максимальную мощность 36 Вт. Поэтому выбираем два источника 1794-PS13.

Шаг 6. Проверка связей контроллера с модулями ввода/вывода (определение числа соединений).

Определим число соединений с учетом следующих нормативов: число соединений локальной рейки (соединение типа Рэк) — 1; число соединений рейки локального расширения — 1; модуль ввода/вывода — 1. Если модули 1794-IA8 (4 шт.) и 1794-OA8 (4 шт.) находятся вместе с ПЛК 1794-L34 на локальной рейке, то используется одно соединение. Для рейки локального расширения с адаптером 1794-FLA и модулями 1794-IA8 (2 шт.), 1794-IB16 (3 шт.), 1794-OB16 (1 шт.) используется одно соединение. Для удаленной рейки по сети ControlNet с адаптером 1794-ACN15 (1 шт.), включающей модуль 1794-OW8 (1 шт.), 1794-IF41 (2 шт.) и 1794-OF41 (1 шт.) число соединений равно 5, т.к. каждый удаленный модуль и адаптер требуют одного соединения. Таким образом, общее число соединений примера — 10.

Для передачи и приема данных (тегов) необходимы следующие соединения: производимый тег (тег, передаваемый одним контроллером другим контроллерам) для одного потребителя — 1 соединение; при n потребителей и t тегов число соединений равно $t \cdot n$. Кроме того, учитывается число соединений, равное числу сообщений. Предположим, что на передачу данных требуется 22 соединения (6 — производимые теги, 4 — потребляемые теги, 12 — сообщения). Тогда общее число соединений составит $22 + 10 = 32$ соединения.

Шаг 7. Выбор программного обеспечения

Выбор ПО определяется выбором контроллера, коммуникационных плат, рабочей станции и панели оператора. Выбранное ПО сведено в табл. 2.42

Таблица 2.42. Программное обеспечение.

Тип устройства	Программное обеспечение	Тип, серия для заказа	Примечание
Контроллер FlexLogix 1794	RSLogix 5000	Серия 9324	Работает под управление Windows NT
Коммуникационная плата ControlNet 1788-CNC, -CNCR	RSNetWorx для ControlNet (поставляется с RSLogix 5000)	9324-RLD300 NXENE	
Коммуникационная плата в рабочей станции	RSLink (поставляется с RSLogix 5000)	9324	—
Рабочая станция	RSView32	9301	—
Панель оператора PanelView	Пакет программирования PanelBuilder	9301 2711-ND3 или -ND1	—

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ 3.5.5. ОБОРУДОВАНИЕ И КОМПОНЕНТЫ РСУ

ВОПРОСЫ

1. Щитовое оборудование.
2. Промышленные компьютеры.
3. Локальные микропроцессорные регуляторы.
4. Технические характеристики оборудования и компонентов РСУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Харазов В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами. – СПб.: Профессия, 2009. – 592 с. (269-352).

1. Щитовое оборудование

3.2. Щитовое оборудование

3.2.1 Щиты и пульта

Щиты (шкафы) предназначены для размещения приборов, регуляторов, пускорегулирующей, коммутационной и сигнальной аппаратуры и других средств автоматизации, а также для удобства размещения, обслуживания и защиты от тепловых, электромагнитных и механических воздействий щитовых приборов.

Основные принципы проектирования современных шкафов управления:

131. Модульность: полностью сборный шкаф, включающий каркас (состоит из 4-х стоек, закрепленных к верхней и нижней рамам), заднюю и боковые панели, переднюю дверь (стальная или из закаленного стекла), верхнюю панель и цоколь. В зависимости от заказа шкафы могут иметь заднюю и (или) боковую дверь.

132. Термостатирование: устройство теплообмена, состоящее из терморегулятора с системой вентиляции и (или) обогрева шкафа.

133. Унифицированные монтажные, установочные и крепежные изделия (монтажные платы, вертикальные и горизонтальные рейки, кронштейны, закладные гайки, петли, дверные ограничители, платы кабельного ввода, замки и ручки).

Классификация шкафов управления:

Стандартный напольный шкаф по спецификации западных фирм SAREL, RITTAL, SCHROFF и др. (рис. 3.1).

134. Высота 1200 мм (ширина 600 и 800 мм; глубина 600 и 800 мм).

- 135. Высота 1600 мм (ширина 600 и 800 мм; глубина 600 и 800 мм).
- 136. Высота 1800 мм (ширина 600, 800 и 1000 мм; глубина 400, 500, 600 и 800 мм).
- 137. Высота 1800 мм (ширина 1000 мм; глубина 400 и 600 мм).
- 138. Высота 1800 мм (ширина 1200 мм; глубина 400, 500 и 600 мм).
- 139. Высота 2000 мм (ширина 400 мм; глубина 500 и 600 мм).
- 140. Высота 2000 мм (ширина 600,800,1000 и 1200 мм; глубина 400, 500,600 и 800 мм).
- 141. Высота 2200 мм (ширина 600, 800 и 1200 мм; глубина 600 и 800 мм).

Щиты по спецификации заводов-изготовителей РФ (рис. 3.2)

142. Щит шкафной с правой дверью (ЩШ-ПД). Высота 2200 мм (ширина 600 и 1000 мм; глубина 800,1000 и 1200 мм).

143. Щит шкафной с левой дверью (ЩШ-ЛД). Высота 2200 мм (ширина 600 и 1000 мм; глубина 800,1000 и 1200 мм).

Щит шкафной с задней дверью (ЩШ-ЗД). Высота 2200 мм (ширина 600,800, 1000 и 1200 мм; глубина 600 и 800 мм).



Рис. 3.1

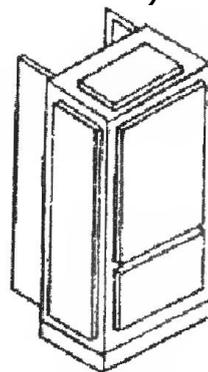


Рис. 3.2

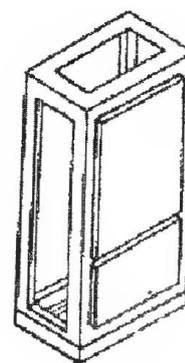


Рис. 3.3

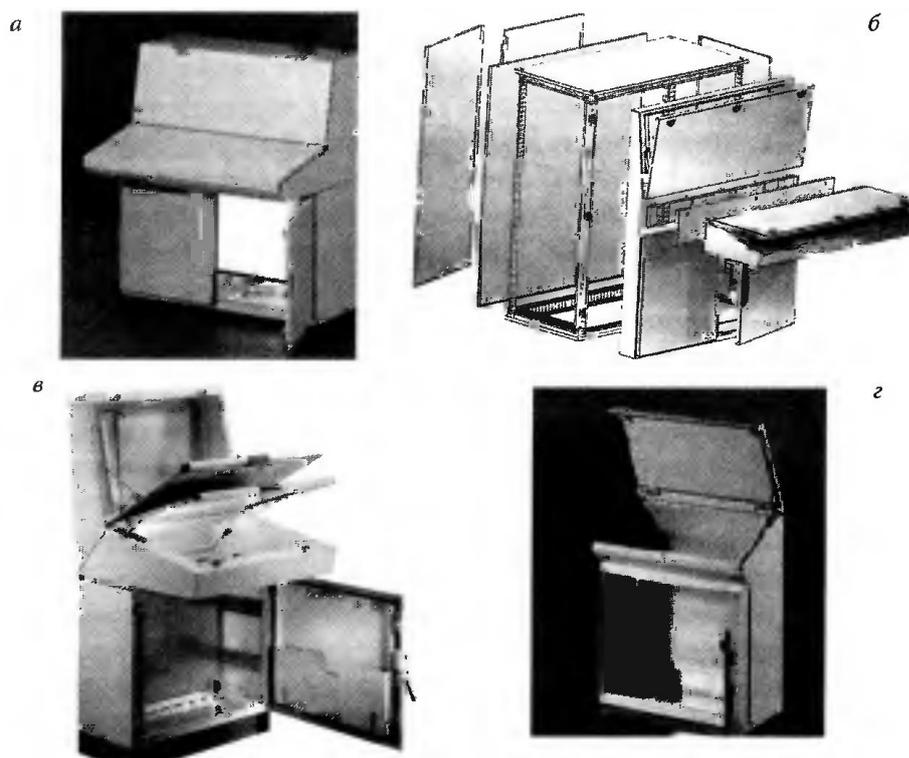


Рис. 3.4

144. Щит шкафной с задней дверью, открытый с двух сторон (ЩШ-ЗД-02). Высота 2200 мм (ширина 600, 800, 1000 и 1200 мм; глубина 600 и 800 мм).

145. Щит шкафной с задней дверью, открытый справа (ЩШ-ЗД-ОП). Высота 2200 мм (ширина 600, 1000 и 1200 мм; глубина 600 и 800 мм).

146. Щит шкафной с задней дверью, открытый слева (ЩШ-ЗД-ОЛ). Высота 2200 мм (ширина 600, 1000 и 1200 мм; глубина 600 и 800 мм).

147. Щит шкафной с передней и задней дверью (ЩШ-ПЗД). Высота 2200 мм (ширина 600, 800, 1000 и 1200 мм; глубина 600 и 800 мм).

148. Щит шкафной с передней и задней дверью (ЩШ-ПЗД). Высота 1800 мм (ширина 600, 800, 1000 и 1200 мм; глубина 400 и 600 мм).

149. Щит шкафной малогабаритный с передней (задней) дверью (ЩШМ). Высота 400, 600, 1000 и 1400 мм (ширина 300, 400, 600 и 800 мм; глубина 250, 350, 500 и 600 мм).

Панельные и секционные щиты по спецификации заводов-изготовителей РФ (рис. 3.3)

150. Щит панельный с каркасом (ЩПК). Высота 2200 мм (ширина 600, 800 и 1000 мм; глубина 600 мм).

151. Щит панельный малогабаритный (ЩПМ). Высота 400 (ширина 300 мм; глубина 600 мм); высота 600 мм (ширина 400 мм; глубина 600 мм), высота 1000 мм (ширина 600 и 800 мм; глубина 600 мм).

Секционный щит (состоит из 2, 3 и более секций). Высота 2280 мм (ширина секций 600, 800 и 1000 мм). Каждая секция имеет помимо

базовой панели также панель вспомогательную (ПнВ) шириной 600, 800 и 1000 мм, панель вспомогательную с дверью (ПнВ-Д) шириной 1000 мм, панель декоративную (ПнД) шириной 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600 и 1800 мм, панели торцевые левую и правую (ПнТ-Л и ПнТ-П) шириной 600 мм. Высота декоративных панелей 600, 800 и 1000 мм, остальных — 2280 мм.

Пульты (панели) управления по спецификации западных фирм SAREL, RITTAL, SCHROFF, ETA и др.

Полностью сборный пульт управления с откидной верхней панелью или пульт управления, состоящий из основания, консоли (столешницы) с откидной панелью и верхней части с откидной передней панелью показан на рис. 3.4. Откидные панели обеспечивают удобство монтажа и обслуживания установленного оборудования, пускорегулирующей и сигнальной аппаратуры. Высота пульта 1400 мм, ширина 1200, 1400 и 1600 мм, глубина 600 и 800 мм. На рис. 3.4, **в** показан пульт фирмы RITTAL «TopPult».

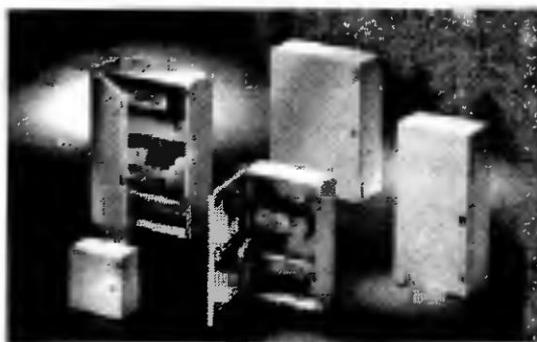


Рис. 3.5

Стандартный настенный шкаф (рис. 3.5):

- 152. высота 300 мм (ширина 200, 300 и 400 мм; глубина 150 и 200 мм);
- 153. высота 400 мм (ширина 300, 400 и 600 мм; глубина 150, 200 и 250 мм);
- 154. высота 600 мм (ширина 400 и 600 мм; глубина 200, 250, 300 и 400 мм);
- 155. высота 800 мм (ширина 600 и 800 мм; глубина 250 и 300 мм);
- 156. высота 1000 мм (ширина 600, 800 и 1000 мм; глубина 250, 300 и 400 мм);
- 157. высота 1200 мм (ширина 800 и 1000 мм; глубина 300 и 400 мм).

К принадлежностям настенных шкафов относятся монтажные платы, рейки, платы кабельного ввода, замки, приборы освещения, терморегуляторы и др.

Пульты отдельно стоящие и приставные по спецификации заводов-изготовителей РФ

158. Пульт (П). Высота 900 мм (ширина 600, 800, 1000 и 1200 мм; глубина 600 и 800 мм).
159. Пульт приставной (ПП). Высота 900 мм (ширина 600, 800, 1000 и 1200 мм; глубина 400 и 600 мм).
160. Пульт приставной правый (ПП-П). Высота 900 мм (ширина 600, 800, 1000 и 1200 мм; глубина 400 и 600 мм).
161. Пульт приставной левый (ПП-Л). Высота 900 мм (ширина 600, 800, 1000 и 1200 мм; глубина 400 и 600 мм).
162. Пульт с вертикальной приборной приставкой (ПВП). Высота 1600 мм (ширина 600, 800, 1000 и 1200 мм; глубина 1200 мм).
163. Пульт с наклонной приборной приставкой (ПНП). Высота 1200 мм (ширина 600, 800, 1000 и 1200 мм; глубина 1200 мм).

Основные характеристики шкафов и пультов К ним относят:

164. Габариты и исполнение шкафа.
165. Степень защиты шкафа IP и IK (IP— степень защиты от проникновения твердых тел и воды, диапазон от IP11 до IP68; IK— степень защиты от внешних механических ударов; диапазон— от IK01 до IK10). Большинство шкафов имеют степень защиты IP50...IP66 и IK08...IK10.

Материал корпуса. Используются стальной лист толщиной 1,5...2,0 мм (нержавеющая сталь). Для настенных шкафов используются (помимо стального листа) следующие материалы: ударостойкий фибергласс, поликарбонат и ABS. Настенные шкафы из фибергласса, поликарбоната и ABS используются в производствах с агрессивными средами (гальваника, нефтепереработка, другие химические производства). Для герметизации корпусов используются прокладки из полиуретана. Температурный диапазон при эксплуатации корпусов из поликарбоната от -50 до +130 °С, из ABS от -40 до +70 °С.

166. Цвет покрытия шкафа. Цвет должен соответствовать стандарту МЭК (RAL 7032, RAL 7035, RAL 2000 и др). Основные цвета: серый, светло-серый, светло-голубой, серебристый и черный (для цоколя и рамы).

Термостатирование шкафа

Средства термостатирования должны обеспечить постоянную температуру и влажность внутри шкафа при колебаниях наружной температуры и влажности. Встроенный внутрь термостат управляет врезными вентиляторами и нагревателями. Как правило, поток воздуха распространяется снизу вверх с помощью расположенных внизу шкафа 19"-нагнетателей и выходит через щели в верхней пане-

ли шкафа. Блок 19'-нагнетателей, состоящих из 3 вентиляторов, имеет высоту Ш, 2U или 3U. Для фильтрации воздуха, проходящего через приточные и вытяжные отверстия, применяются фильтры из синтетического волокна [3.16].

На рис. 3.6 показаны блок врезных вентиляторов (рис. 3.6, *a*) и система воздуховода фирмы **Rittal** (рис. 3.6, *б*). Также используется замкнутая система вентиляции, при которой воздух циркулирует внутри шкафа без выхода наружу.

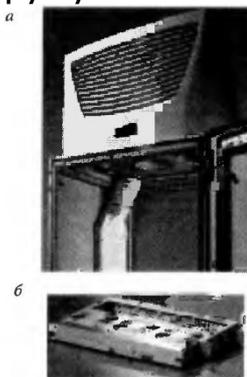


Рис. 3.6

Шкафы и пульта для АСУ ТП должны соответствовать стандарту МЭК 60439-1, ГОСТ Р 51321.1-2000, ГОСТ 10985-80 и др. Согласно СПДС (Система Проектной Документации для Строительства), ГОСТ 21.101 (Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов) и ГОСТ 21.408-93 исходными материалами для проектирования щитов и пультов являются рабочие чертежи проекта — схемы автоматизации, чертежи фасадов и схемы внутренних соединений щитов и пультов, принципиальные электрические и пневматические схемы, таблицы соединений и подключений внешних проводок и чертежи установок средств автоматизации.

В целом, выбор шкафов и пультов определяется следующими условиями:

167. функциональное назначение проекта (контроль, сигнализация, управление, мониторинг процесса и др.);
168. количество средств автоматизации и их габариты, размещаемые на передних панелях, поворотной раме и внутри шкафа или пульта;
169. удобство монтажа, обслуживания и ремонта;
170. допустимые площади размещения шкафов или пультов;
171. правила техники безопасности в части расстояний между шкафами и оборудованием, а также проходов для обслуживания;

172. климатические условия в месте установки шкафа или пульта (температура, влажность, процентное содержание вредных примесей...);
173. возможные электромагнитные и механические воздействия на шкафы и пульты.

3.2.2 Низковольтная аппаратура

К низковольтной аппаратуре принято относить низковольтные коммутационные изделия (реле, пускатели, кнопки и кнопочные посты, переключатели, автоматические выключатели, устройства пусковые и др.), а также светосигнальную арматуру (сигнальные лампы, световые табло, светосигнальные колонны). Низковольтная аппаратура применяется в электрических цепях с напряжением до 1000 В (в основном с напряжением 220/230/240, 380/400, 600/690 **VAC** и 12, 24, 48, 110 **VDC**).

Реле. Реле подразделяются на промежуточные реле, реле времени, реле контроля тока, напряжения, температуры, реле защиты электродвигателей (от обрыва фаз, к.з., перегрузки по току, перегрева) и др. Основное внимание ниже отводится промежуточным реле, широко используемым в щитовом оборудовании. Характеристики др. типов реле указаны в каталогах отечественных производителей реле (ООО «Реле и автоматика», ОАО «Завод Электропульт», ОАО «Кашинский завод электроаппаратуры», ООО «Элефант» и др.), а также в каталогах зарубежных фирм (**FINDER, Rockwell/ Allen Bradley, Omron, Relco** и др.).

Основными характеристиками промежуточных реле являются: напряжение питания, число и тип контактов, максимально допустимый ток через контакты реле (максимальное напряжение переключения), наличие/отсутствие индикации включения/отключения, габариты, вид монтажа (печатная плата или розетка), число циклов срабатывания при полной нагрузке, время срабатывания, напряжение изоляции между обмоткой и контактами, допустимая температура окружающей среды, степень защиты по МЭК и др.

Напряжение питания постоянного тока (по исполнениям) у промежуточных реле составляет: 6, 9, 12, 15, 24, 27, 48, 60, 110, 220 **VDC** (реже используются 5, 80, 125 **VDQ**). Напряжение питания переменного тока (по исполнениям) составляет: 6, 12, 24, 36, 40, 48, 60, 110, 127, 220, 380 **VAC** (реже используется 550 и 660 **VDC**). Напряжение питания реле, устанавливаемых на печатные платы, составляет: 5, 6, 7, 9, 12, 14, 18, 21, 24, 28, 36, 48, 60, 90, 100 **VDC**.

Контакты реле делятся на замыкающие (НО, NO), размыкающие (НЗ, NC) и переключающие (П, CO). Число контактов составляет (по исполнениям реле) от 1 до 8. Наибольшее применение в схемах автоматизации находят реле с переключающими контактами (до 4П).

Коммутируемое напряжение постоянного и переменного тока для большинства отечественных реле составляет 12 (24).. 250 В (для реле серий РПЛ, РЭВ от 24 до 660 В). Максимальное коммутируемое напряжение реле зарубежных фирм составляет 250 В и 400 В. Механический ресурс реле (число циклов срабатывания) составляет для различных типов промежуточных реле от $10 \cdot 10^6$ до $50 \cdot 10^6$. Для некоторых реле зарубежных фирм при заказе оговаривается материал контакта и контакт AgSnO_2 и др.). Время срабатывания/возврата контактных групп составляет порядка 10 мс. Напряжение изоляции между обмоткой и контактами составляет от 2000 до 4000 VAC.

Для удобства эксплуатации при замене реле используются розетки для установки (монтажа) на DIN-рейку, панель или печатную плату. На рис. 3.7 показано реле, состоящее из вставного блока серии 55.34 и розетки серии 94 фирмы **FINDER**.

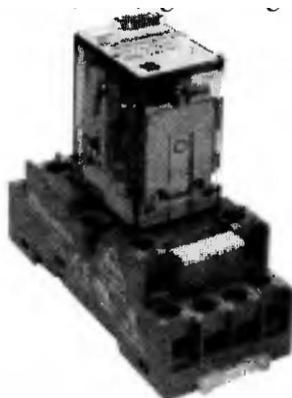


Рис. 3.7

Диапазон рабочих температур отечественных реле составляет от $\sim(20 \dots 45^\circ\text{C})$ до $+(40 \dots 55^\circ\text{C})$. Для реле западных фирм этот диапазон составляет от -40 до $+70^\circ\text{C}$ ($+85^\circ\text{C}$).

В табл. 3.1 (с. 333) приведены основные характеристики промежуточных реле.

Электромагнитные пускатели. Пускатели представляют собой силовые реле и применяются в схемах управления (пуска) электродвигателей приводов, вентиляторов, включения/отключения нагревателей и другого силового оборудования путем непосредственного подключения к сети. При наличии электротепловых реле пускатели осуществляют защиту

электродвигателя от перегрузки (диапазон регулирования номинального тока несрабатывания составляет от 0,1...0,14 до 90...125 А и более в зависимости от типа теплового реле).

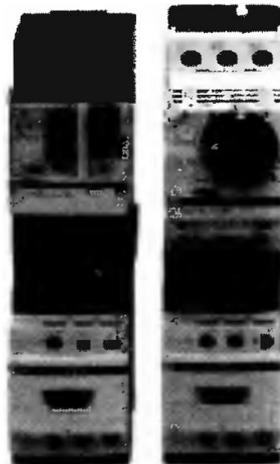


Рис. 3.8

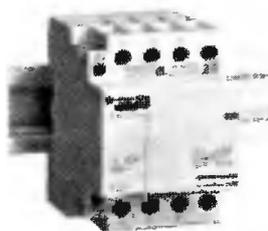


Рис. 3.9

Напряжение питания катушек отечественных пускателей при частоте 50 Гц составляет: 24, 36,40,48,110,127,220, 230, 240, 380,400,415, 500 и 660 **VAC**. При частоте 60 Гц напряжение составляет 24, 36, 48, 110, 220, 380, 415,440 **VAC**.

Пускатели подразделяют по назначению на реверсивные и нереверсивные, а также по наличию или отсутствию теплового реле. К характеристикам пускателя также относят число и тип контактов, степень защиты (IP), класс износостойкости, климатическое исполнение и др.

Среди отечественных пускателей можно отметить ПМ12 (исполнение ПМ12- 010xxx, -025xxx, -040xxx, -063xxx, -125xxx). Исполнение ПМ12-010 имеет 3 главных контакта НО и 2 вспомогательных контакта (1НО, 1НЗ). Исполнение ПМ12-025 имеет число вспомогательных контактов (НО и НЗ) от 2 до 10 и т. д.

Пускатели серии ПМЕ-200 (ПМЕ-211, -212, -213, -214, -221, -222) применяются для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей мощностью 11 кВт и более при напряжении до 660 **VAC** (ПМЕ-213 и ПМЕ-214). Номинальное

напряжение питания катушек пускателя составляет 24,36,42,48,110,127,220,380 и 500 **VAC**. Исполнение пускателей по номинальному току тепловых реле РТТ-1:5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25 А. Число главных контактов — 3НО, число вспомогательных контактов от 1НО (ПМЕ-211) до 4НО+4НЗ (ПМЕ-214).

Пускатели ПМА-3000 на номинальный ток до 40А выпускаются на напряжение питания катушек: 24,36,40,42,48,110,127, 220,230,240, 380,400,415 440,500 и 660В. Пускатели используются с тепловыми реле РТТ-211.

В табл. 3.2 (с. 334) приведены характеристики трехполюсных электротепловых токовых реле с температурной компенсацией ОАО «Кашинский завод электроаппаратуры».

Модульные пускатели зарубежных фирм (**ABB, Schneider Electric** и др.) состоят из 2...3-х элементов, к которым относятся автоматический выключатель, рубильник с предохранителем, контактор, электронное реле перегрузки, вспомогательные контакты, элементы механической блокировки и др.

На рис. 3.8 представлен пускатель с контактором фирмы **Schneider Electric**.

Фирма **ABB** выпускает трехполюсные контакторы на мощность от 4 кВт (9 А) до 400 кВт (750 А) при напряжении 400 **VAC** и от 4 кВт (7 А) до 400 кВт (700 А) при напряжении 690 В. Также выпускаются 4-х полюсные контакторы на ток от 25 А до 125 А. При заказе следует указать типоряд контактора, номинальный ток, количество главных (силовых) и вспомогательных контактов.

Фирма **Schneider Electric** производит 4-полюсные пускатели на 400 **VAC серии** LC1- Kxx на мощность от 0,37 кВт (6 А) до 900 кВт (1800 А). Другая серия пускателей фирмы— LC1-СТ контакторы. Модульные контакторы серии СТ (рис. 3.9) коммутируют токи до 100 А (напряжение 230.. 240 **VAC**). Количество полюсов (от 1 до 4) достигается компоновкой модулей шириной 9 мм. Однополюсный контактор состоит из двух модулей, имеет 1НО контакт, номинальный ток 25 А. 2-полюсный контактор СЕ в зависимости от номинального тока от 16 до 100 А состоит из 2,4 или 6 модулей и имеет 2 НО контакта. 3-х полюсный контактор состоит из 4-х или 6-ти модулей на ток 25, 40 или 63 **VAC**, имеет 3 НО или 2 НО+1 НЗ контактов. 4-полюсный контактор состоит из 4 или 6 модулей (25 А или 63 А), или 12 модулей (100 А). Число контактов: 4 НО, 4 НЗ или 2 НО+2 НЗ. Выпускается серия 2-, 3- и 4-полюсных контакторов серии СТ с ручным управлением. Эти контакторы позволяют вручную коммутировать цепи

до 63 А. При этом они оборудованы переключателем на 3 положения: автоматический пуск, ручной пуск и удержание, останов. Для контакторов серии СТ выпускаются вспомогательные устройства: вспомогательные контакты (НО+НЗ), реле времени (выдержка при включении, подача напряжения на определенное время и др.), модуль подачи командного импульса длительностью 250 мс, модуль ограничения напряжения в цепи управления и др.

Кнопки и кнопочные посты

Кнопки управления характеризуются следующими основными показателями:

174. с фиксацией или без фиксации (с пружинным возвратом);
175. тип и число контактов (НО, НЗ) в контактной группе;
176. с подсветкой или без подсветки;
177. размеры, форма и цвет кнопки;
178. ток и напряжение коммутации;
179. тип подключения (под винт, пайка, разъем и т. д.);
180. кнопка аварийного останова с фиксацией, кнопка «под ключ»;

Кнопки зарубежных фирм с целью унификации элементов выпускаются составными в виде двух модулей (непосредственно кнопка и контактная группа), а в случае кнопки с подсветкой в виде трех модулей (модуль светодиода, контактная группа, кнопка). Также выпускаются кнопки с подсветкой и без подсветки в сборе. В случае подсветки кнопки напряжение питания составляет 12...24 **VDC**, 48...120 **VAC**, 230... 240 **VAC**. Ресурс кнопок составляет порядка 10-10⁶ циклов. На рис. 3.10 показана составная кнопка с подсветкой типа XB6 DW 3B5B фирмы **Schneider Electric**.

Кнопочные посты управления в сборе применяются для установки «по месту» (вне щита) и состоят из одной, двух («пуск» и «стоп»), трех кнопок или из двух кнопок и сигнальной лампы.



Рис. 3.10



Рис. 3.11

В табл. 3.3 (с. 335) приведены основные характеристики кнопок и кнопочных постов.

Переключатели

Аналогично кнопкам переключатели, используемые в системах управления, могут быть как составными (ручка переключателя и контактный блок, а при наличии подсветки также блок светодиода), так и в сборе (рис. 3.11).

Основные характеристики переключателей:

181. число положений: 2-, 3-и 4-позиционные;
182. наличие или отсутствие фиксации;
183. тип и количество контактов контактного блока;
184. наличие или отсутствие подсветки;
185. тип переключающего устройства (ручка, ключ);
186. цвет ручки переключателя;
187. габаритные размеры и др.

В табл. 3.4 приведены характеристики ряда переключателей фирм ***Schneider Electric*** и ***Rockwell Automation/Allen Bradley***.

Сигнальная арматура

Промышленностью РФ выпускается сигнальная арматура различных типов: АЕ, АМЕ, АС-1201, АС-220, АСЛ, АВР, АСКМ и др. с лампами серии КМ, ТЛ, неоновыми и лампами накаливания на напряжения 24 ***VDC***, 220/380 ***VAC***.

Однако, в связи с ограниченным ресурсом этих ламп (ресурс ламп накаливания составляет около 3000 ч, неоновых — 20000 ч) в промышленности находят применение светодиодные сигнальные лампы серии СКЛ. Ресурс светодиодных ламп от 25000 до 100000 ч. К достоинствам светодиодных ламп также относятся малое потребление, высокая ударо- и вибропрочность, малое тепловыделение, высокая цветовая эффективность и малые габариты. С учетом замены лампы серии СКЛ выпускаются в конструктивном исполнении, с цветом свечения, типом цоколя в соответствии с заменяемыми сигнальными арматурами. СКЛ выпускаются 3-х цветов: красный, зеленый, желтый. По заказу выпускаются светодиодные лампы белого, синего и оранжевого цветов.

На рис. 3.12 приведен общий вид светодиодной лампы СКЛ-12.



Рис. 3.12



Рис. 3.13

В табл. 3.5 приведены характеристики отечественных светосигнальных ламп.

Сигнальные блоки подразделяются на блоки постоянного свечения и блоки со вспышкой. Сигнальный блок состоит из базового блока и 1...5-ти светосигнальных блоков (цвет, линзы по заказу) или одного звукового блока (рис. 3.13).

В табл. 3.6 приведены характеристики светодиодных сигнальных ламп, сигнальных блоков и светосигнальных колонн зарубежных фирм.

Для отображения световой буквенно-цифровой предупредительной и аварийной сигнализации, а также с целью повышения информативности сигнала на лицевых панелях щитов устанавливаются световые табло. В табл. 3.7 (с. 338) приведены характеристики световых табло ОАО «Завод Электропульт».

Автоматические выключатели

Автоматические выключатели предназначены для питания и защиты от перегрузок и коротких замыканий электрических цепей с потребителями различного назначения, в том числе для пуска и останова электродвигателей (рис. 3.14).

Основные характеристики автоматических выключателей:

188. число полюсов;
189. номинальный ток, А;
190. номинальное напряжение, В;
191. минимальное рабочее напряжение, В;
192. отключающая способность, кА;
193. число допустимых циклов срабатывания;
194. время срабатывания, мс;

- 195. наличие подсветки;
- 196. габаритные размеры, мм и др.

Минимальное время срабатывания требуется при токе короткого замыкания, возникающем при коротком замыкании фазного и заземленного нулевого проводников. Ток перегрузки, который является следствием подключения к сети слишком большого числа потребителей, также требует быстрого отключения от сети. Токи утечки (порядка 30 мА при прямом контакте и 300 мА при косвенном контакте), возникающие при нарушении изоляции или контакте с токоведущими частями электрооборудования, вызывают срабатывание дифференциальных автоматических выключателей (рис. 3.15).

В табл. 3.8 (с. 338) приведены основные технические характеристики отечественных и зарубежных автоматических выключателей.

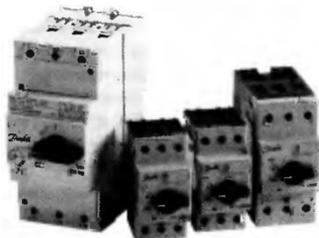


Рис. 3.14



Рис. 3.15

3.3. Промышленные компьютеры (ПК)

3.3.1 Архитектура и отличительные особенности ПК

Промышленный компьютер (ПК) представляет собой PC-совместимую платформу специального исполнения, которое гарантирует повышенную надежность в жестких условиях промышленной эксплуатации. К таким неблагоприятным производственным условиям относятся повышенные температура и влажность, наличие вибраций и ударов, запыленность и задымленность помещений, наличие электропроводящих частиц (графитовая и угольная пыль) и др.

Архитектура ПК отличается от архитектуры офисных компьютеров наличием сторожевого таймера, энергонезависимой памяти, дополнительными интерфейсами и конструктивным исполнением.

Сторожевой таймер — это устройство, выполняющее автоматическую перезагрузку ПК или вырабатывающее немаскируемое прерывание при зависании (сбое) программы. В сторожевой таймер записывается значение определенного интервала времени, и таймер производит обратный отсчет. При нормальной работе программа

периодически восстанавливает исходное значение интервала времени, и таймер не успевает обнулиться. В случае сбоя программы, когда она перестает обращаться к таймеру, последний обнуляется, и происходит прерывание или перезагрузка операционной системы. Время перезагрузки может составлять от 1 до 250 с.

Энергонезависимая память — участок памяти с быстрым доступом, практически без ограничений по числу циклов перезаписи, и сохраняющий информацию при отключении питания. Эта статическая память, объем которой в современных ПК непрерывно возрастает, используется для хранения наиболее важной информации.

Современные твердотельные накопители (флэш-диски) имеют время произвольного доступа менее 0,1 мс, скорость обмена до 16 Мбайт/с, число циклов перезаписи до 1 млн, встроенную функцию EDC/ECC (коррекция ошибок), время наработки на отказ не менее 1 млн часов. Емкость твердотельных накопителей немного уступает емкости накопителей на жестких магнитных дисках (НЖМД).

Конструктивные особенности ПК призваны обеспечить надежную работу ПК в широком диапазоне температур, защиту от атмосферных и механических внешних воздействий, возможность круглосуточной работы в цеховых условиях, низкий уровень излучения и помех, возможность расширения и интеграции с системой управления, удобство обслуживания и др.

Современные ПК способны работать в диапазоне температур от 0 до +50 °С, а отдельные ПК от -10 до +60°С (нижний предел обусловлен качеством изображения ЖК мониторов, а верхний — допустимой рабочей температурой процессоров). Предельная влажность окружающей среды ПК составляет 95%. Для предотвращения перегрева ПК оснащены вентиляторами и сигнализатором температуры в зоне процессоров.

Защита от воздействий окружающей среды согласно международному стандарту IEC 529 указывается в паспорте на ПК. Как правило, степень защиты по лицевой панели для операторских ПК соответствует IP65 (полная защита от пыли и струй воды, выбрасываемых с произвольного направления). Такая защита обеспечивается пленочным исполнением клавиатуры передней панели ПК, наличием сенсорного экрана, герметизацией стыков с помощью резиновых уплотнений. При необходимости защиты не только передней панели, но и всего корпуса ПК последний должен устанавливаться в герметичный шкаф управления с системой терморегулирования (например, фирм **Schroff**, **Rittal** и др.)

Существуют ПК полностью герметичные (без вентиляторов и вентиляционных отверстий в корпусе), с малым энергопотреблением и естественным охлаждением с отводом тепла в окружающую среду через корпус.

Защита от электромагнитных помех и низкий уровень излучения обеспечивается выбором материала корпуса — специальных сортов стали и лицевой панели (алюминий). Излучение снижается при применении жидкокристаллических мониторов.

Способность ПК противостоять вибрационным и ударным нагрузкам обеспечивается рядом Конструктивных решений, а именно:

197. многоточечное крепление сменных плат;
198. амортизирующее (антивибрационное) крепление жесткого диска;
199. использование твердотельных накопителей (флэш-дисков) и процессоров с низким энергопотреблением и не нуждающихся в охлаждении вентиляторами. Высокая надежность ПК обеспечивается надежностью отдельных элементов, и резервированием, мерами повышения долговечности отдельных узлов ПК. Так, в ПК используются резервированные блоки питания с возможностью «горячей замены» (без выключения ПК), резервированные накопители на жестких дисках с RAID- массивами (хранение информации одновременно на нескольких носителях), пылеулавливающие фильтры и др. Корпус ПК, выполненный из стали толщиной до 1,25 мм, дополнительно усилен ребрами жесткости, имеет запирающуюся переднюю крышку, закрывающую доступ к отсекам накопителей, тумблерам и кнопкам, портам USB и др., что способствует повышению надежности функционирования ПК. Взрывозащищенные ПК имеют взрывозащищенные ЖК дисплеи, клавиатуру и мышь, соединенные вместе с помощью волоконно-оптических кабелей.

Возможность расширения является важной характеристикой ПК, поскольку позволяет в одном корпусе дополнительно устанавливать различные платы ввода/вывода, контроллеры, коммуникационные модули и др. Для этого используются многослотовые (до 20 слотов) высоконадежные объединительные платы. На системной шине ПК могут функционировать различное число плат формата ISA и PCI. Так, системная шина ISA допускает установку до 18 плат, для расширения шины PCI используются активные объединительные платы с дополнительными мостами. Объединительная плата за счет сегментации системной шины позволяет устанавливать на ней разные процессорные платы, так что на одной плате может быть установлено

до 4 автономных компьютеров. Все это увеличивает функциональные возможности современных ПК.

Поскольку процессорная плата, установленная в один из слотов объединительной платы, может быть легко заменена без традиционной и трудоемкой разборки компьютера, что характерно для офисного компьютера, ремонт и обслуживание ПК существенно упрощаются.

Промышленные компьютеры выпускаются в различных формфакторах: формате PICMG (PCI+ISA), PCI, ISA, AT и др., полного или половинного размера, поддерживают различные системные шины (ISA, PCI, CompactPCI, MicroPCI). В ПК находят применение процессоры Intel, AMD, IBM, Motorola и ряд др. В качестве мониторов ПК используются жидкокристаллические мониторы, имеющие по сравнению с мониторами на ЭЛТ ряд неоспоримых преимуществ, в том числе малое энергопотребление, нечувствительность к внешним электромагнитным полям и низкий уровень электромагнитного излучения, безвредность для глаз человека, меньшие габариты и вес и др. К недостаткам следует отнести несколько худшую цветопередачу, большую стоимость. Угол обзора современных ЖК-дисплеев в ПК составляет 160... 170 градусов, размер экрана от 5,7" до 32", наработка на отказ до 100000 ч.

В зависимости от условий применения выпускаются ПК следующих классов.

Рабочая станция (WS — Workstation)

Рабочая станция (рис. 3.16) имеет:



Рис. 3.16

- встроенный ЖК монитор;

Отличительные характеристики ПК класса Rack PC:

200. тип процессоров: Pentium 4, Pentium III, Celeron D и др;

201. число слотов расширения: (3...12)xPCI, (1...8)xISA;

202. оперативная память: 128... 1024 МБ;

203. допустимая рабочая температура: 0...60°C.

Остальные характеристики приведены в табл. 3.9 (с. 340).

BoxPC

VoxPC (рис. 3.19) — промышленные компьютеры блочного (компактного) исполнения, устанавливаемые внутри щитов и пультов, на стене, в коммутационных шкафах или непосредственно на оборудовании. За счет малых габаритов эти ПК занимают ограниченное пространство. В классе VoxPC выпускаются различные «бортовые вычислители» или спецЭВМ для установки в составе бортовых систем управления на наземном, морском и воздушном транспорте. Эти ПК работают при температурах от - 40 до +65°C (иногда и более), при вибрациях до 10 g (20...2000 Гц), при одиночных ударах до 100 **g** и более и многократных ударах до 20 **g**. За счет высокой герметичности эти ПК работают при влажности воздуха до 100% и пониженном атмосферном давлении до 5 мм рт. ст. На рис. 3.19 показан VoxPC типа UNO-2176 фирмы **Advantech**. Отличительные характеристики ПК класса VoxPC:

204. тип процессоров: Pentium 4, Pentium III, Celeron D;

205. процессорная плата: PICMG, ISA, PCI, ATX;

206. оперативная память: 128Мбайт...1 Гбайт;

207. твердотельный диск: СотраПФлэш, DiskOnChip;

208. число слотов расширения: (1...3)хISA, (3...7)хPC1;

Остальные характеристики приведены в табл. 3.9

TowerPC

TowerPC (рис. 3.20) — ПК настольного исполнения для установки на столах в операторских помещениях и пунктах управления. Эти ПК также могут использоваться в качестве серверов или рабочих станций. Отличительные характеристики ПК класса TowerPC:

209. тип процессоров: Pentium, Celeron, PowerPC и др.;

210. процессорная плата: PICMG;

211. число слотов расширения: (2...4)хISA, (4...6)хPC1;

212. оперативная память: от 512 МБ.

Остальные характеристики приведены в табл. 3.9.

Переносные ПК (серия «mobile» или «portable»)

Переносные ПК представляют собой портативную переносную рабочую станцию (рис. 3.21). ПК имеет встроенный TFT ЖК-дисплей с изменяющимся углом наклона

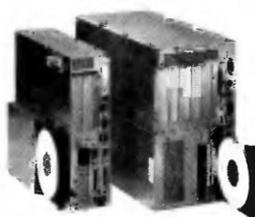


Рис. 3.19



Рис. 3.20



Рис. 3.21

размером 12,1"или 14,1 "по диагонали (разрешение 1024x768 точек). Предназначен для работы в полевых условиях, на удаленном объекте и др., где невозможно или затруднено применение обычных ПК.

Отличительные характеристики переносных ПК:

213. тип процессора Pentium 4, Celeron D;

214. число слотов расширения: 8xISA, 4xISA/PCI;

215. оперативная память: 256 Мбайт...2 Гбайт;

216. откидная полнофункциональная клавиатура с манипулятором Touch Pad.

Остальные характеристики приведены в табл. 3.9.

Промышленный планшетный компьютер

Промышленный планшетный компьютер (рис. 3.22) предназначен для эксплуатации в качестве носимого (вес 2 кг) средства сбора, обработки и отображения информации (ОС Windows 2000/XP, Linux) в полевых условиях и в промышленных цехах с повышенной влажностью воздуха, конденсатом, пылью, пониженным давлением, пониженной или повышенной температурой, при наличии радиочастотных и электромагнитных полей. Планшетный ПК (270x197x46 мм) оснащен восемью программируемыми клавишами (кнопками) управления и может быть оперативно установлен в транспортное средство с помощью специального кронштейна и выполняет функции как бортового, так и носимого компьютера. Жесткий диск установлен в съемный модуль с применением специальных амортизаторов.



Рис. 3.22

ПК сохраняет работоспособность в условиях сильных радиочастотных электромагнитных полей напряженностью до 30 В/м и частотой до 4000 МГц, а также магнитных полей промышленной частоты напряженностью до 1000 А/м. Корпус изделия выполнен путем литья из алюминий-магниевого сплава, что обеспечивает высокую стойкость к внешним механическим воздействиям (вибрация и удары).

Все разъемы изделия снабжены резиновыми заглушками для обеспечения защиты от влаги и пыли. Ввод информации и управление

осуществляются главным образом с помощью сенсорного экрана и восьми функциональных клавиш, которые могут быть запрограммированы на вызов необходимых прикладных программ. Возможно подключение внешней промышленной клавиатуры через порт USB. ПК оснащен аккумуляторной батареей, обеспечивающей автономную работу в течение от 2 до 4 часов.

Планшетный ПК имеет порты ввода/вывода: RS-232C, USB 2.0, LAN (опция), COM-порт, металлический байонетный разъем электропитания, два слота PCMCIA типа II (опция). Через COM-порт может быть подключен расширитель портов, на котором имеются четыре USB 2.0 (два из них с нестандартными разъемами), два RS-232C, LAN, Modem, VGA, Mic-in, Audio-out.

Промышленный карманный компьютер

Промышленный защищенный карманный компьютер (рис. 3.23) предназначен для эксплуатации в качестве навигационного устройства (в комплекте с GPS- приемником и навигационным программным комплексом), а также в качестве носимого (вес 450 г) средства сбора, обработки и просмотра информации (ОС Windows Net 4.2, Microsoft Windows Mobile 2003) в полевых условиях и промышленных цехах с повышенной влажностью воздуха, пылью, пониженным давлением, повышенной температурой, в условиях вибраций и ударных нагрузок, а также в качестве бортового компьютера в транспортных средствах.

Так, сверхмалые габариты промышленного карманного компьютера «Кулон» НПО «Техника-сервис» (90x150x33, мм) и масса (450 г) устройства обеспечивают высокий уровень мобильности и доступности вычислительных ресурсов. Карманный компьютер имеет разрешение экрана VGA (640x480, 256 цветов) и позволяет отображать большой, по сравнению с другими карманными компьютерами, объем информации. Это дает дополнительные преимущества при использовании устройства для навигации, работы с электронными таблицами и Интернетом.



Рис. 3.23

Карманный компьютер «Кулон» имеет слот РСМСІА, последовательный порт RS-232, выведенный на внешний разъем DB-9 на корпусе изделия, и USB 1.1, что дает возможность подключения широкого спектра периферийного оборудования (внешних накопителей, ЦАП/АЦП и т. д.), оснащенного драйверами под соответствующие операционные системы. Компьютер оснащен штатным аккумулятором высокой емкости (1800 мА-ч), обеспечивающим длительность автономной работы изделия до 13 ч (в зависимости от яркости подсветки и ресурсоемкости приложений). На переднюю панель выведена клавиша включения/выключения беспроводного интерфейса, для удобства использования и экономии заряда батареи (продление срока автономной работы). Корпус изделия выполнен путем литья из алюминий-магниевого сплава, что обеспечивает высокую стойкость к внешним механическим воздействиям, таким как вибрации и удары. Все разъемы компьютера защищены резиновыми заглушками для обеспечения их защиты от влаги и пыли. Ввод информации и управление осуществляется с помощью сенсорного экрана и четырех функциональных клавиш, которые могут быть запрограммированы на вызов отдельных баз данных, программных средств и пр. Возможно подключение внешней промышленной USB-клавиатуры. Компьютер комплектуется станцией для связи с любым компьютером, оснащенным шиной USB 1.1.

3.3.2 Технические характеристики промышленных компьютеров

В табл. 3.9 приведены технические характеристики представительных моделей (типов) ПК ряда фирм, необходимых для выбора ПК в соответствии с требованиями конкретного производства. Отсутствующие в ряде ячеек таблицы данные (тип процессора, HDD и др.) при заказе ПК выбираются пользователем. Ряд характеристик, присущих базовым конфигурациям, опущены, так как являются общими для ПК. К таким характеристикам относятся:

217. операционная система: в ПК используются ОС Microsoft Windows 98/2000/NT7

XP/XP Embedded/CE.NET, MS DOS 6.22;

218. материнская плата: ASUS компании **ASUS**;

219. дисковод FDD 1,44 Мбайт предустановлен;

220. накопитель CD/DVD предустановлен;

221. органы управления на передней панели: клавиши питания, RESET, индикаторы

питания, разъемы клавиатуры, мыши и др.



Рис. 3.24

Отдельные классы ПК имеют конструктивные особенности. Так, к особенностям корпуса Box PC относятся дополнительные планки для крепления ПК в шкафу, на стене и пр. Корпуса RACK PC, WS и др. имеют антивибрационное крепление плат и жестких дисков, дверцы с ключом для ограничения доступа к кнопкам управления и дисководам.

Блоки питания ПК обладают высокой надежностью и долговечностью, поддерживают PFC-функцию (Power Factor Correction — режим коррекции напряжения питания), защиту от перенапряжений и коротких замыканий по выходу (при повышении выходного напряжения часть нагрузки отключается, а при коротком замыкании отключается весь блок питания). Кроме того, блоки питания имеют тепловую защиту: при повышении температуры до 90...110°C блок питания отключается.

Система резервирования питания ПК предусматривает размещение в корзине от 2 до 4 блоков питания с функцией «горячей» замены. При этом общая нагрузка равномерно распределена по блокам питания так, что каждый из блоков нагружен на 50% мощности (при двух блоках) или на 1/3 мощности (при трех блоках питания) и т. д. При выходе одного из блоков питания нагрузка автоматически перераспределяется на оставшиеся работоспособные блоки питания. Неисправный блок может быть заменен без остановки работы ПК. На рис. 3.24 показан общий вид блоков питания, а в табл. 3.11 (с. 347) приведены основные технические характеристики блоков питания фирмы **ICP Electronics**.

TFT ЖК-мониторы имеют различные размеры по диагонали и соответственно различное оптимальное разрешение изображения (табл. 3.13, с. 348).

Достоинства ЖК-дисплеев определяются их характеристиками:

222. частота развертки по горизонтали 30...97 кГц;
223. отсутствие мерцания, хорошая геометрия изображения;
224. низкое энергопотребление;
225. высокая стойкость к вибрациям и ударам;
226. отсутствие рентгеновского излучения;
227. высокие яркость и контрастность;

228. малые размеры и вес;
исполнения с сенсорным экраном.

3.3.3 Стандарты шин расширения

Промышленная шина расширения (expansion bus) прошла большой путь развития в направлении увеличения разрядности передаваемых данных, скорости обмена данными, конструктивных усовершенствований и стандартизации.

К первым промышленным шинам расширения относятся шины ISA, EISA, Mi- sгоPC. В начале 90-х годов разработаны шины PCI, CompactPCI, VME и др.

Шина расширения ISA (Industry Standard Architecture) является 8/16 разрядной шиной (16 бит данных и 24 бит адреса). Скорость передачи данных в зависимости от разрядности — 8/16 Мбайт/с. Тактовая частота — 8 МГц. Несмотря на низкую скорость обмена, шина имеет ряд достоинств, к которым относятся поддержка до 20 плат расширения. Также процессорные платы на шине ISA в 5.. .6 раз дешевле аналогичных плат на др. системных шинах. Шина ISA используется до настоящего времени при управлении процессами, где не требуется высокого быстродействия.

Шина расширения EISA (Extended Industry Standard Architecture) — расширенная ISA-шина, разработанная по инициативе фирмы **Compaq** в 1988 г. Это стандартизованная 32-разрядная синхронная шина с тактовой частотой 8 МГц. Максимальная скорость обмена в пакетном режиме (длина пакета 1024 байта) составляет 32 Мбайт/с. Допускается установка до 8 слотов и плат расширения.

Шина расширения PCI (Peripheral Component Interconnect — шина соединения периферийных компонентов)— разработана фирмой Intel в 1992 г. и представляет собой 32/64-разрядную синхронную, процессорно-независимую шину. Пропускная способность при тактовой частоте 33 МГц составляет 132 Мбайт/с (32-разрядная) и 264 Мбайт/с (64-разрядная). При тактовой частоте 66 МГц пропускная способность в 2 раза больше (264/528 Мбайт/с). Число слотов расширения — 4, число контактов коннектора — 188. Для подключения к шине более 4-х периферийных устройств используются мосты PCI (PCI Bridge). Две шины PCI соединяются одноранговым мостом. Для подключения др. шин (ISA, CompactPCI) используются специальные мосты. Увеличенное число шин расширения PCI используется в серверах баз данных. Шина PCI поддерживается организацией PCISIG (PCI Special Interest Group). Стандартная

спецификация шины - PCI v2.1. В 1995 г. для поддержки шины PCI создан консорциум PICMG (PCI Industrial Computer Manufactures Group).

Шина PCI-X создана для увеличения пропускной способности за счет повышения разрядности данных. Шина PCI-X является 64-разрядной шиной. При тактовой частоте 66 МГц пропускная способность составляет от 533 до 4356 Мбайт/с.

Шина Industrial PCI (IPCI) предложена в 1995 г. рядом европейских фирм. Допускает размещение на пассивной объединительной плате до 5 плат PCI в формате 3U или 6U.

Шина PCI+ISA предложена в 1995 г. консорциумом PICMG для интеграции плат ISA и PCI на пассивной объединительной плате. Число плат расширения — до 4.

Шина CompactPCI (CPCI) разработана фирмой **Intel** и консорциумом PICMG в 1995 г. для увеличения числа слотов расширения и размещения плат размером 3U и 6U. Стандарт шины — IEEE 1101.11. Тип шины CPCI — синхронная, мультиплексируемая, процессорно-независимая шина разрядностью 32/64. Пропускная способность шины соответственно 133/266 Мбайт/с. Тактовая частота 66 МГц. Число коннекторов на плате 3U — 1, на плате 6U — 2. Коннекторы — пятирядные 235-штырьковые с шагом между контактами 2 мм. За счет высокого качества системного разъема (стандарт МЭК 1076-4-101) удалось увеличить число слотов расширения по сравнению с шиной PCI с 4 до 8. Контакты цепей питания разъема удлиненные. При установке модуля в первую очередь подключается питание, а при выемке модуля питание сохраняется дольше, за счет чего облегчается «горячая» замена модуля. Для увеличения числа слотов до 20 используются мосты PCI. Спецификация CPCI использует процессоры Pentium, Alpha, Power PC, AMD и др. С процессорами Pentium используются ОС MS DOS, Windows 95/98/NT, OS/2, UNIX, Linux. С процессорами Power PC — ОС AIX, Solaris, MacOS и др. Наиболее популярными ОС жесткого реального времени являются ОС OS/2, QNX, VxWorks. Основными производителями компонентов CPCI являются фирмы **Motorola, DEC, Force, PEP Modular Computers, Inova Computers** и др. Предполагается, что шина CPCI в будущем заменит шину ISA.

Шина PXI (PCI extensions for Instrumentation) разработана фирмой **National Instruments** на базе шины CompactPCI и в тех же конструктивах. Представляет собой модульную инструментальную платформу для высококачественных измерений.

Шина VMEbus (Versa Module Eurocard bus) разработана группой компаний во главе с фирмой **Motorola**. Разрядность адреса шины — 16/32/64 бит, разрядность данных — 8/16/32/64 бит. Скорость передачи данных — 80 Мбайт/с. Шина поддерживает установку до 21 плат расширения. Стандарт шины — ANSI/VITA 1-1994.

Стандарты PCI 104 и PC/104 Plus разработаны для уменьшения габаритов и потребления энергии аппаратно-программным комплексом на шинах расширения ISA (PC/104) и PCI (PC/104 Plus). Стандарт МЭК — P996 1 Standard for Compact Embedded — PC Modules (стандарт для компактных PC-модулей). Стандарт ориентирован на встраиваемые системы, работающие в жестких условиях производства. Габариты плат уменьшен до размера 3,6"х3,8" (91,5х96,5 мм). Высота одного модуля — 24 мм, а два состыкованных модуля занимают высоту 2". Прочные и надежные штырьковые 40- и 64-контактные разъемы (общее число контактов 104) заменили стандартные ламельные разъемы PC. Стандарт PC/104 полностью совместим с 8/16 разрядной шиной ISA и отличается только типом коннектора и нагрузкой линий связи. Стандарт PC/104 Plus совместим с шиной PC1 и имеет дополнительный коннектор для шины PCI. Диапазон температур модулей в стандарте PC/104 и PC/104 Plus составляет -40...+85°C (в отдельных спецификациях -65...+125°C). В этих стандартах выпускаются интерфейсы Ethernet, ArcNet, CAN, Profibus, Interbus и др. Стандарт PC/104 поддерживается консорциумом PC/104, который объединяет около 50 фирм.

Формат MicroPC разработан фирмой **Octagon System**. Промышленные компьютеры, контроллеры и модули формата MicroPC применяются в диапазоне температур -40...+85°C, имеют уменьшенные размеры плат (124,5х114,3 мм). За счет 4-точечной системы креплений плат повышается механическая прочность изделий в формате MicroPC. Платы выдерживают вибрацию до 5 **g** и ударные нагрузки до 20 **g**. Нарботка на отказ плат MicroPC составляет до 200000 часов. Формат MicroPC полностью совместим с шиной ISA, а также используется с поддержкой шины PCI. Напряжение питания модулей формата MicroPC составляет 5 **VDC**.

3.3.4 Операционные системы реального времени (ОСРВ)

Операционная система (ОС) — Operating System (OS) — комплекс программ, обеспечивающих управление основными ресурсами вычислительной системы компьютера (процессора, оперативной памяти, периферийных устройств). ОС является основной частью системного программного обеспечения. К основным функциям

операционных систем относятся ведение файловой системы, распределение оперативной памяти, динамическая компоновка выполняемых программ, обработка прерываний, обеспечение многозадачной работы, взаимодействие с оператором, сетевое взаимодействие и другие функции.

Операционную систему составляют монитор, загрузчик, супервизор, планировщик и набор системных обслуживающих программ (утилит). При включении компьютера операционная система загружается в первую очередь и далее служит платформой и средой для дальнейшей работы компьютера.

Операционная система реального времени (ОСРВ), используемая в системах контроля и управления, имеет отличия от обычной ОС. По определению, данному Мартином Тиммерманом, система реального времени — это система, которая предсказуемо (в смысле времени реакции) реагирует на не предсказуемые (по времени появления) внешние события [3.17].

Таким образом, система работает в режиме реального времени, если ее быстродействие адекватно скорости протекания физических процессов в системе контроля или управления. При этом необходимо соотносить быстродействие контроллеров, работающих под этой ОСРВ, с различной периферией и другим оборудованием АСУТП.

Основными требованиями, предъявляемыми к системам реального времени, относятся: предсказуемость, возможность параллельного выполнения нескольких задач (многозадачность), возможность обеспечения механизма наследования приоритетов и безотказность работы в течение длительного времени.

Различают системы жесткого и мягкого реального времени. Системой жесткого реального времени (hard) называется система, неспособность которой обеспечить реакцию на внешние события в заданное (минимальное) время, квалифицируется как отказ.

К системам мягкого реального времени (soft) относят системы, не подпадающие в категорию жестких систем. Время реакции таких систем может быть несколько больше заданного.

К ОСРВ относятся следующие операционные системы: QNX, UNIX, RT Linux, Vx- Works, MS DOS, PC DOS, Windows NT, Windows CE.NET, OS-9, OS 2000, OS 5000, OS/2 и некоторые др. [3.18-3.22].

В настоящее время существует большое число ОС (более 100), которые классифицируются по следующим признакам:

229. по количеству пользователей, одновременно обслуживаемых системой, различают одно- и многопользовательские ОС;

230. по числу процессов, которые одновременно выполняются под управлением ОС: существуют одно- и многозадачные ОС (далее рассматриваются только многозадачные ОС);

231. по типу доступа пользователя к системе: системы с пакетной обработкой, системы с разделением времени и системы реального времени;

232. по типу аппаратно-программного комплекса: одно- и многопроцессорные ОС, сетевые ОС и распределенные ОС.

Далее рассматриваются наиболее известные ОСРВ.

Операционная система QNX (*QNX Software System*, Канада)

QNX представляет собой 16/32-разрядную операционную систему, которую пользователь может конфигурировать по своему усмотрению. Система QNX построена по технологии FLEET (Fault-tolerance — отказоустойчивая, Load-balancing — регулирующая нагрузку, Efficient — эффективная, Extensible — расширяемая, Transparent — прозрачная).

QNX соответствует требованиям стандарта POSIX (Portable Operating System Interface — интерфейс переносимых операционных систем). Она ориентирована на приложения реального времени и обеспечивает мультизадачность, приоритетную диспетчеризацию, быстрое переключение контекстов — все необходимые составляющие системы реального времени.

QNX является гибкой, эффективной, модульной и простой системой за счет двух фундаментальных принципов:

233. архитектуры типа микроядра;

234. связей между процессами, базирующихся на сообщениях.

QNX состоит из малого ядра (микроядра), управляющего группой взаимодействующих процессов. Размер ядра QNX — менее 8 кбайт. Оно предназначается только для двух существенных функций:

- передачи сообщений — ядро руководит маршрутизацией всех сообщений между всеми процессами во всей системе;

- диспетчеризации — диспетчер является частью ядра и вызывается всякий раз, когда процесс изменяет состояние в результате полученного сообщения или прерывания.

Управление всем сервисом QNX, за исключением предоставляемого ядром, производится как управление стандартными процессами QNX.

Архитектура QNX позволяет пользователю наращивать ОС собственными программами, чтобы обеспечить новый сервис.

Драйверы устройств являются процессами, которые избавляют операционную систему от специфики, требуемой для поддержки конкретного оборудования. Поскольку драйверы запускаются как стандартные процессы, добавление нового драйвера в QNX не влияет на другие части операционной системы. Единственное изменение, которое необходимо выполнить в окружении QNX, это запуск нового драйвера.

Операционная система QNX Neutrino RTOS

RTOS (Realtime Operating System) корпорации **QNX Software Systems** является микроядерной операционной системой, которая обеспечивает многозадачный режим с приоритетами и имеет клиент-серверную архитектуру. В среде QNX Neutrino каждый драйвер, приложение, протокол и файловая система выполняются в защищенном адресном пространстве вне ядра. В случае сбоя любого компонента он может автоматически перезапуститься без влияния на другие компоненты или ядро. Хотя система QNX является конфигурируемой, т. е. отдельные модули можно загружать статически или динамически, нельзя сказать, что она использует подход, основанный на компонентах. Все модули полагаются на базовое ядро и спроектированы таким образом, что не могут использоваться в других средах.

QNX Neutrino RTOS состоит из ядра, планировщика процессов (process manager) и расширенных сервисов на уровне пользователя. ОС реализует в ядре только наиболее фундаментальные сервисы, такие как передача сообщений, сигналы, таймеры, планирование потоков, объекты синхронизации. Все другие сервисы ОС, драйверы и приложения выполняются как отдельные процессы, которые взаимодействуют через синхронную передачу сообщений.

Планировщик процессов строится на базисе ядра и обеспечивает дополнительную семантику уровня процессов, управление памятью и путями доступа к файлам. Все другие компоненты: файловые системы, набор протоколов, очереди сообщений, приложения выполняются в защищенном адресном пространстве и являются расширенными сервисами. Взаимодействие компонентов осуществляется через передачу сообщений. Передача сообщений играет роль виртуальной «программной шины», которая позволяет оперативно динамически подгружать и отгружать любой компонент. Как следствие, любой модуль, даже драйвер устройства, может быть замещен или перезапущен оперативно, для чего в большинстве ОСРВ требуется

перезапуск системы. Сообщения передаются прозрачно через границы процессора, обеспечивая бесшовный доступ к любому ресурсу в сети.

Обладая вытесняющим микроядром и планировщиком с приоритетным обслуживанием, QNX Neutrino RTOS способна быстро и с высокой предсказуемостью реагировать на события реального времени.

QNX Neutrino RTOS имеет малые времена обработки прерываний, быстрое переключение контекстов. Инверсия приоритетов преодолевается с помощью распределенного наследования приоритетов. Упрощенное моделирование активностей реального времени проводится через синхронную передачу сообщений. Вложенные прерывания и фиксированная верхняя граница времени обработки прерывания гарантируют, что высокоприоритетные прерывания обрабатываются быстро с предсказуемым временем.

Операционная система UNIX

ОС UNIX является многопользовательской многозадачной операционной системой с разделением времени. Несмотря на многообразие версий UNIX, архитектура и основные интерфейсы системы достаточно жестко стандартизованы. Основной организацией, занимающейся выработкой стандартов для UNIX, является Open Group, возникшая в результате слияния X/Open и OSF в 1997 г. В операционной системе UNIX традиционно поддерживается классическая схема мультипрограммирования. Система имеет возможность параллельного выполнения нескольких пользовательских программ. Поскольку каждый процесс выполняется в собственной виртуальной памяти, процессы в системе защищены друг от друга.

В компьютерах с архитектурой SMP несколько процессоров имеют доступ к общей памяти через высокоскоростной общий интерфейс. Диспетчер процессов, обеспечивающий распределение ресурсов процессоров между процессами, использует кольцевой режим планирования (round robin). Основным смыслом такого планирования состоит в том, что время процессоров делится на кванты фиксированного размера, а процессоры, готовые к выполнению, выстраиваются в кольцевую очередь. Очевидно, что чем больше процессоров в системе, тем меньше процессов остается в очереди на исполнение, поскольку они распределяются на любые свободные в данный момент ЦПУ. Кроме того, в ОС UNIX был внедрен механизм легковесных процессов (light-weight processes) или нитей управления. Нити — это процессы, исполняющиеся в одной и той же виртуальной памяти обычного (обладающего виртуальной памятью)

процесса. Механизм нитей позволяет еще больше поднять эффективность работы SMP-систем, так как позволяет распараллеливать выполнение даже в рамках одного процесса. Синхронизация выполнения нитей достигается при помощи механизма замков (lock). Многопоточность помогает решить и другую проблему — обеспечение работы в режиме реального времени.

Большинство версий UNIX в настоящее время поддерживают мягкое реальное время (SCO, DEC UNIX, Reliant UNIX, IRIX, Solaris). Кроме того, существуют реализации UNIX-подобных систем с поддержкой жесткого реального времени (LYNX, QNX). Такие ОС широко используются для управления контроллерами, в системах сбора информации, для создания интерактивных систем ввода и т. д. К особенностям таких версий UNIX относятся чрезвычайно компактное ядро с возможностью размещения его в ПЗУ и отсутствие или запрещение выгрузки процессов во внешнюю память.

Сейчас большая часть операционных систем семейства UNIX является 64-разрядными, в отличие от Windows NT, остающейся по-прежнему 32-разрядной и существующей только на двух платформах — Intel и DEC Alpha, хотя изначально эта ОС задумывалась как многоплатформенная.

К важным свойствам ОС UNIX относятся ряд специальных черт, позволяющих автоматически переконфигурировать системы после выхода из строя отдельных компонентов, дублировать наиболее критические компоненты систем, производить автоматическую перезагрузку системы в случае ее краха (LAR-функции).

Практически все версии UNIX поддерживают высокий уровень масштабируемости для симметричных мультипроцессорных систем. Как правило, хорошая масштабируемость определяется как линейный рост производительности с увеличением числа процессоров. Однако это не всегда так, поскольку общая производительность, естественно, зависит от масштабируемости общесистемных интерфейсов (шин, коммутаторов), дисковой подсистемы и от подсистемы оперативной памяти и от других составляющих.

ОС UNIX широко используется для реализации кластерных решений. Как известно, под кластерами традиционно понимается объединение нескольких стандартных вычислительных систем (называемых узлами), используемых как единое целое для обеспечения доступа пользователей к приложениям, системным ресурсам и данным.

Кластерные решения обеспечивают высокий уровень надежности: при выходе из строя одного или даже нескольких узлов, работа приложения может быть продолжена на любых других узлах, входящих в состав кластера. При этом дополнительная нагрузка будет равномерно распределяться среди работающих узлов кластера. Второй важной задачей, решаемой при помощи кластерных технологий, является увеличение производительности путем добавления новых узлов и усиления существующих.

Интерфейс с командной строкой позволяет чрезвычайно просто и гибко с минимальными трудозатратами осуществлять администрирование сложных сетей и объектов операционной среды. Оболочки командной строки, входящей в состав Unix, поддерживают развитые языки сценариев, которые часто оказываются наиболее эффективным средством автоматизации сложных задач администрирования. Кроме того, администраторы и пользователи UNIX могут работать в системе через различные графические оконные интерфейсы, в том числе и через удобный стандартизованный интерфейс CDE (Common Desktop Environment).

В системе UNIX, как в многопользовательской среде, всегда большое внимание уделялось проблеме безопасности. Основные принципы и уровни безопасности для ОС UNIX разрабатываются на основе документа Национального центра компьютерной безопасности США (NCSC) «Критерии оценки надежных компьютерных систем», известного как «Оранжевая книга». Оранжевая книга определяет иерархию 4 уровней безопасности, каждый последующий из которых строже предыдущего.

Для большинства версий UNIX стандартным является уровень безопасности C2: управляемая защита доступа с требованием возможностей ревизии, защиты паролем, других средств контроля владения и использования ресурсов, строгого тестирования и документирования.

За время существования UNIX для этой операционной системы было написано огромное количество приложений. Объем программного обеспечения написанного для UNIX настолько велик, что уже сам по себе обеспечит этой ОС долгую жизнь. Для разных версий UNIX это количество к настоящему времени достигает более 10000. Только для Solaris фирмы **Sun Microsystems** ежемесячно появляется более 150 новых приложений.

ОС Linux и ОС RT-Linux

Базовая версия операционной системы Linux разрабатывалась на основе модели UNIX и задумывалась как ОС для настольных компьютеров. Таким образом, с программной точки зрения ОС Linux является UNIX-подобной операционной системой. Значительная часть ПО, написанного за последние два десятка лет для ОС UNIX, может без каких-либо изменений использоваться и в ОС Linux. В традиционных версиях ОС Linux для взаимодействия с оператором имеется алфавитно-цифровая консоль, позволяющая управлять загрузкой операционной системы, осуществлять ввод команд и контролировать работу ОС. Как и во всех версиях ОС UNIX, хранение и поиск постоянных данных и исполняемых программ осуществляется в ОС Linux средствами файловой системы. Различные устройства также представляются в виде специальных файлов. Реализованная на дисковых накопителях файловая система является неотъемлемой частью исполнительной среды ОС Linux.

По вышеприведенной классификации ОС Linux является многопользовательской многозадачной сетевой ОС. Количество одновременно исполняемых задач ограничиваются только объемом памяти и временными соотношениями между ними. ОС Linux поддерживает стандарты открытых систем и протоколы сети Internet. Все компоненты системы, включая исходные тексты, распространяются с лицензией на свободное копирование и установку для неограниченного числа пользователей.

Характерные особенности ОС Linux:

235. многозадачность (является обязательным условием) и многопользовательский режим;
236. защищенный режим процессора (386 protected mode);
237. защита памяти процесса — сбой программы не вызывает зависания системы;
238. экономная загрузка — Linux считывает с электронного диска только те части программы, которые используются для выполнения в данный момент времени;
239. виртуальная память со страничной организацией (т. е. на диск из памяти вытесняется не весь неактивный процесс, а только требуемая страница); объем виртуальной памяти до 3 Гбайт;
240. ОС и все программы работают каждый в своем виртуальном адресном пространстве, и таким образом не имеют возможности изменять код или данные другого процесса;
241. сертификация по стандарту POSIX.1, совместимость со стандартами System V и BSD на уровне исходных текстов;

242. наличие бесплатного исходного текста всех программ, включая тексты ядра, драйверов, средств разработки и приложений.

243. управление заданиями в стандарте POSIX; совместима на уровне исходных кодов с UNIX SVR4 и BSD 4.4, что предоставляет возможность быстрого переноса программного обеспечения под другие программные (совместимые с UNIX и POSIX) и аппаратные платформы (Alpha и Sparc);

244. наличие собственной файловой системы и поддержка ряда распространенных файловых систем (MINIX, Xenix, файловые системы System V);

245. прозрачный доступ к разделам DOS (или OS/2 FAT), поддержка всех стандартных форматов CD ROM и поддержка сети TCP/IP, включая протоколы FTP, Telnet, NFS и др.

Открытость исходных текстов и архитектуры ОС Linux наряду с растущей популярностью заставляют программистов переносить свои наработки на аппаратные платформы SGI, IBM, Intel, Motorola и др. В частности, Motorola активно работает в своей традиционной сфере встраиваемых систем и продвигает на рынок продукт LinuxEmbedded.

Стандартное Linux-ядро занимает около 1,5 Мбайт, а требуемый этим ядром объем памяти составляет более 4 Мбайт. Кроме того, требуется память для поддержания файловой системы, а если система работает в бездисковом режиме, то и память для электронных дисков. Ядро имеет модульную структуру, что позволяет манипулировать неиспользуемыми в конкретных приложениях функциональными возможностями. Дистрибутив ОС Linux занимает несколько сотен Мбайт.

Операционная система Linux не является ОС реального времени. В ОС Linux реализован механизм планирования процессов, который называется режимом равноправия и который предназначен для систем с разделением времени. В ОС Linux отсутствуют ограничения на захват процессора процедурами обслуживания прерываний. При этом приоритет таких процедур превышает приоритет любой пользовательской задачи. Иными словами, даже в чрезвычайно быстрых системах с мощными процессорами класса Pentium время отклика пользовательских процессов в условиях перегрузки может достигать сотен миллисекунд и даже секунд, что недопустимо для ОСРВ. Поэтому для управления процессами в режиме реального времени используется ОС RT-Linux.

ОС RT-Linux — это система, в которой Linux-ядро является отдельной задачей, выполняемой под управлением небольшой

управляющей программы-диспетчера, работающей в реальном времени. Приложения реального времени исполняются под управлением этой программы, остальные — под управлением ядра Linux. Одним из преимуществ этого метода является то, что программа-диспетчер реального времени может иметь достаточно малые размеры и простую структуру, что облегчает проверку соответствия системы требованиям реального времени. Кроме того, ОС Linux, исполняющая обычные (не real-time) задачи, является в данном случае обыкновенной Linux, совместимой с другими версиями этой операционной системы и допускающей быстрое осуществление различных модификаций и модернизаций.

Таким образом, запуск из ядра реального времени Linux-ядра осуществляется как задача с наименьшим приоритетом. В RT-Linux все прерывания обрабатываются ядром реального времени, а в случае отсутствия обработчика реального времени — передаются Linux-ядру. Фактически Linux-ядро является простаивающей (idle) задачей операционной системы реального времени, запускаемой только в том случае, если никакая задача реального времени не исполняется. Такое решение сочетает в себе открытость системы с поддержкой приложений жесткого реального времени.

ОС Windows NT с RTX

ОС Windows NT — многозадачная операционная система разработки фирмы Microsoft. Основным достоинством ОС Windows является повышенная надежность. В основе системы управления памятью Windows NT лежит система виртуальной памяти, встроенная в ядро ОС.

Каждое приложение может использовать до 2 Гбайт отдельного адресного пространства виртуальной памяти. Для создания виртуальной памяти используются дисковые устройства. Система виртуальной памяти Windows NT позволяет создать до 16 отдельных файлов страниц, расположенных на разных дисковых устройствах, установленных в компьютере.

ОС Windows NT использует все возможности защищенного режима процессора, в частности - переключение задач и страничную организацию. Используя 32-разрядное смещение, приложение может работать с памятью объемом до 4GB без применения сегментных регистров процессора.

Каждому приложению (или процессу) предоставляется линейное адресное пространство размером 4 Гбайт. Область размером 2 Гбайт

предоставлена приложению, другие 2 Гбайт адресуемого пространства зарезервированы для использования ОС.

Разделение адресных пространств выполняется с помощью назначения приложениям индивидуальных наборов таблиц страниц виртуальной памяти. В результате для каждого приложения выполняется отображение линейных адресов в собственный набор страниц виртуальной памяти, не пересекающийся с набором страниц других приложений.

Полное изолирование адресных пространств создает трудности при необходимости организации обмена данными между различными приложениями. Для организации обменов применяются дескрипторы прототипа PTE (prototype Page Table Entry). Дескрипторы PTE создаются ОС для совместного использования страниц, содержащих исполняемый код, а также для работы с файлами. Есть также способ организации общей памяти при помощи библиотек динамической компоновки DDL.

Расширение реального времени RTX (Real Time Extension) для ОС Windows NT корпорации Ventur Com позволяет создавать приложения для высокоскоростного управления с детерминированным временем реакции на внешние события.

RTX интегрировано в ядро Windows NT и для обеспечения необходимых функций использует сервис Windows NT и API WIN32. Каждый процесс RTX выполняется как драйвер устройства ядра NT, при этом процессы не защищены друг от друга. Такая реализация приводит к быстрому переключению контекста, но небезопасна с точки зрения конфиденциальности.

RTX добавляют к Windows NT специфическую для реального времени функциональность, а именно: обеспечивается возможность создавать процессы реального времени, управляемые собственным планировщиком. Планировщик работает по правилам реального времени и использует алгоритм вытеснения по приоритетам. Процессы реального времени и стандартные процессы Win32 имеют средства взаимодействия друг с другом. Процессы реального времени имеют свой собственный программный интерфейс RTAPI, реализующий развитый набор средств, характерный для программных интерфейсов (API) ОСРВ. Приложение может использовать как стандартные функции Win32, так и специфические функции API реального времени (RTAPI). Имеется возможность контроля над работоспособностью и временами реакции системы, что гарантирует ее предсказуемость (зависания стандартных приложений Windows NT не приводят к

зависанию приложений реального времени); предоставляется возможность работы с быстрыми часами и таймерами высокого разрешения, а также обеспечивается возможность прямого доступа к памяти и физическим устройствам.

ОСРВ VxWorks

Операционная система реального времени VxWorks и инструментальная среда Tornado фирмы Wind River Systems предназначены для разработки ПО встроенных компьютеров, работающих в системах жесткого реального времени.

Операционная система VxWorks является системой с кросс-средствами разработки прикладного программного обеспечения, при этом разработка ведется на инструментальном компьютере (host) в среде Tornado для последующего исполнения на целевой машине (target) под управлением VxWorks.

ОС VxWorks поддерживает целевые архитектуры (targets): Motorola 680x0 и CPU32, PowerPC; Intel 386/486/Pentium, Intel 960; Spare, Mips R3000/4000; AMD 29K, Motorola 88110; HP PA RISC; Hitachi SH7600; DEC Alpha.

ОСРВ VxWorks построена по технологии микроядра, т. е. на нижнем непрерываемом уровне ядра выполняются только базовые функции планирования задач и их управления коммуникацией/синхронизацией. Все остальные функции операционной системы более высокого уровня (управление памятью, вводом/выводом, сетевые средства и т. д.) базируются на простых функциях нижнего уровня, что позволяет обеспечить быстроедействие и детерминированность ядра, а также легко строить необходимую конфигурацию операционной системы.

В многозадачном ядре Wind используется алгоритм планирования задач, учитывающий приоритеты и включающийся по прерываниям. В качестве основного средства синхронизации задач и взаимоисключающего доступа к общим ресурсам в ядре Wind применены семафоры. Имеется несколько видов семафоров, ориентированных на различные прикладные задачи: двоичные, целочисленные, взаимного исключения и POSIX

Все аппаратно-зависимые части ОС VxWorks вынесены в отдельные модули для того, чтобы разработчик встроенной компьютерной системы мог сам портировать VxWorks на свою нестандартную целевую машину.

ОС VxWorks была первой операционной системой реального времени, в которой реализован протокол TCP/IP с учетом требований реального

времени. ОС VxWorks поддерживает все сетевые основные средства и протоколы (TCP, IP, UDP, ARP, PPP, Telnet, FTP, NFS и др.).

Реализация SNMP-агента предназначена для применения ОС VxWorks в интеллектуальном сетевом оборудовании (хабы, мосты, маршрутизаторы, повторители) и других устройствах, работающих в сети.

Трассировку системных событий (переключения задач, запись в очередь сообщений, установка семафора и т. д.) позволяет вести динамический анализатор WindView, который отображает накопленные в буфере события на временной диаграмме аналогично экрану логического анализатора.

Специально для систем с сильно ограниченным объемом памяти компания Wind River Systems разработала редуцированное ядро WindStream, которое требует для работы не более 8 кбайт ПЗУ и 2 кбайт ОЗУ. При этом для WindStream применим весь спектр инструментальных средств VxWorks, включая WindView.

В качестве интерфейса между инструментальной и встроенной целевой машинами используются внутрисхемные эмуляторы и ROM-эмуляторы, включаемые в гнездо ПЗУ микропроцессора целевой системы.

Инструментальная среда Tornado имеет открытую архитектуру, что позволяет другим фирмам-производителям интегрировать свои программные продукты с Tornado. В стандартную конфигурацию Tornado входят ядро VxWorks и системные библиотеки, дистанционный отладчик, конфигуратор и др.

ОС 2000.

ОС 2000 является ОС реального времени. Разработка ОС РВ базируется на принципах соответствия международным стандартам, мобильности, использования концепции микроядра и объектно-ориентированного подхода.

При разработке операционной системы использовались международные стандарты POSIX 1003.1, стандарт на мобильные операционные системы (программный интерфейс) и стандарт C, описывающий язык и библиотеки языка C.

В рамках стандарта POSIX реализованы математические функции, функции обработки символов и строк, функции распределения памяти и др.

Использование стандартов при разработке операционной системы облегчает создание мобильных прикладных программ, т.е. их переносимость с одной ОС на другую.

Операционная система состоит из ядра и системных потоков управления. Ядро выполняет функции планирования, синхронизации и взаимодействия потоков управления, а также низкоуровневые операции ввода/вывода. Функции ядра выполняются в контексте вызвавшего его потока управления или функции обработки прерывания. Микроядро представляет собой небольшую часть ядра ОС, функциями которой пользуются другие части ОС. Микроядро содержит функции управления потоками нижнего уровня и средства синхронизации. Все другие функции (например, захват и освобождение семафора, низкоуровневые операции ввода/вывода) выполняются вне микроядра, используя его функции.

Системные потоки выполняют более сложные функции операционной системы, такие как ввод/вывод информации по сети или обмен информацией с файловой системой. Использование системных потоков для сложных и протяженных во времени функций ОС позволяет продолжать работу параллельно с выполнением этих функций.

При оценке систем реального времени используются две важнейшие характеристики: время ответа на прерывание и время ответа потока управления.

Время ответа на прерывание — это время между моментом, когда был выставлен запрос на прерывание, и моментом, когда начала выполняться первая команда функции обработки прерывания. Время ответа потока управления — это время между моментом, когда был выставлен запрос на прерывание, и моментом, когда начала выполняться первая команда потока, который должен отреагировать на это прерывание.

Для разработки прикладного программного обеспечения используется комплекс, состоящий из двух ПЭВМ, соединенных по сети: инструментальная ПЭВМ с ОС UNIX и целевая ПЭВМ, для которой разрабатывается программное обеспечение. Разработка программного обеспечения ведется на инструментальной ПЭВМ. Средства разработки позволяют оттранслировать программу, написанную на языках С и Ассемблер, а также отлаживать программу, загруженную в целевую машину.

Так как прикладная программа обычно представляет собой несколько параллельно выполняемых потоков управления, то возникает потребность в средствах синхронизации. В соответствии с POSIX реализованы следующие средства синхронизации: целочисленные семафоры, мьютексы и условные переменные.

Семафоры обеспечивают две основные операции: захват семафора и освобождение семафора. В обеих операциях используется счетчик семафора — целое число, начальное значение которого определяется при создании семафора. Начальное значение определяет максимальное количество потоков управления, которые могут одновременно захватить семафор.

Мьютексы имеют много общего с семафорами. Они также используются для синхронизации потоков управления на основе операций захвата мьютекса и освобождения мьютекса. Основные отличия мьютексов от семафоров состоят в том, что мьютекс может быть захвачен не более чем одним потоком управления. Освободить мьютекс может только владелец, захвативший его. В силу этого мьютексы нельзя использовать в функциях обработки прерываний.

В ОС реализованы функции часов и таймеров. Для хранения даты и времени в системе используются различные структуры данных, позволяющие хранить время в секундах и наносекундах. Программные таймеры позволяют запланировать выполнение какой-либо деятельности в определенный момент времени в будущем.

Базовые операции ввода/вывода, а также асинхронный ввод/вывод реализованы в соответствии со стандартом POSIX, который обеспечивает единообразный доступ к устройствам различных типов. Потоки ввода/вывода и форматированный ввод/вывод реализован в соответствии со стандартом C.

Устройства и файлы являются основными понятиями системы ввода/вывода. Устройства делятся на физические (например, последовательный и параллельный порт, диск) и логические (например, программные каналы, сокет).

Для ввода (чтения) информации из устройства и вывода ее в устройство используется понятие файла. Одним устройствам (например, последовательному порту) соответствует один файл, другим (например, диску) — несколько файлов. Файлы, соответствующие устройствам первого типа, называются специальными файлами.

Устройства с прямым доступом (диски, флэш-память, оперативная память) могут содержать несколько файлов, каждый из которых рассматривается как последовательность байтов. Внутри файла также обеспечивается прямой доступ. Такие файлы называются регулярными.

Программный канал представляет собой логическое устройство, предназначенное для передачи данных между потоками управления.

Данные, записанные в программный канал, считываются оттуда в порядке поступления (First-In-First-Out, первым записан — первым прочитан). Существует 2 типа программных каналов: именованные и неименованные. Первым соответствуют файлы типа FIFO, вторым — файлы типа PIPE. Операция записи и чтения обеспечивают целостность данных и целостность файлов.

ОС 5000

ОС 5000 — операционная система реального времени.

ОС 5000 обладает следующими функциональными возможностями:

246. управление выполнением задач;
247. взаимодействие между задачами через аппарат передачи сообщений;
248. включение процедур по прерываниям;
249. поддержка текущего времени суток и даты, управление программными таймерами, генерация временных меток;
250. вызов при инициализации ОС указанных при генерации пользовательских процедур;
251. динамическое выделение группы событий и синхронизация выполнения задач с ними;
252. управление ресурсами с последовательным доступом и семафорами;
253. управление драйверами функциональных клавиатур, сети МАПС, сети RS-485;
254. управление передачей данных между абонентами разных сетей (нижнего и верхнего уровней) — организация моста и др.

ОС Microware OS-9

Операционная система реального времени OS-9 корпорации **Microware System** является многозадачной, многопользовательской операционной системой для встраиваемых приложений, работающих в режиме реального времени. Эта система предназначена для работы в таких системах, как мобильные телекоммуникационные устройства, встраиваемые терминалы доступа в Интернет, интерактивные цифровые телевизионные приставки. OS-9 работает на процессорах Motorola, ARM/StrongARM, Intel IXP1200 Network Processor, MIPS, PowerPC, Hitachi SuperH, Intel Pentium и др.

Ядро OS-9 является масштабируемым, полностью вытесняемым, поддерживает функционирование большого числа процессов с различными уровнями приоритетов (до 65535) и обеспечивает работу до 255 пользователей. Ядро OS-9 содержит более 90 системных вызовов, которые дают возможность управлять динамическим

режимом диспетчеризации, распределением памяти, межпроцессорной коммуникацией и т. д.

Благодаря наличию стандартизированной коммуникационной среды в OS-9 доступны современные и наиболее перспективные коммуникационные протоколы, такие как ISDN, ATM, X.25 и др.

Корпорация **Microware** одной из первых лицензировала Java для встраиваемых приложений и является лидером по предложению разнообразных средств и приложений в рамках OS-9 для различных классов устройств. В OS-9 пользователю предлагается Java VM, Java-Compiler/JIT, Java-ROMizer, Java Applets Lib, Embedded Java, Personal Java.

В качестве интегрированной кросс-среды разработки приложений для OS-9 используется пакет Hawk корпорация Microware, который функционирует на платформе MS Windows NT. Hawk является открытой средой и предоставляет сторонним разработчикам инструментальных средств более сотни API, позволяющих включать в состав среды Hawk продукты известных фирм разработчиков инструментального ПО.

Для тестирования и верификации ПО разработано средство верификации программного обеспечения CodeTEST (Applied Microsystems), встраиваемое в Hawk. Это средство дает возможность осуществлять трассировку встраиваемого ПО и контролировать его характеристики, а также ход выполнения тестов и распределение памяти.

ОСРВ Windows CE .NET

Windows CE — это полноценная 32-разрядная, объектно-ориентированная, многозадачная операционная система семейства Microsoft Windows с поддержкой фиксированной очереди приоритетов с исполнением до завершения.

Аббревиатура CE по одной версии означает Consumer Electronic, по другой — Consumer Edition. Уже сейчас эта система используется в Интернет-приставках (WebTV), сотовых телефонах, карманных компьютерах, в автомобилях, промышленных системах и т. п. Изначально она разрабатывалась для блокнотных ПК. Однако эта операционная система развивается очень динамично. Ее последняя версия представляет собой ОС реального времени, поддерживающую все основные интерфейсы и механизмы взаимодействия приложений, реализованные в Windows NT. Поэтому специалисты АСУ ТП используют ее на уровне контроллеров в промышленной автоматике.

Первый вариант ОС Windows CE — Windows CE 1.0 выпущен компанией Microsoft в 1996 г. В сентябре 1997 года была выпущена Windows CE 2.0. В ней были расширены возможности управления питанием, реализована поддержка экранов с более высоким разрешением и глубиной цвета, встроенных модемов и т. д. Через год появилась очередная версия — Windows CE 2.1. В ней также улучшена работа с графикой, расширены возможности файловой системы, включены криптографические средства (Crypto API).

Архитектура Windows CE соответствует монолитной модели архитектуры ОС, однако для повышения масштабируемости часть сервисов системы оформлена как отдельные модули, взаимодействующие с ядром по технологии COM. Модульность Windows CE является ее главным преимуществом. Можно создать систему только из базового ядра, или систему только с поддержкой экрана, интерфейса и пр. Это позволяет создавать операционную систему под конкретное устройство и его функции. Для полноценной работы Windows CE, использующей все компоненты архитектуры, требуется всего 2 Мбайт ПЗУ, причем выполняться она может (даже с графической оболочкой) в оперативной памяти менее 512 кбайт.

В управлении памятью система Windows CE реализует виртуальную модель, когда каждый процесс имеет индивидуальное адресное пространство, что обеспечивает высокую степень защищенности данных и кода.

Поскольку ОС Windows CE является *W i p 3 2 - с о в м е с т и м о й*, разработка системы реального времени на базе этой ОС проводится с использованием богатого набора инструментальных средств. Также компания Microsoft предоставляет специализированные средства разработки приложений для Windows CE.

В 2000 году появилась ОС Windows CE 3.0. Ее основными достоинствами по сравнению с предыдущими версиями являются:

255. операционная система реального времени;
256. поддержка Win32 API;
257. поддержка технологий COM+, DCOM, RPC, DirectX, DHTML;
258. поддержка стандартных коммуникационных Internet-протоколов: TCP/IP и PPP;
259. поддержка Microsoft Message Queue Services (MSMQ);
260. расширение возможностей файловой системы: максимальный размер объекта увеличен до 256 Мбайт, а файла в нем — до 32 Мбайт;
261. файловая система API расширяется до стандарта Win32;

262. число уровней приоритетов увеличено с 8 до 256 (для потоков с одинаковым приоритетом используется управление на основе предустановленных для потоков квантов и приоритетов).

Версия Windows CE 5.0 объединяет возможности OSCPВ и последние технологии Windows. При старте Windows CE создает виртуальное адресное пространство емкостью 4 Гбайт, разделенное на ядро и пользовательское пространство, которое делится на слоты по 32 Мбайт. Инструментальная среда разработки — пакет Platform Builder.

Следует различать систему реального времени (СРВ) и операционную систему реального времени (ОСРВ). Первая включает в себя следующие элементы: аппара- туру, операционную систему и прикладное ПО. ОСРВ это только один из элементов СРВ и она должна обеспечивать набор функций, позволяющих всей системе соответствовать предъявляемым к ней требованиям.

Windows CE обладает всеми необходимыми для встроенных приложений свойствами компактности, масштабируемости, ОС жесткого реального времени, много- платформенности.

Компактность. Windows CE является самой компактной из всех операционных систем семейства Windows. Минимальная конфигурация, включающая в себя ядро и основные службы, требует менее 500 Кбайт. Полнофункциональный вариант ОС, с графическим интерфейсом пользователя, коммуникационными возможностями и т. п. занимает около 2,5 Мбайт. При этом большинство компонентов могут быть записаны в ПЗУ контроллера и, следовательно, отнимают минимум оперативной памяти.

Масштабируемость. Windows CE состоит из набора компонентов, некоторые из которых являются обязательными, а некоторые — факультативными.

ОС жесткого реального времени. Заложенные в Windows CE средства позволяют использовать эту ОС в качестве операционной системы реального времени.

Поддержка различных аппаратных платформ. Windows CE поддерживает различные вычислительные платформы компании Microsoft.

Высокая надежность устройств с Windows CE обеспечивается тем, что эти системы могут выполняться непосредственно из ROM или специальной флэш-памяти. При желании прикладные программы можно разместить в той же флэш-памяти, что позволит существенно повысить надежность всей системы.

ОС MS DOS

ОС MS DOS будет сохранять довольно прочные позиции на уровне контроллеров в системах управления. Это объясняется в первую очередь стабильностью этой операционной системы, ее дешевизной, нетребовательностью к ресурсам и простотой в эксплуатации. MS DOS не является ОСРВ. Поэтому поддержка работы в реальном времени осуществляется исполнительными модулями, реализующими соответствующие функции. Это требует от программистов более высокой квалификации в области работы систем реального времени, понимания основ контроля и управления технологическими процессами. Примером применения ОС MS DOS компанией AdAstra является система Trace Mode до версии 4.20. После этой версии исполнительные модули разрабатывались для Windows 3.1 и Windows NT. Кроме того, в Trace Mode версии 5.0 исполнительные модули для контроллеров разработаны для запуска под MS DOS. Хотя MS DOS имеет много недостатков и ограничений, но она остается на рынке и занимает значительную его долю. В новой версии системы значительно увеличен вычислительный ресурс.

Другие ОС

Существует ряд операционных систем реального времени для встраиваемых систем. К ним относятся ОСРВ Jbed, Nucleus, RTOS CORTEX, DeltaOS и др.

Система Jbed фирмы **Oberon Microsystems** является ОСРВ с ядром, ориентированным на Java-технологии, и может рассматриваться как Java-платформа для встроенных систем и систем реального времени.

Операционная система Nucleus корпорации **Accelerated Technology** предназначена для встраиваемых приложений. Nucleus является кросс-системой, т. е. программный продукт создается на одной программно-аппаратной платформе, а выполняется на другой. ОСРВ Nucleus поставляется вместе с открытым кодом.

CORTEX— это многозадачная ОСРВ для встраиваемых приложений, разработанная корпорацией **ARTESYS (Australian Real Time Embedded Systems)**. Исходный код системы свободно распространяется для образовательных и некоммерческих целей.

DeltaOS является ОСРВ для встраиваемых приложений, разработанной китайской корпорацией **CoreTek Systems**. Система поддерживается для наиболее популярных семейств микропроцессоров, таких как PowerPC, Intel X86, ARM, MIPS.

Более подробные сведения об этих ОСРВ приведены в работе [3.22].

3.3.5 Флэш-диски

В последние годы отмечается стремительный рост интереса к твердотельным накопителям информации, выполненным по флэш-технологии. Использование флэш-дисков вместо обычных накопителей находит самое широкое применение:

- в мобильной аппаратуре;
- бортовых системах сбора и регистрации;
- отказоустойчивых системах промышленной автоматизации;
- телекоммуникационном оборудовании;
- для других задач, требующих сочетания повышенной надежности, вибро- и ударопрочности, быстродействия в жестких условиях эксплуатации.

Флэш-диски можно условно разделить на несколько категорий:

- Устройства памяти в виде микросхем (DiskOnChip), которые устанавливаются в специальные панельки, размещенные на процессорной плате (рис. 3.25). Объем памяти от 128 Мбайт, интерфейсы IDE, USB 2.0. В данном случае функции постоянного и энергонезависимого запоминающего устройства выполняются одной микросхемой. Большинство промышленных процессорных плат имеют разъем для установки DiskOnChip. После установки микросхемы на плату в системе появляется дополнительный накопитель, ничем не отличающийся, с точки зрения операционной системы, от обычного жесткого диска.
- Устройства памяти в виде съемных (заменяемых) модулей в формате карт PCMCIA (тип I, II и III), карт Compact Flash и Multimedia Card. Это быстрые, компактные съемные устройства, допускающие установку и извлечение в процессе работы системы. Они полностью эмулируют жесткий диск и удобны тем, что могут быть использованы в качестве переносных накопителей информации. Объем памяти от 512 Мбайт, интерфейс Compact Flash, тип 1. Для установки в систему эти устройства требуют специальных разъемов, которыми оснащены многие промышленные компьютеры и контроллеры (рис. 3.26).
- Устройства памяти, конструктивно выполненные в виде корпуса обычного жесткого диска формата 2.5", 3.5" или 5.25" со стандартными интерфейсами IDE, SATA и SCSI. Такие устройства полностью совместимы с обычными жесткими дисками по интерфейсным разъемам и способам подключения, имеют высокую степень надежности, не создают акустических и электромагнитных

шумов, обладают низким энергопотреблением, малым весом, мало восприимчивы к вибрациям и ударам (рис. 3.27).

Устройства памяти в виде модулей (DiskOnModule) со стандартным интерфейсом IDE. Модульные IDE флэш-диски представляют собой маленькую платку с 40- или 44-контактным разъемом. Они предназначены для непосредственной установки в IDE-разъем процессорной платы и имеют два варианта исполнения: с прямым вертикальным разъемом и с L-образным разъемом, благодаря чему могут устанавливаться параллельно процессорной плате (3.28). Модульные IDE флэш-диски также полностью эмулируют работу обычного жесткого диска. Объем памяти — от 32 Мбайт до 100 Гбайт и более.



Рис. 3.25

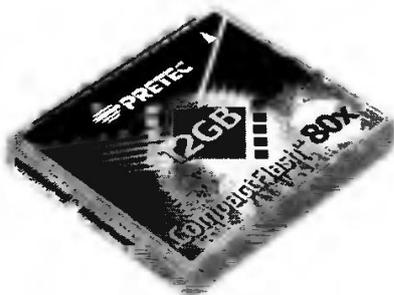


Рис. 3.26



Рис. 3.27



Рис. 3.28

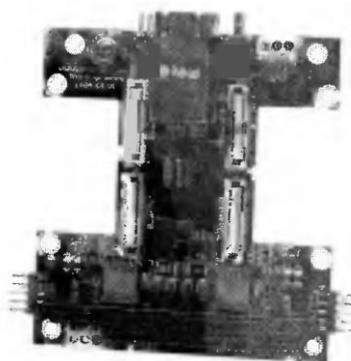


Рис. 3.29

5. Адаптеры PC/104 для электронных дисков. Если на Вашей процессорной плате нет необходимого разъема для установки DiskOnChip, модулей CompactFlash и плат PCMCIA, можно воспользоваться платами расширения с интерфейсами ISA или PC/104. На такие платы можно установить 2-4 микросхемы DiskOnChip, 1 модуль СошраНФлэш или 1-2 карты PCMCIA (рис. 3.29).

Скорость обмена (чтение/запись) флэш-дисков — от 10 до 40 Мбайт/с (в SSD 5000 до 60 Мбайт /с), число циклов стирания/записи — от 2 млн для DiskOnChip до 5 млн для накопителей серии SSD с интерфейсом SCSI.

3.4. Панели оператора

Операторская панель представляет собой устройство оперативного ввода и отображения буквенно-цифровой или графической информации при обмене данными с удаленным контроллером или компьютером. Эта информация отображается на экране текстовых или графических панелей оператора при подключении их к контроллеру или компьютеру по последовательным интерфейсам RS-232, RS-422/RS-485. Помимо буквенно-цифровой информации на экране панели оператора отображаются графики, диаграммы, тренды, динамические рисунки и пр.

В качестве устройства ввода применяется функциональная пленочная клавиатура или сенсорный экран. Помимо клавиш и жидкокристаллического индикатора на лицевую панель могут быть выведены светодиодные индикаторы работы каналов, сигнализации аварии и др.

Панель оператора обменивается информацией по сетям Ethernet, Modbus, Profi-bus, DeviceNet и др. Панель оператора имеет возможность подключения к контроллерам большинства фирм производителей. Программное обеспечение панелей оператора для конфигурации под ОС Windows 98/NT/2000/XP обеспечивает удобное и легкое программирование панелей.

Таким образом, применение операторской панели во многих случаях более экономично, чем применение полноценного компьютера или монитора. Помимо отображения измеряемых параметров операторская панель позволяет управлять процессом, изменяя задание регуляторам или состояние исполнительных механизмов. Встроенные часы реального времени имеют функцию автоматического перехода на летнее время. Часы реального времени в ПЛК гарантированно синхронизируются с часами реального времени панели. Панель оператора позволяет просто создать отчет и сохранить его. Отчет представляет собой текстовый блок и содержит информацию об изменении значений параметров процесса (регистров управляющего контроллера) во времени. Печать отчета может производиться либо в определенное время, либо по событию. Возможность защиты паролем различных объектов и кнопок позволяет избежать постороннего воздействия на производственный процесс. Можно установить несколько уровней защиты, что позволяет предоставлять различным пользователям различные права.

Ряд панелей оператора могут отсылать аварийные и обычные отчеты, тренды и рецептуры по электронной почте. Сообщения также могут пересылаться на мобильные телефоны в виде SMS.

Операторские панели имеют слоты для одной или двух карт расширения. Доступны следующие типы карт расширения:

263. IFC-МС используется для увеличения памяти терминала РСМСІА флэш-картой.

Память может использоваться как для самого проекта, так и для хранения резервной копии приложений, трендов и рецептов.

264. IFC-PI используется для подключения принтера через параллельный порт.

265. IFC-ЕТТР и IFC-ЕТСХ используются для подключения терминала к Ethernet по

TCP/IP протоколу. Подключение осуществляется витой парой, либо коаксиальным кабелем.

Получили применение текстовые и графические панели оператора.

Текстовые панели с буквенно-цифровым монохромным ЖК-дисплеем с подсветкой имеют 2 (4) строки по 20 символов или 8 строк по 40 символов. Общее число клавиш, в том числе программируемых, у текстовых панелей колеблется от 5 до 30. Число пикселей экрана от 122x32, 128x64 до 160x180.

К числу функциональных возможностей текстовых панелей оператора относят парольную защиту, а также защиту ввода данных, создание архивов, трендов, алармов, диаграмм, барграфов, ввод/вывод дискретных сигналов, симуляцию щитовых приборов, индикацию состояния оборудования, математические и другие функции.

На рис. 3.30 показана текстовая панель TD200 фирмы **Siemens**.



Рис. 3.30

Графические панели оператора с монохромным и цветным сенсорным экраном позволяют создавать мнемосхемы процесса, динамически отображать значения переменных, управлять процессом с помощью функциональных клавиш, переключать страницы экрана и создавать отчеты, выводя страницы экрана на печать с указанием

даты и времени, осуществлять диагностику контроллера или компьютера. Для проектирования изображений в состав ПО панелей входят встроенные графические компоненты, а также изображения различных видов кнопок, тумблеров, переключателей, измерительных приборов и регуляторов, часы, самописцы и др.

Графические панели имеют многоязыковую поддержку приложений и все другие функции текстовых панелей оператора. Размер монохромного или цветного экрана (поддержка 128 или 256 цветов) в зависимости от модели составляет от 5,7" до 12,1". Графическая панель оператора с клавиатурой может иметь до 40 функциональных и сервисных буквенно-цифровых клавиш и имеет за счет этого большие габариты, чем панели оператора с сенсорным экраном.

На рис. 3.31 показана панель TP170B фирмы **Siemens**, на рис. 3.32 — панель Cimrex 90D фирмы **Beijer Electronics**, а на рис. 3.33 QuickPanel фирмы **GE Fanuc**.

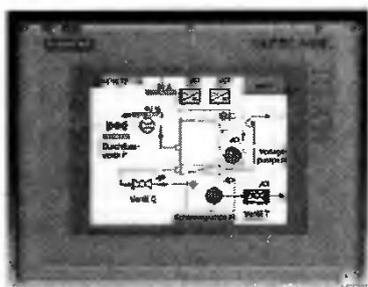


Рис. 3.31

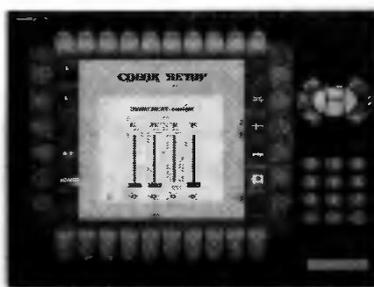


Рис. 3.32

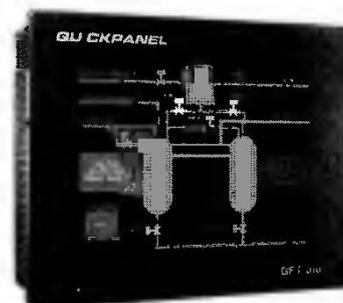


Рис. 3.33

Отдельную группу составляют мобильные (переносимые на руке) панели оператора с цветным или монохромным ЖК-индикатором (табл. 3.11). Мобильные панели позволяют выполнять функции оперативного управления и мониторинга параметров из любой точки системы. Терминалы при этом должны иметь специальные соединительные коробки. При необходимости мобильная панель может быть запрограммирована на непосредственное подключение к контроллеру, компьютеру или к сети через встроенный интерфейс (например, RS-485, Profibus и др.). Подключение и отключение мобильных панелей оператора может производиться во время работы оборудования.

На рис. 3.34 представлена мобильная панель фирмы **Siemens**.

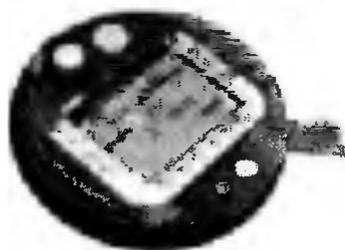


Рис. 3.34

Панели оператора могут соединяться с контроллером или компьютером в режиме точка-точка, с использованием полевой шины в режиме одна панель — несколько ПЛК и один ПЛК — несколько панелей оператора или в сетевой архитектуре (Ethernet TCP/IP, Modbus Plus, Profibus DP, DeviceNet). Степень защиты большинства панелей оператора IP65.

Программирование панелей оператора осуществляется с помощью специализированного ПО, работающего в среде Windows 98/NT/2000/XP. Сохранение и перенос данных и параметров настройки возможен также с помощью SMS-карт (Smart Media Card). Программирование панелей оператора производится на языке LD или др. по стандарту IEC 61131-3.

Пакеты программирования помимо многоязыковой поддержки имеют развитую библиотеку графических символов и примитивов. В состав пакетов программирования обычно входят драйверы контроллеров большинства крупных фирм-производителей.

В табл. 3.10 приведены основные технические характеристики панелей оператора различных фирм-производителей.

3.5. Источники бесперебойного питания (ИБП)

Защита электропитания систем сбора и обработки информации, контроля и управления технологическими процессами является важнейшим условием надежной работы оборудования. ИБП позволяют не только фильтровать скачки напряжения питания, но и корректно завершить работу всех приложений в случае длительного отключения электропитания либо восстановить питание при кратковременном его отключении.

ИБП применяются для питания ответственных серверов БД РВ, локальных сетей, различного оборудования для автоматизации и управления, телекоммуникационных



Рис. 3.35

систем и систем безопасности. Благодаря наличию коммуникационного порта RS-232 обеспечивается связь ИБП с компьютером и мониторинг состояния ИБП.

Исходя из различия мощностных характеристик ИБП имеют следующие конструктивные исполнения: настольное, напольное (стоечное) и 19" исполнение (рис. 3.35).

Для различных моделей мощность ИБП колеблется от 75 Вт (время автономной работы 40 минут), 300 Вт (время автономной работы 10...30 мин), 3...5 кВт (время 8...10 мин), 80 кВт (время 6...8 мин) до 600 кВА и более.

При перерывах времени отключения электропитания более 30 мин целесообразно использование резервного питания от дизель-генератора.

Среди наиболее часто встречающихся неисправностей электропитания наблюдаются следующие:

2. пропадание или резкие скачки напряжения;
3. электромагнитные и радиочастотные помехи;
4. колебания частоты питающего напряжения;
5. искажение синусоидальной формы напряжения;
6. переходные процессы при коммутации силовых элементов;
7. высоковольтные импульсы и др.

К методам устранения неисправностей электропитания относят следующие:

8. Переход на питание от встроенных аккумуляторных батарей (АБ) при пропадании электропитания или значительном повышении (понижении) входного напряжения. Время переключения составляет 2...4 мс. Форма напряжения при питании от АБ синусоидальная или прямоугольная. Время работы от АБ зависит от нагрузки — при уменьшении нагрузки время работы от АБ увеличивается.

9. Фильтрация входного напряжения с защитой от высоковольтных импульсных помех и провалов напряжения с коррекцией амплитуды входного напряжения.
 10. Переключение нагрузки ИБП на внешнюю сеть в случае длительной перегрузки или перегрева или других неисправностей без перерыва электропитания.
 11. Модульное конфигурирование ИБП с автоматическим отключением неисправного модуля и перераспределением нагрузки. Замена модуля осуществляется без отключения нагрузки от питающей сети.
 12. Резервирование ИБП с равномерным распределением нагрузки. При этом номинальная мощность работы параллельной системы ИБП с резервированием равна номинальной мощности одного ИБП.
- К другим особенностям ИБП относятся автоматическое тестирование состояния АБ, высокая перегрузочная способность (возможность выдерживать значительные перегрузки, вплоть до 200...300%, без перехода на by-pass). Режим by-pass — это режим обхода питания ИБП по схеме on-line на питание критичной нагрузки входным сетевым напряжением. Также в ИБП используется возможность увеличения времени батарейной поддержки и уменьшения времени заряда батарей за счет дополнительного зарядного устройства, дистанционное включение/отключение ИБП с помощью пульта дистанционного управления. Важной характеристикой ИБП является принцип резервирования N+1, N+2, N+3, заключающийся в том, что при выходе одного из модулей ИБП нагрузка равномерно распределяется среди оставшихся N модулей. Кроме того, при уменьшении нагрузки лишние модули ИБП отключаются.

Наибольшее применение получили следующие типы ИБП [3.23, 3.24]:

266. ИБП по схеме с двойным преобразованием энергии или On-line ИБП. Точность стабилизации выходного напряжения при сбалансированной нагрузке 1...3%.
267. ИБП с переключением (Standby UPS или off-line, рис. 3.36). В нормальном режиме выпрямитель подзаряжает АБ. При уменьшении или пропадании питания срабатывает переключатель, продолжая питать нагрузку от АБ. Однако, на время переключения (3...5 мс) образуется разрыв в питающем напряжении.
268. ИБП, взаимодействующие с сетью (Line Interactive UPS, рис. 3.37). ИБП отличается наличием автотрансформатора, подключенного к нагрузке. Таким образом, этот ИБП регулирует

напряжение на выходе. Выходное напряжение растет, если напряжение на входе падает и наоборот. ИБП, взаимодействующие с сетью, регулируют выходное напряжение ступенчато. При уменьшении напряжения на 12...15% подключается повышающая обмотка автотрансформатора, которая повышает выходное напряжение на 12...15% и наоборот. При более значительном изменении сетевого напряжения ИБП переключается на работу от АБ.

269. Феррорезонансные ИБП (Ferroresonant UPS). Схема ИБП этого класса отличается от предыдущей тем, что в ней вместо автотрансформатора включен феррорезонансный трансформатор. Его основное назначение — стабилизация выходного напряжения. Поскольку феррорезонансный трансформатор обладает значительной индуктивностью в момент переключения нагрузка питается энергией, накопленной в магнитном поле трансформатора. Таким образом, в момент переключения нет разрыва питающего напряжения. Это позволяет отнести этот тип ИБП к типу On-line ИБП. Точность стабилизации выходного напряжения 1...5%. При снижении нагрузки погрешность уменьшается.

Большинство известных ИБП являются «On-line» ИБП, схема построения которых характеризуется двойным преобразованием входного напряжения. В нормальном режиме работы входное напряжение преобразуется в постоянное, а затем с помощью инвертора вновь преобразуется в переменное напряжение. При пропадании входного напряжения инвертор, постоянно подключенный к АБ, мгновенно переходит на пита-

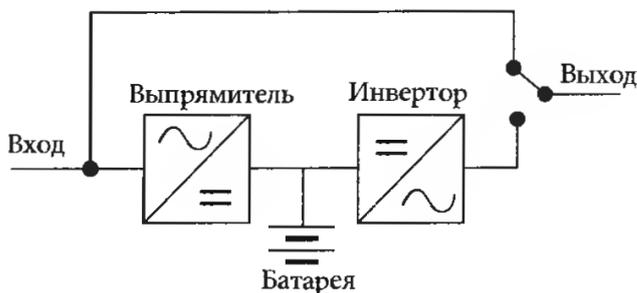


Рис. 3.36

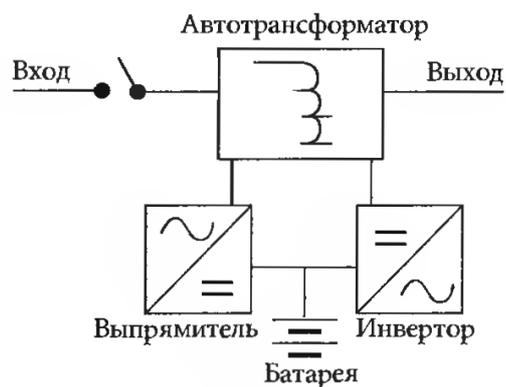


Рис. 3.37

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

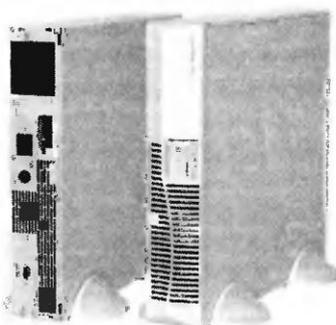


Рис. 3.38

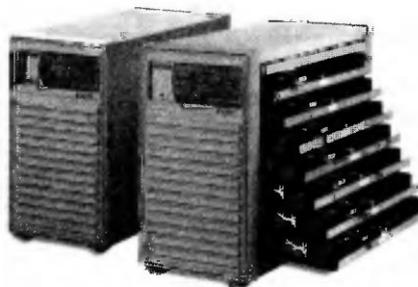


Рис. 3.39

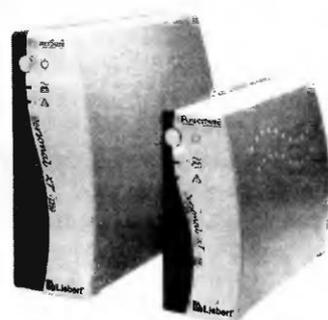


Рис. 3.40



Рис. 3.41

ние от нее, продолжая обеспечивать нагрузку переменным напряжением без разрыва синусоиды входного напряжения и без искажения ее формы. ИБП по схеме «On-line» имеют на входе стабилизатор напряжения, предотвращающий переход ИБП на питание от АБ при колебаниях входного напряжения. ИБП по схеме «On-line» используются для ответственных применений (питание файловых серверов, рабочих станций и пр.).

Основные типы ИБП имеют синусоидальную форму выходного напряжения. Коэффициент гармонических искажений On-line ИБП и феррорезонансных ИБП $< 5\%$.

Некоторые On-line ИБП способны корректировать форму выходного напряжения даже при работе с нелинейными нагрузками значительной мощности.

Борьба с импульсными помехами в ИБП осуществляется установкой варисторной защиты (варисторный шунт) и гальваническим разделением сигналов.

Системы бесперебойного питания делят на децентрализованные, централизованные и структурированные.

Децентрализованные системы бесперебойного питания предполагают наличие большого числа маломощных ИБП для каждого из терминалов и одного дизель-генератора. Они позволяют

функционировать при отключении питания каждый терминал самостоятельно в течение определенного времени в зависимости от мощности ИБП.

Централизованные системы включают несколько работающих параллельно ИБП и одного или нескольких дизель-генераторов. Такая структура применяется для больших систем и крупных объектов.

Структурированные системы занимают промежуточное место между децентрализованными и централизованными системами. Структурированные системы бесперебойного питания включают несколько ИБП средней или большой мощности («On-line» ИБП) и один или несколько дизель-генераторов. Применяются для питания систем управления небольших участков или цехов.

Среди режимов работы ИБП известны следующие:

270. нормальный — когда нагрузка получает питание от электросети, а АБ находится

в режиме контролируемого подзаряда;

271. аварийный — нагрузка получает переменное напряжение питания от инвертора, который питается от АБ;

272. «холодный старт» — режим автономного запуска ИБП при отсутствии напряжения на его входе.

Большинство ИБП имеют КПД (отношение мощности, потребляемой нагрузкой, к полной мощности, потребляемой ИБП), равное 70...80%.

К числу используемых аккумуляторов относят герметичные свинцово-кислотные или свинцово-гелиевые герметичные необслуживаемые аккумуляторы (напряжение 12 В, емкость 7 А·ч), срок службы порядка 5 лет в соответствии с EUROBAT.

Программное обеспечение, как правило, входит в комплект поставки ИБП.

На рис. 3.38 представлен ИБП фирмы **Powerware** 9125 RM, на рис. 3.39 ИБП HF Top Line фирмы **Meta System**, на рис. 3.40 ИБП фирмы **Liebert** и на рис. 3.41 — модуль PMS фирмы **RITTAL**. Модуль PMS включает выпрямитель, усилитель, инвертор, статический байпас и микропроцессорную систему контроля работы ИБП, включая систему зарядки аккумуляторов. Выпускаются модули на мощности 10, 20, 30 и 40 кВА.

В табл. 3.12 приведены основные технические характеристики ИБП.

3.6. Локальные микропроцессорные регуляторы

3.6.1 Назначение и характеристики микропроцессорных регуляторов

Локальные микропроцессорные регуляторы предназначены для измерения, сигнализации и регулирования технологических параметров в локальных системах автоматизации. Регуляторы входят в состав распределенных систем управления, а также могут использоваться автономно в структуре систем автоматического регулирования.

Микропроцессорный регулятор представляет собой функционально законченное микропроцессорное программируемое устройство.

К характерным особенностям микропроцессорных регуляторов относятся:

- 273. Цифровая индикация текущих значений параметров и задания.
- 274. Конфигурация регулятора кнопками с панели прибора.
- 275. Жесткая или свободно-конфигурируемая структуры.
- 276. Совмещение функций измерения, индикации, сигнализации и регулирования.
- 277. Входные и выходные каналы (аналоговые, дискретные).
Наличие программного задатчика (число сегментов программы).
- 278. Алгоритмические функции регулирования (позиционное, ПИД-регулирование, следящее, соотношения, каскадное и др.).
- 279. Наличие режима автонастройки параметров регулятора.
- 280. Функция ручного управления с панели регулятора.
- 281. Связь с персональным компьютером (наличие интерфейса RS-232C, RS-422/ RS-485) и возможность программирования с компьютера.

Достоинства микропроцессорных регуляторов:

- 282. высокие технические характеристики: точность, многофункциональность, быстродействие и др.;
- 283. удобство обслуживания, ремонтпригодность;
- 284. простота настройки, отсутствие требований знания программирования;
- 285. малые габариты, низкая стоимость.

К недостаткам регуляторов следует отнести малоканальность (от одного до четырех каналов), ограничение алгоритмов управления, связанное с ограничением памяти.

Рассмотрим особенности локальных микропроцессорных регуляторов более подробно.

- Цифровая индикация текущих и заданных значений параметра осуществляются с помощью жидкокристаллического дисплея с высокой разрешающей способностью или с помощью 4...6-разрядных семисегментных индикаторов (высота символов 8 или 14 мм). На ЖК-дисплее могут отображаться тренды технологических параметров, гистограммы, буквенно-цифровая индикация значений параметров, а также небольшие мнемосхемы процесса. Размер экрана ЖК-дисплея от 50x100 мм до 134x130 (5"). Примером регуляторов с ЖК-дисплеем служат, например, программный регулятор процесса IMAGO 500 фирмы **JUMO** (Германия) и одноконтурный контроллер серии YS-100 (-131, -136) фирмы **YOKOGAWA**.

Светодиодные индикаторы могут иметь регулируемую яркость, устанавливаемую с компьютера через интерфейс RS-232. Помимо значений задания параметра на индикаторы выводится информация, необходимая при программировании регулятора. На индикаторы также выводится информация об обрыве датчиков, превышении значения заданного интервала, сообщения об ошибках (диагностика) и др. На отдельном индикаторе отображается номер канала. Цвет свечения индикаторов — красный и зеленый.

К числу достоинств микропроцессорных регуляторов относится удобная и простая установка задания, а также конфигурация регулятора с помощью кнопок на лицевой панели прибора. К числу параметров конфигурации регулятора относятся: установка заданного значения параметра, а в случае программного регулирования — установка параметров программы (времени и значения параметра на каждом участке программы), выбор входного сигнала от датчика (тип термопары или термометра сопротивления, аналоговый сигнал, диапазон измерения), уставка значений параметров сигнализации и гистерезиса уставок, тип выходного сигнала (ШИМ, ФИМ, аналоговый или дискретный выход), параметры П-, ПИ- или ПИД-регулятора, длительность импульса, время перехода индикаторов регулятора в «спящий» режим с пониженной яркостью и др. Важной характеристикой регулятора является возможность перехода с помощью кнопок на панели регулятора в режим дистанционного управления и формирования сигналов «больше» — «меньше» с выхода регулятора на исполнительный механизм. Контроль за положением вала исполнительного механизма или состоянием магнитного пускателя (реле) осуществляется с помощью бар- графа или индикаторов на панели регулятора.

286. Микропроцессорные регуляторы имеют жесткую или свободно-кон- фигурируемую структуру. Жесткая структура регулятора, формируемая заводом- изготовителем, ограничивает возможности конфигурации регулятора потребителем. Однако такие микропроцессорные регуляторы более простые в обслуживании и имеют более низкую стоимость. Сохраняются возможности установки заданных значений технологического параметра, сигнализации, установки параметров ПИД- регулятора, ручное управление и некоторые другие. Свободно-конфигурируемая структура регулятора допускает использование всего набора функций потребителем в зависимости от требований технологического процесса. Режим конфигурации регулятора с помощью кнопок на панели прибора защищен от несанкционированного доступа паролем или может быть разрешен при определенной последовательности, в том числе временной, нажатия кнопок.

287. Микропроцессорный регулятор совмещает функции измерения, индикации измеряемого параметра, задания, номера канала измерения и функции регулятора. Многие микропроцессорные регуляторы имеют функцию измерения и индикации до восьми и более каналов измерения с поочередной автоматической или по вызову оператора индикацией значений этих параметров на индикаторах регулятора. Функция сигнализации предусматривает сигнализацию по верхнему, нижнему пределу значения параметра, по величине отклонения параметра от заданного значения, по скорости изменения параметра и др. К функциям регулирования относятся функции 2- или 3-позиционного регулирования, регулирования с непрерывным или ШИМ выходным сигналом. С помощью регулятора могут быть реализованы различные схемы управления — одноконтурная и многоконтурная (до двух контуров), каскадная, управление по возмущению, программное управление.

Большинство микропроцессорных регуляторов имеют ограниченное число входных и выходных каналов. Число аналоговых входов, как правило, 1 или 2. Известны регуляторы с числом входных каналов от 2 до 5, а также многоканальные микропроцессорные регуляторы с числом каналов до 10. К аналоговым входам относятся входы для термопар, термометров сопротивления, унифицированных токовых сигналов и сигналов напряжения. Выходные аналоговые сигналы: токовые сигналы (0...5, 0/4...20 мА), сигналы напряжения (1...5, 0...10 В и др.), частотный сигнал. Число аналоговых выходных сигналов 1 или 2. К дискретным входным сигналам относят

импульсные сигналы, дискретные входы от контактов реле, конечных выключателей и пр. К дискретным выходным сигналам относятся релейный выход (СК— «сухой контакт» или «сухой ключ») или транзисторный выход р-р-р или п-р-п (ОК — «открытый коллектор», 24 **VDCI**150 тА). Транзисторный выход может использоваться для управления силовыми тиристорными блоками. Управление мощностью нагревателя по методу ШИМ состоит в том, что нагрузка включается на долю периода, а среднее значение выводимой мощности определяется отношением времени включения к периоду ШИМ. Помимо метода ШИМ используется фазоимпульсное управление (ФИМ) тиристорами, при котором тиристоры каждый полупериод открываются с регулируемой фазовой задержкой от 0 до 180° (управление по углу отсечки в каждом полупериоде). Помимо тиристоров для управления нагрузкой используются симисторы. Симистор, имеющий оптическую развязку цепи управления от силовой цепи (оптосимистор), управляет открытием тиристора в момент напряжения на тиристоре близком к нулю. При 100%-ной мощности нагрузка (нагреватель) включена постоянно; при 90%-ной мощности нагрузка выключена каждый десятый период; при 50%-ной мощности нагрузка включена каждый второй период; при 25%-ной мощности нагрузка включена каждый четвертый период и т. д. Число дискретных входов регулятора от 2 до 4, дискретных выходов — до 6, в том числе один дискретный выход используется для сигнализации неисправности регулятора. К числу аналоговых выходов относится встроенный цифро-аналоговый преобразователь с выходным сигналом 0...5, 0/4...20 мА.

Более подробные данные о числе и характеристики входных и выходных сигналов приведены в табл. 3.14.

288. Наличие программного задатчика существенно расширяет возможности микропроцессорных регуляторов. Длительность программы определяется числом участков программы (сегментов) и длительностью каждого сегмента. Большинство программируемых ПИД-регуляторов имеют программные задатчики на 10... 12 участков. Однако, известны ПИД-регуляторы с числом участков программы до 49 и 99 сегментов. Запись программы в память регулятора состоит в задании числа участков программы, а также координат точек по оси абсцисс (ось времени) и оси ординат (ось значений параметра). Число программ, хранящихся в памяти регулятора и готовых к включению, составляет от 10 до 50. При остановке программы оператором или по причине отсутствия питания дальнейший ход программы продолжается с точки прерывания.

В микропроцессорных регуляторах предусмотрены различные режимы регулирования, в том числе позиционное и ПИД-регулирование. Позиционное регулирование применяется в процессах, когда не требуется высокого качества регулирования. При этом достоинствами позиционного регулирования являются его простота, наглядность алгоритма его работы, отсутствие большого числа параметров настройки и необходимости обслуживания квалифицированными специалистами. Для позиционного регулирования в структуре микропроцессорного регулятора используются элементы дискретного выхода: реле, транзисторы или оптосимисторы. Для усиления сигнала управления с выхода «сухого» контакта слаботочного реле (СК) сигнал поступает на более мощное реле или магнитный пускатель. Выходной сигнал транзистора (оптотранзистора) применяется, как правило, для управления низковольтным реле (до 50 В) или поступает на вход однофазного или трехфазного тиристорного силового блока. В случае релейного выхода для защиты транзистора из-за большого тока самоиндукции рекомендуется параллельно обмотке реле устанавливать диод. В случае коммутации силовых нагрузок большой мощности (напряжение 380 В, токи 50 А и более) рекомендуется использовать оптосимисторы и оптосимисторные силовые блоки. Оптосимисторы имеют внутреннюю схему перехода через ноль, гальванически изолированы (как и оптотранзисторы) от схемы управления, не создают помехи, не вызывают искры и имеют длительный ресурс работы. Оптосимисторы также используются для управления парой встречнопараллельно включенных тиристоров. В тех случаях, когда требуется повысить точность позиционного регулирования, вместо двухпозиционного используется трехпозиционное регулирование. При этом, в случае управления, например, тепловым объектом, один из дискретных выходов используется для подачи основной мощности, а другой дискретный выход обеспечивает собственно регулирование подачей относительно небольшой мощности. Когда не допускается частая коммутация нагрузки, что свойственно позиционному регулированию, в регуляторе устанавливают определенную величину гистерезиса. В микропроцессорных регуляторах, как правило, имеются несколько дискретных выходов типа СК или ОК, которые могут быть использованы как для управления, так и для сигнализации отклонения измеряемого параметра от задания.

Алгоритм ПИД-регулирования, а также режим автоматической настройки параметров регулятора (коэффициент усиления, время

интегрирования и расчетное время дифференцирования), заложен в подавляющем большинстве микропроцессорных регуляторов. В тех случаях, когда режим автонастройки параметров регулятора отсутствует либо дает неудовлетворительные результаты в силу технологических особенностей объекта управления, оптимальные параметры настройки ПИД- регулятора приходится находить опытным путем, например, по виду переходной характеристики объекта.

289. Режим автоматической настройки оптимальных параметров регулятора может осуществляться по различным методикам [3.19]. Общее для этих режимов является то, что выход регулятора на определенное короткое время отключается от объекта и по анализу входного сигнала с использованием критерия Циглера — Никольса или других критериев рассчитываются параметры регулятора. Рассчитанные за 2...5 шагов эти параметры автоматически заносятся в память регулятора, после чего регулятор немедленно вступает в процесс регулирования с новыми оптимальными параметрами настройки. Режим автонастройки рекомендуется повторить при изменении свойств объекта или режима работы. В технических характеристиках регуляторов заранее указывается отношение времени интегрирования к времени дифференцирования для расчета последнего или это отношение программируется наравне с другими параметрами. Как правило, это отношение составляет: $T / T' = 4,5...5$.

И Д

290. Локальные микропроцессорные регуляторы имеют станцию дистанционного управления, включающую переключатель «ручное - автоматическое» и две кнопки управления «больше» и «меньше», с помощью которых осуществляется управление реверсивным исполнительным механизмом, электромагнитным клапаном и пр. Для контроля положения исполнительного механизма или состояния клапана применяются барграф и (или) светодиодные индикаторы.

291. Большинство микропроцессорных регуляторов имеют интерфейс связи с компьютером (RS-232), а также интерфейс RS-485 для связи с распределенной системой сбора данных и управления, в том числе с другими регуляторами, терминалами и станциями сбора данных (до 31 устройства по протоколу Modbus RTU на максимальную длину 1200 м). С использованием прилагаемого программного обеспечения осуществляется установка и настройка параметров регулятора. Программа позволяет архивировать данные, выводить на экран тренды, сообщения о превышении параметрами установок.

3.6.2 Технические характеристики локальных микропроцессорных регуляторов

Среди множества микропроцессорных регуляторов, выпускаемых почти каждой крупной фирмой, специализирующейся на производстве программно-аппаратных средств АСУ ТП, можно выделить одно- и многоканальные ПИД-регуляторы, программные регуляторы, различающиеся характером выходного сигнала, коммуникационными возможностями, габаритом и др.

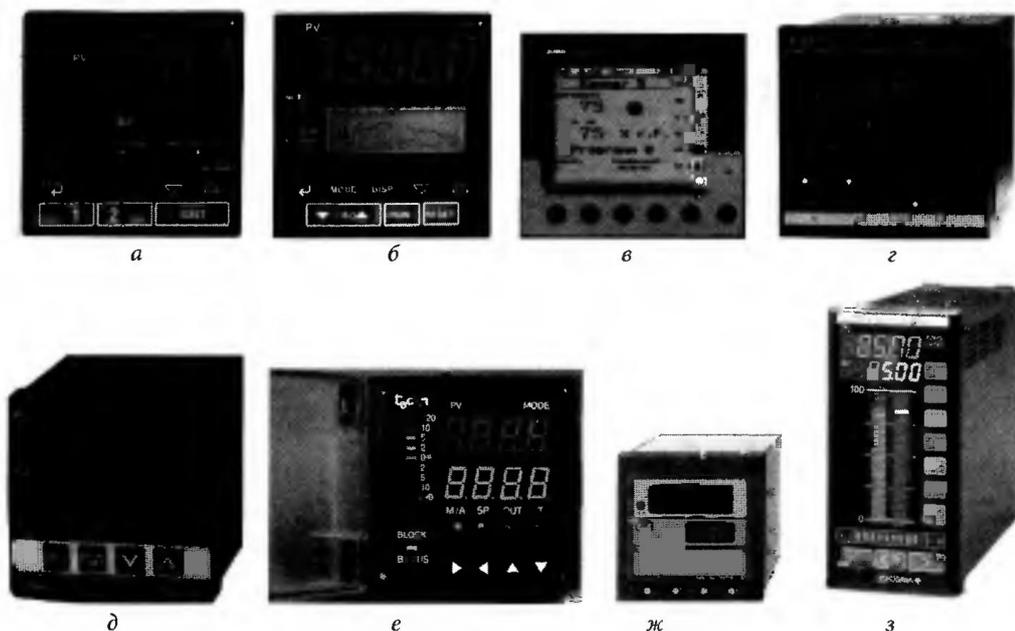


Рис. 3.42

В табл. 3.14 приведены технические характеристики некоторых типов микропроцессорных регуляторов.

Напряжение питания микропроцессорных регуляторов, приведенных в табл., 220 **VAC**. Регуляторы UP350, UP550/570, TROVIS 6494 и IMAGO 500 имеют дополнительно источники питания 15 и 24 **VDC**.

Габариты регуляторов соответствуют стандарту DIN 43700 и составляют (ШхВ) 96х96, 48х96, 96х48 или 48х48 мм.

На рис. 3.42 показан общий вид микропроцессорных регуляторов UP350 (а), UP550/750 (б), IMAGO 500 (в), T424 (г), DTA 9696 (д), ТКМ 21 (е), Термодат (ж), US 1000 (з).

Помимо основных функций, представленных в разделе 3.6.1, ряд микропроцессорных регуляторов выполняют дополнительные функции, а именно:

292. фильтрацию, масштабирование, извлечение квадратного корня;

293. математические и логические функции (сложение, вычитание, умножение, сравнение, вычисление среднего арифметического и др.);
294. автоматическую регулировку уровня засветки дисплея;
обеспечение питания регулятора от встроенных источников питания и др.

3.7. Взрывозащита АСУ ТП

В «Правилах устройств электроустановок» (ПУЭ) под взрывоопасной зоной подразумевается помещение или ограниченное пространство в помещении, в котором имеются или могут образоваться взрывоопасные смеси.

Согласно МЭК 79-1 А, 79-4 и ГОСТ 12.1.01-78 устанавливается следующая классификация взрывоопасных смесей: I — метан на подземных горных работах; II — другие горючие газы и пары за исключением метана. Все газы и пары разделены на три взрывоопасные группы по категориям НА, НВ и ПС. Для каждой из групп определен безопасный экспериментальный максимальный зазор (БЭМЗ) между фланцами оболочки, через который не распространяется взрыв наружу, и температура самовоспламенения. Для категории смеси НА величина зазора составляет 0,9 мм и более, для НВ — от 0,4 до 0,8 мм, для ПС — менее 0,45 мм [1.107-1.109]. В зависимости от температуры самовоспламенения взрывоопасные смеси делят на следующие группы: Т1 (температура воспламенения более 450 °С); Т2 (температура самовоспламенения 300...450 °С); Т3 (200...300°С); Т4 (135... 200°С); Т5 (100... 135°С); Т6 (85...100°С). Более высокий температурный класс перекрывает более низкие температурные классы.

В Европе, в том числе в России, руководствуются рекомендациям стандарта МЭК 79-10, согласно которому взрывоопасные зоны для газов и паров делят на следующие зоны: зона 0 (группа II) — взрывоопасная смесь присутствует постоянно; зона 1 (группа II) — зона с возможностью появления взрывоопасной смеси; зона 2 (группа II) — появление взрывоопасной смеси возможно при неправильной эксплуатации, опасность возникает в редких случаях. Аналогично, для пыли взрывоопасные зоны делят на зону 20 (непрерывная или частая опасность), зону 21 (случайная опасность) и зону 22 (редкая опасность ввиду неправильной эксплуатации). В соответствии с Европейской директивой зоны 20, 21 и 22 также относятся к группе II. Европейская норма взрывозащиты имеет аббревиатуру **ATEX** (с французского **ATmosphere EXplo-sible**) и охватывает все виды Европейской взрывозащиты.

В США и Канаде взрывоопасные зоны делят на классы. Класс I — легковоспламеняющиеся газы и пары; класс II — легковоспламеняющиеся пыль и порошки; класс III — легковоспламеняющиеся вещества в жидком или твердом состоянии; класс I делят на группы: A (ацетилен), B (водород), C (этилен, этил), D (ацетон, аммиак, бензол, бутан, гексан и аналогичные газы); класс II включает группы E (порошок алюминия, магния и др.), F (угольная пыль), G (горючая пыль, в том числе от древесины, пластмассы и пр.).

Известны следующие типы взрывозащиты: d — взрывонепроницаемая оболочка (ГОСТ 22782.6-81); e — повышенная надежность; ia — искробезопасная электрическая цепь (зона 0); ib — искробезопасная электрическая цепь (зона 1); h — герметичная изоляция; m — герметизация; n — отсутствие искрообразования (отсутствие воспламенения); o — погружение в масло; p — метод повышенного давления; q — заполнение порошком; s — специальная защита.

Взрывозащита типа h, m, n и s соответствуют европейским стандартам.

Взрывозащита типа d предусматривает наличие в аппарате щелей, проходя через которые взрывоопасная смесь быстро охлаждается на воздухе и теряет способность к воспламенению (стандарт МЭК 60079-1). Тип взрывозащиты e предусматривает способы предотвращения искрообразования (блокировка, отключение и др.).

Тип взрывозащиты ia и ib (искробезопасная электрическая цепь — ИБЦ) основан на принципе ограничения энергии, запасенной в электрической цепи, что делает любую электрическую цепь неспособной к воспламенению (стандарт МЭК 60079-1). Этот вид взрывозащиты находит наибольшее применение для контрольно-измерительных приборов и оборудования. Основным преимуществом ИБЦ является повышенная надежность эксплуатации устройств и удобство их обслуживания.

Уровни взрывозащиты Ex ia и Ex ib соответствуют стандарту МЭК 60079-11-99 и ГОСТ 3 51330.10-99. Тип взрывозащиты Ex ia — особо взрывобезопасный, допускает до 2-х независимых неисправностей и применим для зон 0, 1 и 2. Тип взрывозащиты Ex ib допускает одну неисправность и применим для зон 1 и 2. Допустимые безопасные параметры электрической цепи: максимальное напряжение разомкнутой цепи — до 30 В, максимальный ток (ток короткого замыкания) — 100 мА, максимально допустимая мощность — 0,45 Вт. Ограничение энергии осуществляется блоками искрозащиты на

стабилитронах или с помощью гальванически изолированных развязывающих устройств (трансформаторы, оптопары, реле).

Тип взрывозащиты Ex п соответствует стандарту МЭК 60079-15. Взрывозащита h предусматривает герметичную изоляцию, например заливку неподвижных частей конструкции компаундом. Тип взрывозащиты o (погружение в масло) применяется для изоляции элементов электрической цепи от атмосферы, например в масляных трансформаторах.

Пример маркировки по взрывозащите оборудования по ГОСТ 22782.6-81:1 Ex ia IB T3. 1 — номер зоны взрывоопасной среды; Ex — знак для электрооборудования, созданного в соответствии со стандартами МЭК; ia — обозначение типа защиты (ИБЦ); IB — категория взрывоопасной смеси; T3 — группа взрывоопасной смеси.

В качестве другого примера рассмотрим маркировку газоанализатора СТМ 10 с видом взрывозащиты 1Ex d HC T4.

1 — зона 1 с вероятностью появления взрывоопасной смеси при нормальной работе; d — тип взрывозащиты — взрывонепроницаемая (герметичная) оболочка; HC — класс II, группа C (атмосфера, содержащая этилен или газы и пары равнозначной опасности); T4 — группа смесей с температурой самовоспламенения от 135 до 200°C.

Взрывозащищенное оборудование подразделяется на элементарные устройства, искробезопасное и связанное оборудование [1.107, 1.108].

К элементарным устройствам относят устройства, у которых не превышены значения параметров: 1,2 В; 0,1 А; 20 мкДж; 25 мВт (термопары, термометры сопротивления, светодиоды, контакты). Эти устройства могут быть размещены во взрывоопасной зоне.

Искробезопасное оборудование — это оборудование, у которого внешние и внутренние электроцепи искробезопасны. Внешнее оборудование (клапаны, преобразователи и пр.), устанавливаемые во взрывоопасной зоне, должно быть сертифицировано на искробезопасность.

Связанное оборудование — это оборудование или его цепи, которые при нормальном или аварийном режиме работы не отделены гальванически от искробезопасных цепей. Это оборудование должно размещаться во взрывобезопасной зоне. При установке во взрывоопасной зоне оборудование должно быть сертифицировано на взрывозащиту.

Для установки во взрывоопасной зоне выпускается различное взрывозащищенное оборудование. К числу такого оборудования, например, относятся:

- 295. операторские станции iPC-Ex фирмы **Pepperl+Fuchs**;
- 296. панельные РС типа PS-Ex410 фирмы **Pepperl+Fuchs**;
- 297. мониторы iPX-Ex фирмы **Pepperl+Fuchs**;
- текстовые и графические терминалы TERM Ex фирмы **Pepperl+Fuchs**;
- 298. распределительные и сигнальные коробки (корпуса) Ex фирмы **Rittal**;
- 299. стальные корпуса фирмы **Weidmuller**;
- 300. клеммы с маркировкой взрывозащиты Ex e фирмы **WAGO**.

Устройства ввода/вывода с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» (группа компаний «Pepperl+Fuchs»).

Производителем таких устройств является ряд фирм, среди которых компания **Eicon Instruments**, входящая в группу компаний **Pepperl+Fuchs**.

Напомним, что в России взрывоопасные зоны подразделяются на зоны 0 (класса В-1 — с выделением горючих газов или легковоспламеняющихся жидкостей и возможностью образования с воздухом взрывоопасных смесей), зоны 1 (класса В-1а — когда такие смеси могут образовываться только в результате аварий и неисправностей). Для смесей воздуха с мелкодисперсными твердыми горючими веществами установлены взрывоопасные зоны 20,21 (класса В-II) и 22 (класса В-IIa).

Барьеры искрозащиты выпускаются многими зарубежными и отечественными фирмами и делят на активные и пассивные барьеры искрозащиты.

Активные барьеры обеспечивают искробезопасность и питание датчиков с унифицированным выходным сигналом 0/4.. .20 мА (электропневматические преобразователи, датчики с выходным унифицированным сигналом). Обеспечение искробезопасности цепей первичных преобразователей достигается применением гальванической развязки на основе разделительных трансформаторов и оптронов, а также схем ограничения тока и напряжения.

Пассивные барьеры искрозащиты обеспечивают искробезопасность датчиков, не имеющих источников питания (термопары и термометры сопротивления без унифицированного выходного сигнала, сухие контакты и пр.). Основное отличие между активным барьером с гальванической изоляцией и пассивным

барьерами заключается в том, что в активном барьере присутствуют безопасные элементы, назначением которых является ограничение опасного сигнала по напряжению и току, передаваемого во взрывоопасную зону.

Как правило, конструктивно блок искрозащиты представляет собой неразборный блок, залитый компаундом (рис. 3.43). Принцип взрывозащиты заключается в том, что при появлении опасного напряжения на зажимах барьера, значение которого превышает порог стабилизации, в цепи появляется ток, вызывающий срабатывание предохранителя.

Блоки искрозащиты на стабилитронах используют защищенные плавкими предохранителями стабилитроны для ограничения напряжения шунтированием аварийного тока на землю. В нормальном режиме напряжение пробоя стабилитрона не нарушается и он не проводит ток. При аварии во взрывобезопасной зоне и при пре-



Рис. 3.43



Рис. 3.44

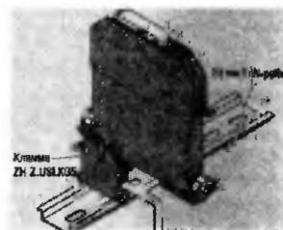


Рис. 3.45

вышении напряжения пробоя стабилитрон переходит в режим стабилизации напряжения, проводя ток, который ограничивается резистором; при дальнейшем увеличении тока срабатывает предохранитель. На рис. 3.44 показаны блоки искрозащиты rZ600 фирмы **Eicon Instruments**.

Заземление барьера достигается его установкой на заземляющую DIN-рейку (эквипотенциальное заземление, при котором сохраняется равный потенциал для различных проводящих частей). Также имеется одна клемма для заземления проводом (рис. 3.45). Устройства, устанавливаемые во взрывоопасной зоне, должны быть изолированы от земли. При необходимости их заземления применяются барьеры с гальванической развязкой.

Барьеры искрозащиты с гальванической развязкой серии rO300 и rD400 (одноканальные и двухканальные) фирмы **Eicon Instruments** имеют широкий спектр функциональных возможностей (ввод/вывод аналоговых и дискретных сигналов, преобразование сигналов термодатчиков, термометров сопротивления, включая токовый сигнал 4...20 мА, управление клапанами, ретрансляцию «СК» в опасной зоне на

релейных контактах или на оптоизолированном транзисторном выходе типа «ОК» и др.), монтируются на DIN-рейку.

В табл. 3.15 приведены барьеры искрозащиты с гальванической развязкой (модули дискретного ввода/вывода).

Рабочий режим модуля конфигурируется пользователем: вход — контакт или проксимитор; входной контакт — нормально разомкнут или нормально замкнут; выходной транзистор — нормально закрыт или нормально открыт; сигнализация обнаружения повреждения линии.

К другим барьерам искробезопасности с гальванической развязкой относятся 4-канальные модули дискретного ввода/вывода HiD серии 2000. Модули имеют светодиодные индикаторы статуса сигнала и аварии, малую потребляемую мощность, монтируются на объединительной плате.

Модули HiD серии 3000 объединяются по шине Fieldbus. Задание и контроль параметров с управляющего персонального компьютера осуществляются через шину Profibus.

Группой компаний **Pepperl+Fuchs** выпускается искробезопасная система интерфейсов дистанционного процесса IS-RPI. Искробезопасные блоки ввода/вывода могут устанавливаться прямо во взрывоопасной зоне, что значительно сокращает стоимость электропроводки. Каждый функциональный модуль соединяет 16-канальные блоки ввода/вывода. Межсетевой интерфейс питает до 8 функциональных модулей и соединяет их с внешней полевой шиной (Profibus, ControlNet, Modbus, Foundation Fieldbus). Таким образом, один межсетевой интерфейс обеспечивает питание и сопряжение до 128 входов/выходов с полевой шиной. В систему IS-RPI входят функциональные модули, представленные в табл. 3.16.

3.8. Технические характеристики оборудования и компонентов распределенных систем управления

Таблица 3.1. Технические характеристики промежуточных реле

Тип реле (фирма)	Напряжение питания	Диапазон коммутируемых токов, А / напряжения, В	Количество контактов	Способ крепления	Габариты (Ш×Г×В), мм
РП-12 (ООО «Реле и автоматика»)	100, 110, 220 VAC	0,01...5/24...250	1НО, 1НЗ, 2П	На панель	98×147×136
РП-21 (ООО «Реле и автоматика»)	6, 12, 24, 27, 48, 60, 110 VDC; 12, 24, 36, 40, 110, 127, 220, 230, 240 VAC	0,003...6/12...220 VDC; 12...380 VAC	0...4 НО, 0...2 НЗ, 0...4 П	DIN-рейка	34×34×54
РП-16 (ООО «Реле и автоматика»)	12, 24, 48, 110, 220, VAC	0,05...5/24...220	4НО, 2НЗ, 2П	На панель	66×138×151
НН54Р (ООО «Реле и автоматика»)	12, 24, 110 VDC; 12, 24, 110, 220 VAC	3,0/12...230	4П	DIN-рейка	29×30×75
НН53Р (ООО «Реле и автоматика»)	12, 24, 110 VDC; 12, 24, 110, 220 VAC	5,0/12...230	3П	DIN-рейка	29×30×75
РЭП-34-22 (ОАО «Каширский завод электроаппаратуры»)	12, 24, 36, 40, 48, 110, 220, 230, 240, 380, 400, 415, 440, 500, 660 VAC	0,01...10/12...220 VDC; 12...660VAC	2НО, 2НЗ; 3НО, 1НЗ; 4НО, 4НЗ; 6НО, 2НЗ; 8НО	Розетка на DIN-рейку	56×39,5×72
55.34 (FINDER, «Германия»)	6, 12, 24, 48, 60, 110, 120, 230, 240 VAC; 6, 7, 9, 24, 48, 60, 110 VDC	5...10/250; 400 (1,5 А)	4П	Розетка серии 94.04 на DIN-рейку	20,7×27,7×37,2

Таблица 3.2. Технические характеристики трехполюсных электротепловых токовых реле

Тип реле	Номинальный ток, А	Номинальный ток несменных нагревательных элементов	Количество контактов	Номинальное напряжение, В
РТТ-1хх	0,2...25; 10...40; 5...25; 5...40	0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25; 34	1П; 1НЗ	660 VAC; 440 VDC
РТТ-2	12,5...40; 50; 63	10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 63	1П; 1НЗ	660 VAC; 440 VDC
РТТ5-10-ххх	0,25...10	0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,5	1П; 1НЗ	660 VAC; 440 VDC

Таблица 3.3. Характеристики кнопок и кнопочных постов

Тип кнопки	Наличие фиксации	Тип контакта	Наличие подсветки	Форма головки	Цвет кнопки	Диаметр отверстия в панели, мм
XB6 DW 3B5B	Нет	1НЗ+1НО	Да	Прямоугольная	Зеленый	16,2 ^{+0,2}
XB6 DF 4B5B	Да	1НЗ+1НО	Да	Прямоугольная	Красный	16,2 ^{+0,2}
XB4 BA 21	Нет	1НО	Нет	Круглая	Черный	22,5
XB4 BW 34B5	Нет	1НЗ+1НО	Да	Круглая	Красный	22,5
XB5 AA 31	Нет	1НО	Нет	Круглая	Зеленый	22,5
XB5 AW 34B5	Нет	1НО+1НЗ	Да	Круглая	Красный	22,5
XB7 EA 31P	Нет	1НО	Нет	Круглая	Зеленый	22,4
XB7 EW 34	Нет	1НО	Да	Круглая	Красный	22,4
XB7 EN 03	Да	1НО	Нет	Круглая	Зеленый	22,4
90001 KR9P35RH13 (кнопка аварийного останова)	Да	П	Да	Круглая	Красная	31
XB5 AT42 ¹⁾ (кнопка аварийного останова)	Да	1НЗ	Нет	Грибовидная	Красный	Диаметр кнопки 40 мм
Кнопочные посты: XAL D213 (2-кнопочный)	Нет	1НО+1НЗ	Нет	Круглая	1 — зеленый; 1 — красный	—
XAL D324 (3-кнопочный)	Нет	2НО+1НЗ	Нет	Круглая	1 — белый; 1 — красный; 1 — черный	—
XAL D363B (2-кнопочный пост с сигнальн. лампой) <i>Schneider Electric</i> Франция	Нет	1НО+1НЗ	Да	Круглая	1 — зеленый; 1 — красный Лампа — красная	—
800ES-FA3 (конт. блок 800E-3LX10)	Нет	1НО	Нет	Круглая	Зеленый	22,4
800ES-FA4 (конт. блок 800E-3LX01)	Нет	1НЗ	Нет	Круглая	Красный	22,4
800ES-LF3 (конт. блок 800E-3DLOX10)	Нет	1НО	Да	Круглая	Зеленый	22,4
800ES-LF4 (конт. блок 800E-3DLOX10)	Нет	1НЗ	Да	Круглая	Красный	22,4
800ES-MM4 (конт. блок 800E-3LX01) <i>Allen-Bradley</i> , США	Нет	1НЗ	Нет	Грибовидная	Красный	Диаметр кнопки 40 мм

¹⁾ Кнопки аварийного останова могут быть диаметром 35, 41, 57 мм. Тип толкателя — с пружинным возвратом и типа «тяги-толкай».

Таблица 3.4. Технические характеристики переключателей фирм *Schneider Electric* и *Allen-Bradley*

Тип переключателя в сборе	Состав комплекта	Количество и тип положений	Тип контакта	Наличие подсветки	Цвет ручки	Диаметр отверстия в панели, мм
Переключатели фирмы <i>Schneider Electric</i> , Франция						
XB4 BD21	ZB4 BZ101 ZB4 BD2	2 с фиксацией	1НО	Нет	Черная	22,5
XB4 BD33	ZB4 BZ103 ZB4 BD3	3 с фиксацией	2НО	Нет	Черная	22,5
XB7 ED33P	—	3 с фиксацией	2НО	Нет	Черная	22,5
XB4 BG33 (с ключом)	ZB4 BZ103 ZB4 BG3	3 с фиксацией	2НО	Нет	Черная	22,5
K2D 012QLH (2-полюсн.)	—	«0» + 2 (0, 45°, 90°)	№ контактов: 1, 2–3, 4 (45°) 5, 6–7, 8 (90°)	Нет	Черный	22
K10D002UCH (3-полюсн.)	—	«0» + 2 (0, 60°, 300°)				
Переключатели фирмы <i>Allen-Bradley</i> , США						
800EP-SM32	+800E -3LX11	3 с фиксацией «0»–«+60°»–«-60°»	1НО, 1НЗ	Нет	Черный	22,5
800EP-SM42	+800E -3LX11	4 с фиксацией	1НО, 1НЗ	Нет	Черный	22,5
800EP-ISM43	+800E -3DLOX11	3 с фиксацией «0»–«+60°»–«-60°»	1НО, 1НЗ	Да	Черный	22,5
800EP-ISM43	+800E -3DLOX11	4 с фиксацией	1НО, 1НЗ	Да	Черный	22,5
800EP-KM3R3 (с ключом)	+800E -3LX11	3 с фиксацией «0»–«+60°»–«-60°»	1НО, 1НЗ	Нет	Черный	22,5

Таблица 3.5. Характеристики светосигнальных ламп типа СКЛ ЗАО «Протон-Импульс», г. Орел

Тип СКЛ	Заменяемая арматура	Тип цоколя	Напряжение питания	Диаметр отверстия в панели, мм	Габаритные размеры (D×L), мм
1	2	3	4	5	6
СКЛ-1	СЦ128, СМ28, РН6, РН55, РН60, РН110, АС220	B15d/18	VAC: 110, 127, 220, 380 VDC: 24, 48	—	23,5×88,5
СКЛ-2				—	20,5×55
СКЛ-3		B15s/18	VAC: 220	—	23,5×90
СКЛ-4				—	20,5×57
СКЛ-5	Ж54, Ж110	B22	VAC: 127, 220, 380 VAC, VDC: 24, 48, 110, 220	—	22×55
СКЛ-6	РН6, РН-110, РН-120, РН-127, Ж75	E14		—	20,5×63
СКЛ-7	ИЛК, ИЛЖ, B220, B230	E27		—	28×57
СКЛ-8	A6, A12, A24, АНМ	B9s	VAC: 220 VAC, VDC: 24	—	12×34

1	2	3	4	5	6
СКЛ-9	PH6, PH-110, PH-120, PH-127, Ж75	E14	VAC: 127, 220, 380 VAC, VDC: 24, 48, 110, 220	—	23,2 × 57
СКЛ-10	СЦ128, СМ28, PH6, PH55, PH60, PH110, АС220	B15d/18		—	23,2 × 57
СКЛ-11 (бесцокольная)	АС-220, АЕ, АЕР	—		27 ^{+0,5}	36 × 57
СКЛ-12 (бесцокольная)	АМ, АСЛ, АМЕ	—		27 ^{+0,5}	30 × 57
СКЛ-13	—	E10/13	VAC: 220 VAC, VDC: 24	—	12 × 34
СКЛ-14 (бесцокольная)	АМ, АСЛ, АМЕ	—	VAC: 127, 220, 380 VAC, VDC: 24, 48, 110, 220	22 ^{+0,5}	30 × 62
СКЛ-15 (бесцокольная)	АСКМ	—	VDC: 24	8 ^{+0,5}	13 × 38
СКЛ-16 (бесцокольная)	АС1201, АВР-01	—	VAC: 127 VAC, VDC: 24, 48, 220	14 ^{+0,5}	18,5 × 50
СКЛ-17 (бесцокольная)	—	—	VAC: 220 VDC: 24	8 ^{+0,5}	13 × 38
СКЛ-18 (бесцокольная)	—	—	VAC: 127, 220 VAC, VDC: 24, 48	14 ^{+0,5}	20 × 53

Примечание: СКЛ11, СКЛ14 имеют винтовые контакты, остальные бесцокольные лампы имеют ламельные контакты под пайку. Цокольные лампы СКЛ6, СКЛ7, СКЛ9 и СКЛ13 имеют винтовой цоколь, остальные — типа «байонет».

Таблица 3.6. Характеристики светосигнальных ламп зарубежных фирм

Тип	Цвет светодиода	Напряжение питания	Диаметр отверстия в панели, мм	Габаритные размеры (D×L), мм	Степень защиты
1	2	3	4	5	6
Светодиодные сигнальные лампы <i>Schneider Electric</i> , Франция					
XVL A1 XVL A2 XVL A3	Зеленый, красный, желтый	VAC, VDC: 5,12, 24, 48	8,2	12×32	IP40, IP65
			8,2	10×34	
			12,2	16×45	
XB7 EVxx	Белый, зеленый, красный, желтый, синий, оранжевый	VAC, VDC: 24 (B) VAC: 120 (G) VAC: 230, 240	22,4	29×42	IP40
9001 KR35Lxxx	Зеленый, красный, желтый	VAC, VDC: 24, 48, 120	31		IP66

1	2	3	4	5	6
Светодиодные сигнальные блоки <i>Schneider Electric</i> , Франция					
Постоянного свечения: XVBL OB XVBL OG XVBL OM XVBC21 (базовый) XVBC2B XVBC2G XVBC2M Блоки со вспышкой: XVBL1B XVBL1G XVBL1M XVPC21 (базовый) XVPC6B XVPC6M	Белый, зеленый, красный, желтый, синий, оранжевый Белый, зеленый, красный, желтый, синий, оранжевый Белый, зеленый, красный, желтый, синий, оранжевый	24 VDC 120 VAC 230 VAC 24 VDC 120 VAC 230 VAC 24 VDC 120 VAC 230 VAC	Цоколь BA15d Цоколь BA15d Цоколь BA15d	Диаметр 70 Диаметр 70 Диаметр 70	IP66 IP66 IP66
XVPC21 (базовый) XVPC6B XVPC6M	Белый, зеленый, красный, желтый, синий, оранжевый	24 VAC, VDC 230 VAC	Газоразрядная трубка 0,3 Дж; Газоразрядная трубка 0,6 Дж;	Диаметр 50 Диаметр 50	IP65 IP65
Светосигнальные колонны (светодиодные) <i>Schneider Electric</i> , Франция					
2 сигнальных блока + зуммер: XVMB2RGS XVMG2RGS XVMM2RGS 3 сигнальных блока + зуммер: XVMB2RAGS XVMG2RAGS XVMM2RAGS 4 сигнальных блока + зуммер: XVDB2SGAR 5 сигнальных блоков: XVEC2B XVEC2G XVEC2M	Красный, зеленый постоянного свечения Красный, оранжевый, зеленый постоянного свечения Белый, зеленый, оранжевый, красный Оранжевый, синий, зеленый, красный, прозрачный	24 VDC 120 VAC 230 VAC 24 VDC 120 VAC 230 VAC 24 VDC 24 VDC 120 VAC 230 VAC	— — —	Диаметр 45 Диаметр 45 Диаметр 70 Диаметр 70	IP42 IP42 IP40 IP54
Светосигнальная колонна фирмы <i>RITTAL</i> , Германия					
СИД ¹⁾ (арт. 2372.100)	Красный, желтый, зеленый	24 VAC, VDC	20	Диаметр 70 (высота 177)	IP65

¹⁾ Модульная сигнальная колонна СИД может включать до 4...5 сигнальных блоков (при одинаковом напряжении питания) и акустический элемент.

Таблица 3.7. Характеристики световых табло ОАО «Завод Электропульт».

Тип	Напряжение питания	Тип лампы накаливания	Тип цоколя	Размер светового поля (Н × L), мм	Размер отверстия в панели щита, мм
ТСБ	VAC: 60, 127, 220	2×Ц60-8 (Ц60-10, Ц127-10, Ц215-10)	B15d/18	39×92	39×104
ТСМ	VAC: 60, 127, 220	2×Ц60-8 (Ц60-10, Ц127-10, Ц215-10)	B15d/18	27×38	39×49
ТСКЛ	VAC, VDC: 220 VDC: 6, 12, 24, 48, 60	КМ	—	28×28	31×41
ТСС	VDC: 110	2×PH110-8	—	28×93	39×104

Таблица 3.8. Характеристики автоматических выключателей

Тип	Число полюсов	Номинальный ток, А	Номинальное напряжение, В	Ток отключения, кА	Число циклов	Габаритные размеры (В×Ш×Г), мм
1	2	3	4	5	6	7
Отечественные автоматические выключатели (ОАО «Электроприбор», Курск)						
АП50Б-2М	2	1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 50; 63	500 VAC 220 VDC	0,3...6,0; 0,5...40	50000	138,5×81×89
АП50Б-3М	3		500VAC			138,5×103×89
АП-63	1	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	380 VAC 110 VDC	3,5; 2,5	30000	138×28×84
ВА13-29	2; 3	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	660 VAC 440 VDC	12; 10	30000	157×88×122 (3P)
ВА21-29	1; 2; 3	0,6...63; 0,6...63; 80; 100	380 VAC 240 VDC 380 VAC	6; 10; 4; 6	30000	147×35×125 (1P) 147×88×121 (3P)
ВМ-40 (модульный)	1; 2; 3	2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 13; 16; 20; 25; 32; 40	230/400 VAC 48 VDC 230 VAC 90 VDC 400 VAC	4,5	10000	80×18×74; 80×35,6×74; 80×53,2×74
АЕ 2040	3	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	660 VAC	4	20000	207×75×120
АЕ 2050	3	80; 100	380 VAC	6	20000	
Автоматические выключатели фирмы ABB, Германия						
Серия S230R: S231R S232R S233R S234R	1 2 3 4	6; 10; 16; 20; 25; 32; 40	230/400 VAC	4,5	10000	4 модуля
Серия S250: S251 S252 S253 S254	1 2 3 4	0,5; 1; 1,6; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 13; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	230/400 VAC	6	10000	4 модуля

1	2	3	4	5	6	7
Серия S280: S281 S282 S283	1 2 3	80; 100	230/400 VAC	6	10000	1...3 модуля
Серия S500: S500	3	6; 8; 10; 13; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	230/400 VAC	25	10000	3 модуля
Серия SACE Tmax: TmaxT1 1P TmaxT1	1 3; 4	160	230/240 VAC 125 VDC 690 VAC	25 4	8000	130×25,4×70(1P) 130×76×70
Серия SACE Isomax ¹⁾	3; 4	125	500 VAC 250 VDC	8	8000	120×78×70
Автоматические выключатели фирмы Schneider Electric, Франция						
C60a	1, 2, 3, 4 ;	2 ; 4 ; 6 ; 10 ; 16 ; 20 ; 25 ; 32 ; 40	230/400 VAC	4,5 ;	20000	1...3 модуля
C60N	—	0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	240/415 VAC	1P : 10 (230VAC) 1P : 3 (400VAC)	10000	—
C60H	—	0,5; 0,75; 1; 2; 3; 4; 6; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	440 VAC	2, 3, 4P : 20 (230VAC) 10 (400VAC)	10000	—
C60L	—	0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	440 VAC	10	10000	—
C120N	—	63; 80; 100; 125	125 VDC (1P) 250 VDC (2P)	1P: 25 2, 3, 4: 50	5000	3 модуля
C120H	1, 2	10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125	—	1P : 3 ; 2, 3, 4P : 6	10000	—
C32H-DC	—	1; 2; 3; 6; 10; 16; 20; 25; 32; 40 (DC)	—	1P : 4,5 ; 2, 3, 4: 10	—	—
Дифференциальные автоматические выключатели фирмы Schneider Electric, Франция						
Серия ELETTROSTOP: DS 941/951 DS 650/670 F 500K F 360 ABB, Германия	1; 2 2	6...40 0,5...63 0,4...45 16...80	230/240 VAC 230/400 VAC 230/400/690 VAC 230/400 VAC	3; 6; 7,5; 25; 1,5	10000/ 20000	Ток утечки 30...300 мА
DPN N Vigi	1; 2; 3; 4	6; 10; 16; 20; 25; 32; 40	230 VAC	—	20000	Ток утечки 30...300 мА
ID AD 63 Schneider Electric, Франция	2; 4 2	25; 40; 63; 80; 100 16; 25; 40	240 VAC 230 VAC	— 4,5	20000 20000	

¹⁾ Серия SACE IsomaxS (S1...S8) рассчитана на токи от 160 до 3200 А.

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

Таблица 3.9. Технические характеристики промышленных компьютеров

Тип, фирма	Процессор	Число слотов расширения		Операт. память, Мб	HDD Гбайт	Коммуникации	Дисплей (TFT ЖК)	Клавиатура (число клавиш)	Потреб. мощность, Вт	Габариты (Ш×В×Г) мм
		ISA	PCI							
Рабочие станции										
AWS-8248V (Advantech)	Celeron 400 МГц	9	4	—	—	Ethernet 10/100 Base-T; 3×RS-232; 1×RS-485	15"	60	300	482×356×229
AWS-9124 (Advantech)		4× (ISA/PCI)		256	—		12,1"		200	342×280×205
WS-855A (ICOS)	—	10		256	80	1×USB; 1×PS/2	15"	60	300	482×354×265
Front Station 5244 (Нишанц-Автоматика)	Pentium 4 2,4 ГГц	4	4	256	80	Ethernet 10/100 Base-T; 2×RS-232; 1×USB 2.0; 1×LPT	15"	60	300	483×354×265
WS-615 (ICP Electronics)	—	7× (ISA/PCI)		—	—	1×RS-232, 1×RS-485, PS/2, 1×LPT	15"	51+24	250	483×266×265
Промышленные панельные компьютеры (ППК)										
PPC-154T (Advantech)	Pentium 4 3,06 ГГц	—	1	2 Гбайт	—	Ethernet 10/100 Base-T; PS/2; 2×RS-232; 4×USB 2.0; 1×LPT	15"	—	180	420×323×105
PPC-174T (Advantech)		—	2	2 Гбайт	—	PS/2; 3×RS-232; 4×USB 2.0; 1×LPT	17"	—	180	446×382×127
IPPC-9120/9150 (Advantech)	Pentium III 850 МГц	1	1	256	—	Ethernet 10/100 Base-T; 3×RS-232; 1×RS-485; 2×USB 2.0; 1×LPT	15"	—	70	402×302×127
TPC-1570 (Advantech)	Celeron M 1 ГГц	1 (PC 104+)		256... 512	—	Ethernet 10/100 Base-T; 2×RS-232; 1×RS-485; 2×USB 2.0; 1×LPT; PS/2	15"	—	24 VDC	383×307×55
ROBO-5000-5163T (ICOS)	Pentium III 1 ГГц	—	1	1 Гбайт	40	3×RS-232; 1×RS-485; 2×USB 2.0; 1×LPT;	15"	—	150	410×309×103
ROBO-5000-5163T (ICOS)	Celeron 2 ГГц	—	1	2 Гбайт	40	Ethernet 10/100 Base-T; 3×RS-232; 2×USB 2.0; 1×LPT;	17"	—	200	452×356×103
PC 670-15» (Siemens)	Celeron 300 МГц	1×ISA/PCI, 1×PCI, 1×PCMCIA		256	8	Ethernet 10/100 Base-T; 2×USB 2.0; Profibus DP	15"	94	300	483×355×130
RACK PC										
ROBO-2000-4075 (ICOS)	Pentium 4 2,8 ГГц	—	3 3× PCI—x	1024	120	4×RS-232; 4×USB 2.0	—	—	525	482×177×450
ROBO-2000-4775 (ICOS)	Pentium 4 3,2 ГГц	5	8	2 Гбайт	160		—	—	400	
RACK-307 (ICP Electronics)	—	10×ISA/PCI		—	—	PS/2	7" (моно)	—	250	430×177×465
RACK-300A (ICP Electronics)	—	9×BP—145/PCI		—	—	PS/2	—	—	200	430×177×430
IPC-510-SYS1-4 (Advantech)	Pentium 4 2,8 ГГц	—	4	512	80	Ethernet 10/100 Base-T; 1×RS-232; 8×USB 2.0; 1×LPT; 2×PS/2	—	—	300	482×177×450
IPC-510-SYS2-1 (Advantech)	Celeron 2,53 ГГц	7	4	512	80	Ethernet 10/100 Base-T; 2×RS-232; 6×USB 2.0; 1×LPT; 1×PS/2	—	—	250	
FRONT RACK 4544 (Нишанц-Автоматика)	Celeron D 2,53 ГГц	—	3	256	40	Ethernet 10/100 Base-T; 1×RS-232; 4×USB 2.0; 1×LPT	—	—	310	431×176×480

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

Тип, фирма	Процессор	Число слотов расширения		Операт. память, Мбайт	HDD Гбайт	Коммуникации	Дисплей (ТFT ЖК)	Клавиатура (число клавиш)	Потреб. мощность, Вт	Габариты (ШхВхГ) мм
		ISA	PCI							
ARK-3389 (Advantech)	Pentium M 1,4 ГГц	—	—	256	—	Ethernet 10/100 Base-T; 1×RS-232; 1×RS-485; 1×USB 2.0; 1×PS/2	—	—	46 (12...24 VDC)	264,5×69×137
UNO-2176 (Advantech)	Celeron M 1 ГГц, Pentium M 1,4 ГГц	PCMCIA, PC-104		512	—	2×Ethernet 10/100 Base-T; 2×RS-232/422/485, 2×USB	—	—	24	255×152×59
Simatic BOX PC620 (Siemens)	Pentium III 700 МГц	2-3	2-3	64...768	20	Ethernet 10/100 Base-T; 1×USB 2.0; Profibus DP	—	—	200	88×254×266
PC7 rugged (SBS Technologies)	Celeron 556 МГц	3× PC/104+		64...512	20 Гбайт; Флэш—2	2×Ethernet 10/100 Base-TX; 2×RS-232 2×RS-422/485;	—	—	40 (10...30 VDC)	220×83× 125
AMC-PCI 3000 (SBS Technologies)	Проц. Модуль RL4 PowerPC 500 МГц	OC: V×Works 2		128	Флэш—64 Мбайт	1×Ethernet 10/100 Base-T; 4×RS-232 /422/485;	—	—	65 (16...40 VDC)	273×89× 325
Tower PC										
Simatic PC R145 PIII Tower (Siemens)	Pentium III 600 МГц	3-4	5-6	64...768	20	Ethernet 10/100 Base-T; Profibus DP	—	—	300	170×350×445
Front Desk Wall 1244 (Ниеманц-Автоматика)	Celeron D 2,4 ГГц	2	4	256	40	Ethernet 10/100 Base-T; 2×RS-232; 8×USB 2.0; 1×LPT	—	—	300	192×253×432

Переносные ПК («mobile»)										
PWS-1409/TP (Advantech)	—	4	4	Определяется пользователем			14,1"	108	300	400×320×200
ROBO-4000-5074M (ICOS)	Pentium 4 2,8 ГГц	3	4	256... 2 Гбайт	40	Ethernet 10/100 Base-T; 4×RS-232;6×USB 2.0; 1×LPT	15"	108	400	400×356×260
ROBO-4000-POLAR (ICOS)	Celeron 2,4 ГГц	—	6	256... 1 Гбайт	40	2×RS-232; 2×USB 2.0; 1×LPT	15"	108	350	400×201×230
FRONT- Portable 4244 (Ниеманц-Автоматика)	Celeron D 2,4 ГГц	3	4	256	80	Ethernet 10/100 Base-T; 2×RS-232; 2×USB 2.0; 1×LPT	12"	108	300	400×291×210
Mobile Forse Getac M220 (MiTAC Technology Corp.)	Pentium M 1,6 МГц	—	2	256... 2 Гбайт	80	Ethernet 10/100 Base-T; 1×RS-232; 2×USB 2.0; 1×LPT; 1×PS/2; GSM	14,1"	87	40 (12...32 VDC); 200 (100... 240 VAC)	328×272×42
Промышленные планшетные компьютеры										
ГРАНАТ (НПО «Техника-Сервис»)	Pentium M 2,2 ГГц	—	—	512... 1 Гбайт	20... 120	1×RS-232; 1×USB 2/0; 2×PCMCIA; 1×LAN	8,4" XGA	8 функц. клавиш	Внешний: 100... 240 VAC	270×197× 46
Промышленные карманные компьютеры										
КУЛОН (НПО «Техника-Сервис»)	×Scale P×A255 400 МГц	—	—	128	—	2×RS-232; 1PCMCIA; 1×USB 2.0	4" VGA	4 функц. клавиши	Аккумуля. 7,4В, 1800 мАч	90×150×33



ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

ROBO-5000-5163T (ICOS)	Pentium III 1 ГГц	—	1	1 Гбайт	40	3×RS-232;1×RS-485; 2×USB 2.0; 1×LPT;	15"	—	150	410×309×103
ROBO-5000-5163T (ICOS)	Celeron 2 ГГц	—	1	2 Гбайт	40	Ethernet 10/100 Base-T; 3×RS-232; 2×USB 2.0; 1×LPT;	17"	—	200	452×356×103
PC 670-15» (Siemens)	Celeron 300 МГц	1×ISA/ PCI, 1×PCI, 1×PCMC1		256	8	Ethernet 10/100 Base-T; 2×USB 2.0; Profibus DP	15"	94	300	483×355×130
RACK PC										
ROBO-2000-4075 (ICOS)	Pentium 4 2,8 ГГц	—	3 3× PCI—x	1024	120	4×RS-232; 4×USB 2.0	—	—	525	482×177×450
ROBO-2000-4775 (ICOS)	Pentium 4 3,2 ГГц	5	8	2 Гбайт	160		—	—	400	
RACK-307 (ICP Electronics)	—	10×ISA/PCI		—	—	PS/2	7" (моно)	—	250	430×177×465
RACK-300A (ICP Electronics)	—	9×BP—145/ PCI		—	—	PS/2	—	—	200	430×177×430
IPC-510-SYS1-4 (Advantech)	Pentium 4 2,8 ГГц	—	4	512	80	Ethernet 10/100 Base-T; 1×RS-232;8×USB 2.0; 1×LPT; 2×PS/2	—	—	300	482×177×450
IPC-510-SYS2-1 (Advantech)	Celeron 2,53 ГГц	7	4	512	80	Ethernet 10/100 Base-T; 2×RS-232;6×USB 2.0; 1×LPT; 1×PS/2	—	—	250	
FRONT RACK 4544 (Ниешанц-Автоматика)	Celeron D 2,53 ГГц	—	3	256	40	Ethernet 10/100 Base-T; 1×RS-232; 4×USB 2.0; 1×LPT	—	—	310	431×176×480

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

Окончание табл. 3.9

Тип, фирма	Процессор	Число слотов расширения		Операт. память, Мбайт	HDD Гбайт	Коммуникации	Дисплей (TFT ЖК)	Клавиатура (число клавиш)	Потреб. мощность, Вт	Габариты (Ш×В×Г) мм
		ISA	PCI							
ARK-3389 (Advantech)	Pentium M 1,4 ГГц	—	—	256	—	Ethernet 10/100 Base-T; 1×RS-232; 1×RS-485 1×USB 2.0; 1×PS/2	—	—	46 (12...24 VDC)	264,5×69×137
UNO-2176 (Advantech)	Celeron M 1 ГГц, Pentium M 1,4 ГГц	PCMCIA, PC-104		512	—	2×Ethernet 10/100 Base-T; 2×RS-232/422/485, 2×USB	—	—	24	255×152×59
Simatic BOX PC620 (Siemens)	Pentium III 700 МГц	2-3	2-3	64...768	20	Ethernet 10/100 Base-T; 1×USB 2.0; Profibus DP	—	—	200	88×254×266
PC7 rugged (SBS Technologies)	Celeron 556 МГц	3× PC/104+		64...512	20 Гбайт-тайт; Флэш—2	2×Ethernet 10/100 Base-TX; 2×RS-232 2×RS-422/485;	—	—	40 (10...30 VDC)	220×83× 125
AMC-cPCI 3000 (SBS Technologies)	Проц. Модуль RL4 PowerPC 500 МГц	OC: V×Works 2		128	Флэш—64 Мбайт	1×Ethernet 10/100 Base-T; 4×RS-232 /422/485;	—	—	65 (16...40 VDC)	273×89× 325
Tower PC										
Simatic PC R145 PIII Tower (Siemens)	Pentium III 600 МГц	3-4	5-6	64...768	20	Ethernet 10/100 Base-T; Profibus DP	—	—	300	170×350×445
Front Desk Wall 1244 (Ниеманц-Автоматика)	Celeron D 2,4 ГГц	2	4	256	40	Ethernet 10/100 Base-T; 2×RS-232; 8×USB 2.0; 1×LPT	—	—	300	192×253×432

Переносные ПК («mobile»)										
PWS-1409/TP (Advantech)	—	4	4	Определяется пользователем			14,1"	108	300	400×320×200
ROBO-4000-5074M (ICOS)	Pentium 4 2,8 ГГц	3	4	256... 2 Гбайт	40	Ethernet 10/100 Base-T; 4×RS-232;6×USB 2.0; 1×LPT	15"	108	400	400×356×260
ROBO-4000-POLAR (ICOS)	Celeron 2,4 ГГц	—	6	256... 1 Гбайт	40	2×RS-232; 2×USB 2.0; 1×LPT	15"	108	350	400×201×230
FRONT- Portable 4244 (Ниеманц-Автоматика)	Celeron D 2,4 ГГц	3	4	256	80	Ethernet 10/100 Base-T; 2×RS-232; 2×USB 2.0; 1×LPT	12"	108	300	400×291×210
Mobile Forse Getac M220 (MiTAC Technology Corp.)	Pentium M 1,6 МГц	—	2	256... 2 Гбайт	80	Ethernet 10/100 Base-T; 1×RS-232; 2×USB 2.0; 1×LPT; 1×PS/2; GSM	14,1"	87	40 (12...32 VDC); 200 (100... 240 VAC)	328×272×42
Промышленные планшетные компьютеры										
ГРАНАТ (НПО «Техника-Сервис»)	Pentium M 2,2 ГГц	—	—	512... 1 Гбайт	20... 120	1×RS-232; 1×USB 2/0; 2×PCMCIA; 1×LAN	8,4" XGA	8 функц. клавиш	Внешний: 100... 240 VAC	270×197× 46
Промышленные карманные компьютеры										
КУЛОН (НПО «Техника-Сервис»)	×Scale P×A255 400 МГц	—	—	128	—	2×RS-232; 1PCMCIA; 1×USB 2.0	4" VGA	4 функц. клавиши	Аккумуля. 7,4В, 1800 мАч	90×150×33



ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

Переносные ПК («mobile»)										
PWS-1409/TP (Advantech)	—	4	4	Определяется пользователем		14,1"	108	300	400×320×200	
ROBO-4000-5074M (ICOS)	Pentium 4 2,8 ГГц	3	4	256... 2 Гбайт	40	Ethernet 10/100 Base-T; 4×RS-232;6×USB 2.0; 1×LPT	15"	108	400	400×356×260
ROBO-4000-POLAR (ICOS)	Celeron 2,4 ГГц	—	6	256... 1 Гбайт	40	2×RS-232; 2×USB 2.0; 1×LPT	15"	108	350	400×201×230
FRONT- Portable 4244 (Ниешанц- Автоматика)	Celeron D 2,4 ГГц	3	4	256	80	Ethernet 10/100 Base-T; 2×RS-232; 2×USB 2.0; 1×LPT	12"	108	300	400×291×210
Mobile Forse Getac M220 (MiTAC Technology Corp.)	Pentium M 1,6 МГц	—	2	256... 2 Гбайт	80	Ethernet 10/100 Base-T; 1×RS-232; 2×USB 2.0; 1×LPT; 1×PS/2; GSM	14,1"	87	40 (12...32 VDC); 200 (100... 240 VAC)	328×272×42
Промышленные планшетные компьютеры										
ГРАНАТ (НПО «Техника-Сервис»)	Pentium M 2,2 ГГц	—	—	512... 1 Гбайт	20... 120	1×RS-232; 1×USB 2/0; 2×PCMCIA; 1×LAN	8,4" XGA	8 функц. клавиш	Внешний: 100... 240 VAC	270×197× 46
Промышленные карманные компьютеры										
КУЛОН (НПО «Техника-Сервис»)	×Scale P×A255 400 МГц	—	—	128	—	2×RS-232; 1PCMCIA; 1×USB 2.0	4" VGA	4 функц. клавиши	Аккумуля. 7,4В, 1800 мАч	90×150×33

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

Таблица 3.10. Технические характеристики панелей оператора

Модель	Тип панели	Число строк символов	Число клавиш	ПЦП, ОС, объем памяти	Размер экрана	Интерфейс	Питание	Габариты	Пакет ПО
Simatic TD 200 (Siemens)	Текстовая клавишная	2×20	10	—	—	RS-485	24 VDC, 100 mA	148×76	Step7 Micro/Win
Simatic TP 070 (Siemens)	Графическая сенсорная	—	—	RISC, 66 МГц, Wind. CE 128 кбайт	5,7"	RS-485	24 VDC, 240 mA	221×156	Step7 Micro/Win
Simatic OP 17 (Siemens)	Текстовая клавишная	4×20	22-системные; 24-функциональные	RMOS, 256 кбайт	—	RS-232/ RS-485 (MPI, ProfibusDP)	24 VDC, 250 mA	240×204	Simatic ProTool/ Pro v5.2
Simatic TP 170B (Siemens)	Графическая сенсорная	—	—	RISC, 66 МГц, Wind. CE 768 кбайт	5,7"	RS-232/ RS-485 (MPI, ProfibusDP)	24 VDC, 250 mA	240×252	ProTool/ Pro v5.2
Simatic OP 170B (Siemens)	Графическая клавишная	—	35-системные; 24-программируемые	RISC, 66 МГц, Wind. CE 768 кбайт	5,7"	RS-232/ RS-485 (MPI, ProfibusDP)	24 VDC, 250 mA	240×252	ProTool/ Pro
Simatic TP 270-10 (Siemens)	Графическая сенсорная	—	—	RISC 64 разр., 66 МГц, Wind. CE 2 Мбайт	10,4" цветной	RS-232/ RS-485, USB, Ethernet TCP/IP, MPI, Profibus	24 VDC, 900 mA	335×275	ProTool v6.0
Simatic OP 270-10 (Siemens)	Графическая клавишная	—	38-системные; 36-программируемые	RISC 64 разр., 66 МГц, Wind. CE, 2 Мбайт	10,4" цветной	RS-232/ RS-485, USB, Ethernet TCP/IP, MPI, Profibus	24 VDC, 900 mA	483×310	ProTool v6.0
Simatic MP370 (Siemens)	МФ графическая клавишная	—	38-системные; 36-программируемые	RISC 64-разр., Wind. CE, 12 Мбайт	12,1" цветной	RS-232/RS-422/RS-485; RS-232, MPI/Profibus Ethernet	24 VDC, 1150 mA	483×310	ProTool v5.1 SP3
XBT P (Schneider Electric)	Текстовая клавишная	2×20 или 4×40	12-функциональные; 10-сервисные	80386, Magelis, 8 Мбайт	—	RS-232/ RS-485, (ASi, Modbus)	24 VDC, 400 mA	253×152	XBT L 1003
XBT F01 (Schneider Electric)	Графическая клавишная	—	10-функциональные; 12-сервисные; 8-программные	80386, Magelis, 8 Мбайт	5,7"	RS-232/ RS-485, (ASi, Modbus, EthernetTCP/IP)	24 VDC, 1400 mA	220×265	XBT L 1003

XBT F03 (Schneider Electric)	Графическая сенсорная	—	—	Pentium, Magelis, 32 Мбайт	10,4" цветной	RS-232/ RS-485, EthernetTCP/IP	24 VDC, 1400 mA	296×222	XBT L 1003
GT1155 (Mitsubishi Electric)	Графическая сенсорная	—	—	4 Мбайт	5,7"	RS-232/ RS-485	24 VDC, 400 mA	164×135	GT Works 2
MAC E700 (Mitsubishi Electric)	Графическая клавишная	—	16-функциональные; 6 touchkey	400 кбайт–8 Мбайт	Цветной 640×480	RS-232/ RS-485 (ProfibusDP)	24 VDC,	214×232	E Designer
Dayanel (GE Fanuc)	Текстовая клавишная	8×40	10	100 страниц	—	RS-232/ RS-485, (Profibus, Genius)	24 VDC,	208×188	Cimplicity
QuickPanel (GE Fanuc)	Графическая сенсорная	—	—	RISC, 100 МГц, 4 Мбайт	12,1" цветной	EthernetTCP/IP	24 VDC	317×243	Cimplicity
H-K30m-S (Beijer Electronics)	Текстовая клавишная	2×20 или 4×40	16 (10-программируемые)	RISC, 4 Мбайт	3"	RS-232/ RS-422/ RS-485	24 VDC	173×105	Information Designer
Cimrex 90D (Beijer Electronics)	Графическая, текстовая	—	22-функциональные	RISC, 1,6 Мбайт	10,4" цветной	RS-232, RS-422	24 VDC	367×274	Information Designer
Exter T150 (Beijer Electronics)	Графическая сенсорная	—	—	RISC, 416 МГц, 64 Мбайт	15" цветной	RS-232, RS-485 /422, Ethernet	24 VDC	356×279	Information Designer
HMI 1206 (BrainChild)	Графическая сенсорная	—	—	SHARP-ARM9 200 МГц, 32 Мбайт	12,1" цветной	RS-232/RS-485, Ethernet	24 VDC	312×246	HMI Studio
PWS 3260-TFT (Hitech)	Графическая сенсорная	—	—	RISC, 206 МГц, 4 Мбайт	10,4" цветной	RS-232, RS-422, RS-485	24 VDC, 800 mA	286×211	ADP
TP04G (Delta Electronics)	Текстовая клавишная	4×16, 8×16, 8×25	10-функциональные	16-разр. ПЦП, 256 кбайт	3"	RS-232, RS-485	24 VDC, 250 mA	147×97	TPEdit
DOP-A75CSTD (Delta Electronics)	Графическая сенсорная	—	4-пользовательские	RISC, 202 МГц, RealTime OS, 32 Мбайт	7,5" цветной	RS-232, USB, RS-232/RS-485	24 VDC, 400 mA	243×178	SCredit
EZ-420 (DirectLogic)	Текстовая клавишная	4×20	5	—	—	RS-485 (Modbus RTU)	24 VDC	—	EZ-Textedit



ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

Модель	Тип панели	Число строк символов	Число клавиш	ПЦП, ОС, объем памяти	Размер экрана	Интерфейс	Питание	Габариты	Пакет ПО
EZ-S8C-F (Direct Logic)	Графическая сенсорная	—	192 Touch Screen	Motorola, 40 МГц, 512 кбайт–1 Мбайт	8,2" цветной	RS-232, RS-232/RS-422/RS-485	24 VDC, 700 mA	216×268	EZ-Touchedit
Blue 300 (Maple Systems)	Графическая клавишная	—	5-функциональные 5-пользовательские;	256 кбайт	3"	RS-232, RS-485 (Modbus)	24 VDC, 140 mA	147×97	EZware-5000
Gold Series, мод. 215A (Maple Systems)	Графическая сенсорная	—	—	Intel Celeron 2,0 ГГц, Wind. XP, 256 кбайт, /40 Гбайт	15"	4xCOM 2xUSB 2.0, Ethernet 10/100/1000	100-240 VAC	300×400×100	WebStudio, v.6.1
V04 (ЗАО Текон, Россия)	Текстовая клавишная	4×16, 8×21	29	16-разр. ПЦП, 14,7 МГц, 128 кбайт	3"	RS-232, RS-485 (T4000, CAN)	24 VDC, 200 mA	180×105	Настройка с клавиатуры или по протоколу T4000
Мобильные панели оператора									
Simatic Mobile Panel 170 (Siemens)	Графическая клавишная + сенсорная	—	14-программируемые	RISC, 66 МГц, Wind. CE, 768 кбайт	5,7"	RS-232, RS-422/RS-485, (MPI/ ProfibusDP)	24 VDC, 300 mA (через соединит. коробку)	Диам. 245×58	Simatic ProTool/Lite, Simatic ProTool/ Pro v6.0
GP2301 HL (Digital/Pro-face)	Графическая клавишная + сенсорная	—	12-программируемые, 16-сенсорные	1 Мбайт	5,7"	RS-232/ RS-422, Modbus+, Profibus	24 VDC, 500 mA	253×185×75	GP-PRO/ PBIII
MT812IT (Weitek)	Графическая сенсорная	—	—	RISC 200 МГц, 64 Мбайт, флэш 32 Мбайт	12,1"	RS-232, 2×RS-232/RS-485, Ethernet 10/100 BaseT, 3×USB 2.0	24 VDC	204×150×50	Easy Builder

Таблица 3.11. Технические характеристики блоков питания ICP Electronics

Модель	Тип	Мощность, Вт	Входное напряжение, В	Ток нагрузки, А	Рабочая температура, °С	Габариты, мм
ACE-C232	АТ (дублирован)	2×230	110/220 VAC	При +5 В: 20 При +12 В: 10 При -5 В: 0,5 При -12 В: 0,5	0...+50	150×140×86
ACE-828A	АТХ	280	90...130 VAC; 180...260 VAC	При +5 В: 25 При +12 В: 10 При -5 В: 0,5 При -12 В: 0,5	-20...+70	150×140×86
ACE-925C	АТ	250	24 VDC (19...30 VDC)	При +5 В: 25 При +12 В: 6 При -5 В: 1,0 При -12 В: 2,0	-20...+70	150×140×86

Таблица 3.12. Характеристики источников бесперебойного питания

Модель, фирма	Мощность, кВА	Время автономной работы, мин. (нагрузка, ВА)	Входное-выходное напряжение, В	Интерфейс	Габариты (Ш×В×Г), мм	Тип ИБП
1	2	3	4	5	6	7
Powerware 5115	0,5 0,7 1,0 1,4	5 (500) 13 (500) 15 (500) 28 (500)	220/230/240	—	150×185×268 (для 0,5 кВА)	Line-Interactive *
Powerware 9305	7,5 10,0 15,0	44 30 18	3×380	2×RS-232	400×710×750	On-line
Powerware 9315 Powerware (Великобритания)	200 400	8...35 7...21	3×380	RS-232, RS-485	1654×1867×800 1880×1867×800	On-line
Dialog Active Rack DAR 300	3	12	230	RS-232, USB	482,6×133×490 (19" исп.)	Модульный
Dialog Power Centre II 12DPC 200 Riello UPS Manufacturing (Италия)	200	10...30	380/400/415	RS-232/ RS-422 «СК»	1500×1800×900	On-line
HF Top Line Meta System (Италия)	4	7...22	230	RS-232, «СК»	560×480×270	On-line
Primewave	10	10	220/230/240	RS-232, «СК»	430×1200×800	On-line
Conceptpower Ne Wave (Швейцария)	20	10	230/3×380	RS-232, «СК»	483×400×675	On-line

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

XBT F03 (Schneider Electric)	Графическая сенсорная	—	—	Pentium, Magelis, 32 Мбайт	10,4" цветной	RS-232/ RS-485, Ethernet/TCP/IP	24 VDC, 1400 mA	296×222	XBT L 1003
GT1155 (Mitsubishi Electric)	Графическая сенсорная	—	—	4 Мбайт	5,7"	RS-232/ RS-485	24 VDC, 400 mA	164×135	GT Works 2
MAC E700 (Mitsubishi Electric)	Графическая клавишная	—	16-функцион. 6 touchkey	400 кбайт–8 Мбайт	Цветной 640×480	RS-232/ RS-485 (ProfibusDP)	24 VDC,	214×232	E Design-ner
Dayanel (GE Fanuc)	Текстовая клавишная	8×40	10	100 страниц	—	RS-232/ RS-485, (Profibus, Genius)	24 VDC,	208×188	Cimplici-ty
QuickPanel (GE Fanuc)	Графическая сенсорная	—	—	RISC, 100 МГц, 4 Мбайт	12,1" цветной	Ethernet/TCP/IP	24 VDC	317×243	Cimplici-ty
H-K30m-S (Beijer Electronics)	Текстовая клавишная	2×20 или 4×40	16 (10-программируемые)	RISC, 4 Мбайт	3"	RS-232/ RS-422/ RS-485	24 VDC	173×105	Information Designer
Cimrex 90D (Beijer Electronics)	Графическая, текстовая	—	22-функциональные	RISC, 1,6 Мбайт	10,4" цветной	RS-232, RS-422	24 VDC	367×274	Information Designer
Exter T150 (Beijer Electronics)	Графическая сенсорная	—	—	RISC, 416 МГц, 64 Мбайт	15" цветной	RS-232, RS-485 /422, Ethernet	24 VDC	356×279	Information Designer
HMI 1206 (BrainChild)	Графическая сенсорная	—	—	SHARP-ARM9 200 МГц, 32 Мбайт	12,1" цветной	RS-232/RS-485, Ethernet	24 VDC	312×246	HMI Studio
PWS 3260-TFT (Hitech)	Графическая сенсорная	—	—	RISC, 206 МГц, 4 Мбайт	10,4" цветной	RS-232, RS-422, RS-485	24 VDC, 800 mA	286×211	ADP
TP04G (Delta Electronics)	Текстовая клавишная	4×16, 8×16, 8×25	10-функциональные	16-разр. ППЦ, 256 кбайт	3"	RS-232, RS-485	24 VDC, 250 mA	147×97	TPEdit
DOP-A75CSTD (Delta Electronics)	Графическая сенсорная	—	4-пользовательские	RISC, 202 МГц, RealTime OS, 32 Мбайт	7,5" цветной	RS-232, USB, RS-232/RS-485	24 VDC, 400 mA	243×178	SCRedit
EZ-420 (DirectLogic)	Текстовая клавишная	4×20	5	—	—	RS-485 (Modbus RTU)	24 VDC	—	EZ-Textedit

Модель	Тип панели	Число строк символов	Число клавиш	ППЦ, ОС, объем памяти	Размер экрана	Интерфейс	Питание	Габариты	Пакет ПО
EZ-S8C-F (Direct Logic)	Графическая сенсорная	—	192 Touch Screen	Motorola, 40 МГц, 512 кбайт–1 Мбайт	8,2" цветной	RS-232, RS-232/RS-422/RS-485	24 VDC, 700 mA	216×268	EZ-Touchedit
Blue 300 (Maple Systems)	Графическая клавишная	—	5-функциональные 5-пользовательские;	256 кбайт	3"	RS-232, RS-485 (Modbus)	24 VDC, 140 mA	147×97	EZware-5000
Gold Series, мод. 215A (Maple Systems)	Графическая сенсорная	—	—	Intel Celeron 2,0 ГГц, Wind. XP, 256 кбайт, /40 Гайт	15"	4xCOM 2xUSB 2.0, Ethernet 10/100/1000	100-240 VAC	300×400×100	WebStudio, v.6.1
V04 (ЗАО Текон, Россия)	Текстовая клавишная	4×16, 8×21	29	16-разр. ППЦ, 14,7 МГц, 128 кбайт	3"	RS-232, RS-485 (T4000, CAN)	24 VDC, 200 mA	180×105	Настройка с клавиатуры или по протоколу T4000
Мобильные панели оператора									
Simatic Mobile Panel 170 (Siemens)	Графическая клавишная + сенсорная	—	14-программируемые	RISC, 66 МГц, Wind. CE, 768 кбайт	5,7"	RS-232, RS-422/RS-485, (MPI/ ProfibusDP)	24 VDC, 300 mA (через соединит. коробку)	Диам. 245×58	Simatic ProTool/Lite, Simatic ProTool/ Pro v6.0
GP2301 HL (Digital/Pro-face)	Графическая клавишная + сенсорная	—	12-программир., 16-сенсорные	1 Мбайт	5,7"	RS-232/ RS-422, Modbus+, Profibus	24 VDC, 500 mA	253×185×75	GP-PRO/ PБИИ
MT812IT (Weitek)	Графическая сенсорная	—	—	RISC 200 МГц, 64 Мбайт, флэш 32 Мбайт	12,1"	RS-232, 2×RS-232/RS-485, Ethernet 10/100 BaseT, 3×USB 2.0	24 VDC	204×150×50	Easy Builder

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

XBT F03 (Schneider Electric)	Графическая сенсорная	—	—	Pentium, Magelis, 32 Мбайт	10,4" цветной	RS-232/ RS-485, EthernetTCP/IP	24 VDC, 1400 mA	296×222	XBT L 1003
GT1155 (Mitsubishi Electric)	Графическая сенсорная	—	—	4 Мбайт	5,7"	RS-232/ RS-485	24 VDC, 400 mA	164×135	GT Works 2
MAC E700 (Mitsubishi Electric)	Графическая клавишная	—	16-функцион. 6 touchkey	400 кбайт–8 Мбайт	Цветной 640×480	RS-232/ RS-485 (ProfibusDP)	24 VDC,	214×232	E Desig-ner
Dayapanel (GE Fanuc)	Текстовая клавишная	8×40	10	100 страниц	—	RS-232/ RS-485, (Profibus, Genius)	24 VDC,	208×188	Cimplici-ty
QuickPanel (GE Fanuc)	Графическая сенсорная	—	—	RISC, 100 МГц, 4 Мбайт	12,1" цветной	EthernetTCP/IP	24 VDC	317×243	Cimplici-ty
H-K30m-S (Beijer Electronics)	Текстовая клавишная	2×20 или 4×40	16 (10-программируемые)	RISC, 4 Мбайт	3"	RS-232/ RS-422/ RS-485	24 VDC	173×105	Information Designer
Cimrex 90D (Beijer Electronics)	Графическая, текстовая	—	22-функциональные	RISC, 1,6 Мбайт	10,4" цветной	RS-232, RS-422	24 VDC	367×274	Information Designer
Exter T150 (Beijer Electronics)	Графическая сенсорная	—	—	RISC, 416 МГц, 64 Мбайт	15" цветной	RS-232, RS-485 /422, Ethernet	24 VDC	356×279	Information Designer
HMI 1206 (BrainChild)	Графическая сенсорная	—	—	SHARP-ARM9 200 МГц, 32 Мбайт	12,1" цветной	RS-232/RS-485, Ethernet	24 VDC	312×246	HMI Studio
PWS 3260-TFT (Hitech)	Графическая сенсорная	—	—	RISC, 206 МГц, 4 Мбайт	10,4" цветной	RS-232, RS-422, RS-485	24 VDC, 800 mA	286×211	ADP
TP04G (Delta Electronics)	Текстовая клавишная	4×16, 8×16, 8×25	10-функциональные	16-разр. ППЦ, 256 кбайт	3"	RS-232, RS-485	24 VDC, 250 mA	147×97	TPEdit
DOP-A75CSTD (Delta Electronics)	Графическая сенсорная	—	4-пользовательские	RISC, 202 МГц, RealTime OS, 32 Мбайт	7,5" цветной	RS-232, USB, RS-232/RS-485	24 VDC, 400 mA	243×178	SCRedit
EZ-420 (DirectLogic)	Текстовая клавишная	4×20	5	—	—	RS-485 (Modbus RTU)	24 VDC	—	EZ-Textedit

Модель	Тип панели	Число строк символов	Число клавиш	ППЦ, ОС, объем памяти	Размер экрана	Интерфейс	Питание	Габариты	Пакет ПО
EZ-S8C-F (Direct Logic)	Графическая сенсорная	—	192 Touch Screen	Motorola, 40 МГц, 512 кбайт–1 Мбайт	8,2" цветной	RS-232, RS-232/RS-422/RS-485	24 VDC, 700 mA	216×268	EZ-Touchedit
Blue 300 (Maple Systems)	Графическая клавишная	—	5-функциональные 5-пользовательские;	256 кбайт	3"	RS-232, RS-485 (Modbus)	24 VDC, 140 mA	147×97	EZware-5000
Gold Series, мод. 215A (Maple Systems)	Графическая сенсорная	—	—	Intel Celeron 2,0 ГГц, Wind. XP, 256 кбайт, /40 Гайт	15"	4xCOM 2xUSB 2.0, Ethernet 10/100/1000	100-240 VAC	300×400×100	WebStudio, v.6.1
V04 (ЗАО Текон, Россия)	Текстовая клавишная	4×16, 8×21	29	16-разр. ППЦ, 14,7 МГц, 128 кбайт	3"	RS-232, RS-485 (T4000, CAN)	24 VDC, 200 mA	180×105	Настройка с клавиатуры или по протоколу T4000
Мобильные панели оператора									
Simatic Mobile Panel 170 (Siemens)	Графическая клавишная + сенсорная	—	14-программируемые	RISC, 66 МГц, Wind. CE, 768 кбайт	5,7"	RS-232, RS-422/RS-485, (MPI/ ProfibusDP)	24 VDC, 300 mA (через соединит. коробку)	Диам. 245×58	Simatic ProTool/Lite, Simatic ProTool/ Pro v6.0
GP2301 HL (Digital/Pro-face)	Графическая клавишная + сенсорная	—	12-программир., 16-сенсорные	1 Мбайт	5,7"	RS-232/ RS-422, Modbus+, Profibus	24 VDC, 500 mA	253×185×75	GP-PRO/ PBIII
MT812IT (Weitek)	Графическая сенсорная	—	—	RISC 200 МГц, 64 Мбайт, флэш 32 Мбайт	12,1"	RS-232, 2×RS-232/RS-485, Ethernet 10/100 BaseT, 3×USB 2.0	24 VDC	204×150×50	Easy Builder



Таблица 3.11. Технические характеристики блоков питания ICP Electronics

Модель	Тип	Мощность, Вт	Входное напряжение, В	Ток нагрузки, А	Рабочая температура, °С	Габариты, мм
ACE-C232	AT (дублирован)	2×230	110/220 VAC	При +5 В: 20 При +12 В: 10 При -5 В: 0,5 При -12 В: 0,5	0...+50	150×140×86
ACE-828A	ATX	280	90...130 VAC; 180...260 VAC	При +5 В: 25 При +12 В: 10 При -5 В: 0,5 При -12 В: 0,5	-20...+70	150×140×86
ACE-925C	AT	250	24 VDC (19...30 VDC)	При +5 В: 25 При +12 В: 6 При -5 В: 1,0 При -12 В: 2,0	-20...+70	150×140×86

Таблица 3.12. Характеристики источников бесперебойного питания

Модель, фирма	Мощность, кВА	Время автономной работы, мин. (нагрузка, ВА)	Входное-выходное напряжение, В	Интерфейс	Габариты (Ш×В×Г), мм	Тип ИБП
1	2	3	4	5	6	7
Powerware 5115	0,5 0,7 1,0 1,4	5 (500) 13 (500) 15 (500) 28 (500)	220/230/240	—	150×185×268 (для 0,5 кВА)	Line-Interactive *
Powerware 9305	7,5 10,0 15,0	44 30 18	3×380	2×RS-232	400×710×750	On-line
Powerware 9315 <i>Powerware</i> (Великобритания)	200 400	8...35 7...21	3×380	RS-232, RS-485	1654×1867×800 1880×1867×800	On-line
Dialog Active Rack DAR 300	3	12	230	RS-232, USB	482,6×133×490 (19" исп.)	Модульный
Dialog Power Centre II 12DPC 200 Riello UPS <i>Manufacturing</i> (Италия)	200	10...30	380/400/415	RS-232/ RS-422 «СК»	1500×1800×900	On-line
HF Top Line <i>Meta System</i> (Италия)	4	7...22	230	RS-232, «СК»	560×480×270	On-line
Primewave	10	10	220/230/240	RS-232, «СК»	430×1200×800	On-line
Conceptpower <i>Ne Wave</i> (Швейцария)	20	10	230/3×380	RS-232, «СК»	483×400×675	On-line

окончание табл. 3.12

1	2	3	4	5	6	7
MASTERYS-BC312 Socomec Sicon UPS (Франция-Италия)	12	12	230/3х400	RS-232	444×700×795	On-line
UPStation GXT Liebert (США)	6 10	7 (100%) 10 (100%)	230	RS-232	558×260×800 640×340×965	On-line
7857.403 RITTAL (Германия)	2	10 (100%), 22 (50%)	220/230/240 ±3%	RS-232	482,×89×410	On-line
DC UPS 24 В/7 А-ч (Siemens)	0,16	2	24 VDC	RS-232	168×156×112	On-line

* ИБП со стабилизатором напряжения на входе. Инвертор формирует выходное напряжение только при работе батарей. В нормальном режиме питание нагрузки осуществляется от сети.

Таблица 3.13. Разрешение TFT ЖК-мониторов

Размер по диагонали	Разрешение, пиксель	Размер по диагонали	Разрешение, пиксель
5,7" (моно)	320×240	12", 12,1"	800×600
6,0"	640×480	13,3"	1024×768
6,4"	640×480	14,1"	1024×768
10,0"	800×600	15"	1024×768
10,4"	800×600	17"	1280×1024

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

Таблица 3.14. Технические характеристики микропроцессорных регуляторов

Тип, изготовитель	Число каналов	Программ. задатчик	Авто—настройка	Входные сигналы	Выходные сигналы	Интерфейс	Число индикаторов	
							Текущие	Заданные
UP350	1	10 сегментов	Да	4...20 мА — 1, дискретные — 2	4...20 мА — 1, релейные — 2	—	4	4
UP550/750	2	99 сегментов	Да	4...20 мА — 1, дискретные — 7	4...20 мА — 1, релейные — 2	—	5	Дисплей
US1000 Yokogawa (Япония)	2	—	Да	4...20 мА — 1, универсал. — 2; цифровые: 2...7	4...20 мА — 1, 0...10 В — 1, цифровые: 3...7	RS-485	5	5
MT-96 FOTEK (Тайвань)	1	—	Да	Термопары: J, K; ТС: Pt100; 4...20 мА, 0...10 В	Термопары: R, J, K, T, E, B, N, L; ТС: Pt100	RS-485	4	4
731C Foxboro, США	1	—	—	Термопары: S, R, J, K, T, E, B, NW, L; ТС: Pt100; 4...20 мА, 10 В	4...20 мА — 1, релейные — 4	RS-422/RS-485	4	4
DTA 9696 Delta Electronics Inc. (Тайвань)	1	—	—	Термопары: S, R, J, K, T, E, B, N, L; ТС: Pt100	4...20 мА — 1, релейные — 2, rpr — 1	RS-485	4	4
TROVIS 6494, SAMSON (Германия)	2	—	Да	4...20 мА, 0...10 В, Pt100, Pt1000, Ni100, Ni1000 дискретные — 1	4...20 мА — 1, релейные — 2, rpr — 1	—	4	4
IMAGO-500 JUMO (Германия)	8	50 программ	Да	0...50 мВ, 0...1 В, 0...10 В, 4...20 мА, дискретные — 2	4...20 мА — 1, релейные — 24	RS-422/RS-485, Profibus DP	5" дисплей (100×134 мм)	
UDC 2000 Honeywell (США)	2	12 сегментов	Да	Термопары: S, R, J, K, T, E, B, NW; ТС: Pt100; 4...20 мА, 1...5 В	4...20 мА, 1...5 В, релейные — 2	—	4	6
TKM 21 АО «Текон», Россия	2	—	Да	Термопара, ТС, 0...5, 0/4...20 мА, дискретные — 4	0...5, 0/4...20 мА, релейные — 4	RS-485	4	4
Термодат-15М1	2...4	30 программ по 15 шагов каждая	—	Термопары: S, R, J, K, T, E, B, NW, L; ТС: Pt100; 0...50 мВ	rpr — 4, релейный — 1	RS-232/RS-485	4; ЖК-дисплей (2 строки)	
Термодат – 19Е2 «Системы контроля» (Рос- сия)	4	4 программы по 20 участ- ков каждая	Да	Термопары: S,R,J,K,T,E,B,NW, L; ТС: Pt100; 0...50 мВ; 0...20 мА	4...20 мА, релейный, rpr, симистор	RS-485	ЖК-дисплей (320×240 точек)	

Окончание табл. 3.13

Тип, изготовитель	Число каналов	Программ. задатчик	Авто—настройка	Входные сигналы	Выходные сигналы	Интерфейс	Число индикаторов	
							Текущие	Заданные
Метакон 613 «КонтрАвт» (Россия)	1	10 сегментов	Да	Термопары: S, J, K, B, N, L, A; 0...50 мВ, 0/4...20 мА, дискретные — 2	rpr — 8	RS-485	4	—
Минитерм* 400 «МЗТА» (Россия)	1	10 сегментов	Да	Термопары: S, K, L; 0...50 мВ, 0...10 В, 0...5 мА, 0/4...20 мА, дискретные — 2	0...10 В, 0...5 мА, 0/4...20 мА, релейный — 1, rpr — 2	RS-232	4	4
TRM202	2	—	—	Термопары: J, K, B, N, LR, S, T, A; ТС: ТСП, ТСМ; 0...5, 0/4...20 мА; 0...1 В; -50...+50 мВ	Дискретный — 1; 4...20 мА	RS-485 (про- токол ОВЕН)	4	4
TRM138	8	—	—	Термопары: J, K, B, N, LR, S, T, A; ТС: ТСП, ТСМ; 0...5, 0/4...20 мА; 0...1 В; 0...50 мВ	Дискретные — 8 или 4...20 мА — 8	RS-485 (про- токол ОВЕН)	—	—
TRM101	2	—	Да	Термопары: J, K, B, N, LR, S, T, A; ТС: ТСП, ТСМ; 0...5, 0/4...20 мА; 0...1 В; -50...+50 мВ	Дискретный — 1; 4...20 мА или 0...10 В	RS-485 (про- токол ОВЕН)	4	4
TRM151 «ОВЕН» (Россия)	2	12 программ по 10 шагов каждая	Да	Термопары: L, K, J, N, R, S, B, A-1,2,3; ТС: ТСМ, ТСП 0/4...20 мА; СК	СК, rpr, 4...20 мА, 0...10 VDC, симисторные оптопары	RS-485 (про- токол ОВЕН)	4	4
МИК-22	2	—	—	Термопары: K, L ТС: ТСП, ТСМ; 0...5, 0/4...20 мА; 0...10 В. Дискретные — 2	0...5, 0/4...20 мА; 0...10 В. Дискретные — 4	RS-485	4	4
МТР-44 «МИКРОЛ» (Россия)	8	4 программы по 15 шагов каждая	—	ТС: ТСП, ТСМ; 0...5, 0/4...20 мА; 0...10 В. Дискретные — 2	Дискретные — 8	RS-485	4	—
ТП-402 ВАРТА (Россия)	1	—	—	Термопары: R, K, B, L, A	Симисторный — 1; тиристорный — 1	—	4	—

* Минитерм 400: напряжение питания 24 VDC.

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

 Таблица 3.15. Барьеры искрозащиты с гальванической развязкой *Elcon Instruments*

Тип модуля	Число каналов	Входной сигнал в безопасной зоне	Выходной сигнал в опасной зоне	Питание	Общие характеристики
μD411	1	«СК»	Релейный выход	24 VDC, 25 мА	Рабочая температура 0...60 °С; изоляция 2500 В (для серии 400)
μD412	2	«СК»	Релейный выход	24 VDC, 25 мА	
μD431/432	½	«СК»	Релейный выход, 2А	24 VDC, 15 мА	
μD441/442	1/2	«СК»	2 оптотранзистора	24 VDC, 20 мА	Подключение «под винт»; габариты: 16,4×112×92 мм
μD471/472	1/2	20...30 VDC	2 оптотранзистора (40 мА при 24 VDC, 10 мА при 12 VDC), нагрузка 300 Ом	20...30 VDC	

Таблица 3.16. Функциональные модули искробезопасной системы IS-RPI

Тип модуля	Функция	Число каналов	Общие характеристики
RSD-BI-Ex16	Двоичный вход	16	HART-совместимость; искробезопасное питание в взрывобезопасном корпусе; «горячая» замена модулей
RSD-BO-Ex4	Двоичный вход	4	
RSD-CI-Ex8	Аналоговый вход	8	
RSD-CI-Ex8.H	Аналоговый вход с протоколом HART	8	
RSD-CO-Ex8	Аналоговый вход	8	
RSD-CO-Ex8.H	Аналоговый выход с протоколом HART	8	Возможность передачи сигналов из взрывоопасной зоны оптоволоконными линиями связи
RSD-TI-Ex8	Аналоговый температурный преобразователь (термопары и термометры сопротивления)	8	
RSD-CT1-Ex2	Счетчик	2	

Практические занятия по теме №3.5.6. Программное обеспечение ПЛК, рабочих станций

ВОПРОСЫ ПЛК

1. Языки программирования ПЛК по стандарту IEC 61131-3.
2. Примеры программирования на языках IEC 61131-3.
3. Инструментальные системы программирования ПЛК.

ВОПРОСЫ РАБОЧИХ СТАНЦИЙ

1. SCADA-системы PCU.
2. Методика выбора SCADA-систем.
3. OPC-стандарт взаимодействия SCADA-систем и ПЛК.

4. Базы данных и системы управления базами данных.
5. Серверы баз данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Харазов В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами. – СПб.: Профессия, 2009. – 592 с. (352-418).

4.1. Языки программирования ПЛК по стандарту IEC 61131-3

Языки программирования контроллеров описаны в стандарте IEC 61131-3. В нем же описаны текстовые языки IL (Instruction List — Список инструкций) и ST (Structured Text — Структурированный текст), графические языки LD (Ladder Diagram— Язык Диаграмм Лестничной Логики) и LBD (Lunction Block Diagram — Язык Диаграмм Функциональных Блоков), а также язык графических схем SBC (Sequential Lunction Chart — Язык последовательных функциональных схем).

Вопросам программирования контроллеров по стандарту IEC-61131-3 посвящены работы [4.1-4.7].

4.1.1 Объекты адресации языков программирования ПЛК

Основные объекты адресации языков программирования ПЛК представляют собой либо биты, соответствующие дискретным логическим переменным, либо слова того или иного формата, соответствующие числовым данным.

Объекты-биты имеющие длину, соответствующую одному разряду, принимают значения 0 или 1 и соответствуют либо дискретным сигналам ввода/вывода, либо результатам выполнения тех или иных логических операций (0 соответствует понятию «ложь» — false, 1 — понятию «истина» — true).

301. *Биты ввода/вывода.* Биты являются логическим отображением электрического состояния ввода/вывода. Биты хранятся в памяти данных и обновляются в цикле при каждом сканировании задачи, в которой они сконфигурированы.

302. *Внутренние биты.* Внутренние биты %Mi используются для хранения промежуточных состояний во время выполнения программы.

303. *Системные биты.* Системные биты с %S0 до %SI2 7 следят за корректностью операций ПЛК в процессе работы программы приложения.

304. *Биты функциональных блоков.* Биты функциональных блоков соответствуют выходам специальных программных блоков, разработанных программистом. Эти выходы могут быть подсоединенными непосредственно (физически), либо использоваться как объекты.

305. *Биты, выделяемые из слова.* Используя программное обеспечение, можно выделять один из 16 битов из объекта типа «слово» (word).

306. *Объекты-слова* имеют различную длину и позволяют описывать числовые данные.

Байт. Формат длиной 8 бит используется для операций над символьными строками.

307. ***Слово одинарной длины.*** 16-битные слова могут содержать алгебраическую величину в диапазоне от -32 768 до 32 767.

308. Слово двойной длины. 32-битные слова могут содержать алгебраическую величину в диапазоне от -2 147 483 648 до 2 147 483 647. Эти слова хранятся в памяти в виде двух последовательных слов одинарной длины.

309. Слова с плавающей точкой используются при выполнении некоторых математических операций.

Адресация переменной величины в стандарте IEC 61131-3 осуществляется следующим образом. Сначала записывается символ стандарта *%*, затем тип объекта (I — ввод, Q — вывод), затем формат объекта (бит или слово), адрес (номер корзины, номер модуля, номер канала — для величин ввода/вывода или номер регистра для внутренних переменных ПЛК).

Формат адресации величины, вводимой или выводимой из ПЛК, представлен в табл. 4.1 (*а*), внутренней переменной ПЛК — в табл. 4.1 (*б*).

Таблица 4.1а

%	I или Q	X, W или B	x	y	i
Символ IEC	I — вход Q — выход	X — бит W — слово D — двойное слово	Номер корзины	Номер модуля	Номер канала

Таблица 4.1б

%	M, K или S	X, B, W, D или F	i
Символ IEC	M — внутренний K — константа S — системный	X — бит B — байт W — слово D — двойное слово F — слово с плавающей точкой	Адрес (номер ячейки памяти)

4.1.2 Язык Ladder Diagram (LD)

Язык LD представляет собой графическую интерпретацию процесса разработки релейно-контактных схем. В настоящее время язык LD является одним из наиболее распространенных языков программирования ПЛК. Этот язык наиболее удобен для программирования небольших задач дискретной логики, поэтому многие компактные контроллеры имеют язык LD в качестве основного языка для разработки программ управления.

Программы, написанные на языке LD, состоят из ступеней, которые выполняются ПЛК последовательно, слева направо. Ступень состоит из набора графических элементов (ячеек), ограниченных слева и справа условными шинами питания.

Набор графических элементов языка LD включает:

- 310. входы/выходы ПЛК (кнопки, контакты реле, конечные выключатели, сигналы датчиков, индикаторные лампы и т. д.);
- 311. стандартные управляющие системные функции (таймеры, счетчики и т. д.);
- 312. арифметические, логические и специальные операции; внутренние переменные ПЛК.

Дискретные входы ПЛК и результаты выполнения логических операций представляются в виде условных контактов реле, нормально разомкнутых (замыкаются при появлении сигнала на соответствующем входе или истинности поставленного в соответствие данному контакту логического выражения) и нормально замкнутых (с логикой работы, обратной предыдущей).

Дискретные выходы ПЛК или результаты выполнения данной ступени представляются в виде обмотки реле, питание на которой появляется после прохождения сигнала от левой условной шины питания через

все находящиеся на ступени элементы. Левая шина соответствует исходному питанию схемы, правая - выходу схемы, сигнал в котором появляется после замыкания всех контактов и выполнения всех логических условий.

Графические элементы языка LD можно условно разделить на базовые элементы, функциональные и операционные блоки. Каждый базовый элемент занимает одну ячейку (одну колонку в одной строке). Блоки могут занимать несколько ячеек.

Базовые блоки языка LD приведены в табл. 4.2.

Ступень содержит до 7-ми строк и до 11 -ти колонок, разделенных на две зоны — проверочную зону и зону действий. Каждая ступень может быть снабжена меткой и комментарием. Метки могут быть использованы для идентификации ступени внутри программного объекта (головной программы, подпрограммы и т. д.), но не являются обязательными. Метки имеют синтаксис %Li (где i от 0 до 999) и располагаются в левом верхнем углу перед шиной питания. Каждая метка может присваиваться только одной ступени в пределах данного программного объекта. Система сканирует ступени в том порядке, как они были введены, независимо от порядка нумерации меток.

В состав ступени может быть введен комментарий, содержащий до 222 алфавитно-цифровых символов и обрамленный с обоих концов символами (* и *), что упрощает интерпретацию ступени. Введение комментария не является обязательным. Комментарий запоминается в ПЛК и в любой момент может быть вызван пользователем. Следует учитывать, что комментарии используют память программ.

Ступень изображается в форме, похожей на релейные диаграммы. Простейшие проверочные элементы и элементы действия занимают одну строку и одну колонку ступени. Все линии контактов начинаются от левой шины питания и должны заканчиваться на правой шине питания (правая шина питания может не показываться). Проверочные операции всегда располагаются в колонках с 1 по 10. Операции действия всегда располагаются в колонке 11. Предполагается, что между шинами питания протекает ток, который имеет следующее направление:

313. по горизонтальным связям — слева направо;

314. по вертикальным связям — в обоих направлениях.

Проверочная зона содержит контакты, которые могут быть помечены любым ранее определенным битовым объектом, функциональные блоки и блоки сравнения.

Зона действий содержит:

- 315. прямые, инверсные, фиксирующие и инверсно-фиксирующие обмотки, которые могут быть помечены любым битовым объектом;
- 316. операционные блоки;
- 317. другие «обмотки» (Call, Jump, Halt, Return).

На одной линии возможно до 10-ти контактов. В одной колонке максимально может проверяться параллельно до 7-ми контактов. До 7-ми обмоток могут быть включены параллельно. Ступень может быть разделена на несколько независимых линий контактов, причем каждая линия управляет независимой обмоткой.

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

Таблица 4.2. Базовые элементы языка LD

Наименование		Символ	Функция
Элементы условий	Нормально открытый контакт		Контакт замкнут, когда битовая переменная, которая управляет им, принимает значение 1
	Нормально закрытый контакт		Контакт замкнут, когда битовая переменная, которая управляет им, равна 0
	Контакты, срабатывающие по перепаду		Возрастающий перепад: контакт замкнут, когда битовая переменная, которая управляет им, изменяется с 0 до 1
			Убывающий перепад: контакт замкнут, когда битовая переменная, которая управляет им, изменяется с 1 до 0
Элементы действия	Прямая обмотка		Устанавливает соответствующий битовый объект в значение, равное результату, полученному в проверочной зоне
	Обратная обмотка		Устанавливает соответствующий битовый объект в значение, равное инверсии от результата, полученного в проверочной зоне
	Устанавливающая обмотка		Устанавливает соответствующий битовый объект в 1, когда результат, полученный в проверочной зоне, равен 0
	Сбрасывающая обмотка		Сбрасывает соответствующий битовый объект в 0, если результат, полученный в проверочной зоне, равен 1
	Условный переход к другой ступени		Обеспечивает соединение с помеченной строкой, причем последняя может быть расположена до или после текущей ступени
	Возврат из подпрограммы		Зарезервировано для подпрограмм SR, позволяет возвращаться в вызывающий модуль, когда результат, полученный в проверочной зоне, равен 1
	Останов программы		Останов выполнения программы, когда результат, полученный в проверочной зоне, равен 1
Проверочные элементы	Блоки: таймер; счетчик; одновибратор; регистр; контроллер барабана		Каждый из блоков стандартной функции использует входы/выходы, через которые обеспечиваются связи с другими графическими элементами
	Вертикальный блок сравнения		Позволяет сравнивать два операнда. В зависимости от результата соответствующий вход принимает значение равное 1. Размер: 2 колонки/4 строки
	Горизонтальный блок сравнения «Compare»		Позволяет сравнивать 2 операнда. Выход принимает значение равное 1, если при сравнении получен истинный результат. (Блок может содержать до 4096 символов). Размер: 2 колонки/1 строка
Элемент действия	Операционный блок «Operate»		Выполняет арифметические, логические и другие операции. Использует синтаксис языка структурированного текста. (Блок может содержать до 4096 символов). Размер: 4 колонки/1 строка

Операционные блоки всегда расположены в зоне действий. Внутри блока записывается фраза на языке ST. Операционный блок должен быть присоединен непосредственно к правой шине питания.

Ступени исполняются последовательно друг за другом. Каждая ступень исполняется слева направо. В тех случаях, когда встречается

вертикальная связь, выполняется подступень, соответствующая этой связи, и только после этого возобновляется исполнение оставшейся части ступени.

4.1.3 Язык Instruction List (IL)

Язык Instruction List (IL) в наборе стандартных языков — это унификация интерфейса языка программирования низкого уровня, неориентированного на какую-либо микропроцессорную архитектуру. У языка IL есть очень важное качество: на его основе можно создавать оптимальные по быстродействию программные единицы.

Программа, написанная на языке IL, состоит из набора инструкций, выполняемых ПЛК последовательно. Каждая инструкция состоит из кода инструкций и операнда. Пример инструкции: LD %I1.0, O, где LD — код инструкции, %I1.0 — операнд.

Инструкции активизируют:

- входы/выходы ПЛК;
- стандартные системные управляющие функции (таймеры, счетчики и т. д.);
- арифметические и логические операции и операции пересылки;
- внутренние переменные ПЛК.

Существуют два типа инструкций:

- проверочные инструкции, которые содержат условия необходимые для того, чтобы выполнилось действие, например: LD, AND, OR и т. д.;
- инструкции действия, следующее за проверочной последовательностью, например: ST, STN, R и др.

Список некоторых базовых инструкций языка IL приведен в табл. 4.3.

Таблица 4.3. Базовые инструкции языка IL

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

Наименование	Инструкции	Эквивалентные функции LD
1	2	3
Проверочные инструкции	LD, LDN, LDR, LDF	
	AND, ANDN, ANDR, ANDF	
	OR, ORN, ORR, ORF	
	AND, OR (8 уровней вложения)	
	MPS MRD MPP	

Окончание табл. 4.4

1	2	3
Инструкции действия	ST, STN, S, R	-(-) -(-I)- -(S)- -(R)-
	JMP, JMPC, JMPCN	Используется для перехода (безусловного, условного при булевском результате равном 1 или условного при булевском результате равном 0) на помеченную инструкцию, которая может быть расположена в списке инструкций, как перед текущей инструкцией, так и после нее
	SRn	Используется для перехода к началу подпрограммы.
	RET, RETC, RETCN	Возврат из подпрограммы (безусловный, условный при булевском результате, равном 1, условный при булевском результате, равном 0)
	END, ENDC, ENDCN	Конец программы (безусловный, условный при булевском результате, равном 1, условный при булевском результате, равном 0)
	HALT	Выполнение программы останавливается
Проверочные элементы	Блоки: таймер; счетчик; одновибратор; регистр; контроллер барабана	Существуют инструкции для управления каждым из стандартных функциональных блоков. Для активизации вводов/выводов функциональных блоков используется специальная структурная форма
	LD[.....] AND[.....] OR[.....] Пример: LD[%MW10<1000]	Используются для сравнения двух операндов. Выход становится равным 1, если при выполнении проверочной операции получаем истинный результат. Результат равен 1, если содержимое ячейки памяти для переменной MW10 меньше 1000
Элементы действия	[.....] Пример: [%MW10:=%MW0+100]	Элементы выполняют логические, арифметические и другие операции. Используется синтаксис языка ST. К содержимому ячейки памяти для переменной MW0 прибавляется 100; полученная сумма размещена в ячейке памяти внутренней переменной MW10

Программой является последовательность инструкций. Каждая последовательность должна содержать одну или несколько проверочных инструкций. Результаты проверочных инструкций используются в одной или нескольких инструкциях действия. Каждая инструкция занимает одну строку. Последовательность инструкций начинается с восклицательного знака (формируется автоматически). Восклицательный знак может включать комментарий и может быть идентифицирован меткой.

Пример:

```
!      (*waiting for drying*)
%L2:
LD     %I0.1
AND    %M10
ST     %Q2.5
```

Комментарий может быть расположен в начале последовательности инструкций. Он может занимать до 3-х строк (222 алфавитно-цифровых символов) и должен быть обрамлен символами (*...*).

Метки используются для идентификации последовательности инструкций в программном объекте (в основной программе, в подпрограмме и т. д.), но не являются обязательными. Метка имеет следующий синтаксис: $%Li$ (где i — от 0 до 999), и располагается в начале последовательности инструкций. Метка может быть назначена один раз для единственной последовательности инструкций в данном программном объекте.

Последовательность всегда должна быть помечена для обеспечения соответствующих связей при программном переходе. Система сканирует последовательность инструкций в том порядке, как они были введены независимо от значений чисел, используемых при формировании меток.

Последовательность выполнения инструкций может быть изменена с помощью скобок. Правила выполнения языка инструкций: 318. За каждой открывающей круглой скобкой должна последовать закрывающая скобка. Открывающая скобка ставится в инструкции после операции. Инструкции, заключенные в скобки, выполняются в первую очередь.

319. Метки $%Li$ не должны располагаться в выражении между круглыми скобками. Это правило справедливо также для инструкций перехода — JMP, и инструкций вызова подпрограмм — SRi.

320. Инструкции ST, STN, S и R не могут быть запрограммированы между круглыми скобками. Существуют три типа инструкций, которые используются для обработки содержимого ячеек в особом порядке. Они используют буфер в виде стека, который способен запоминать вплоть до трех битов булевских данных.

321. Инструкция MPS (*Memory PuSh*) запоминает на вершине стека последний результат проверочной инструкции и сдвигает другие данные в направлении дна стека.

322. Инструкция MRD (*Memory ReaD*) считывает содержимое вершины стека.

323. Инструкция MPP (*Memory PoP*) считывает вершину стека и сдвигает другие данные в нем в направлении вершины стека.

Программы списка инструкций выполняются последовательно — инструкция за инструкцией. Первой инструкцией обязательно должна быть либо оператор LD («загрузить значение операнда в буфер»), либо безусловная инструкция перехода (например, JMP). Все инструкции (за исключением LD и безусловных инструкций перехода) используют булевский результат предыдущей инструкции.

Пример:

LD **%1.1** Булевский результат = состоянию бита **%1.1**

AND %M0 Булевский результат = AND предыдущего булевского результата и состояния бита %M0.

OR %M10 Булевский результат = OR предыдущего булевского результата и состояния бита %M10.

ST %Q2.0 бит %Q2.0 принимает состояние предыдущего булевского результата. Оператор ST означает «присвоить значение буфера операнду»

- **Язык Structured Text (ST)**

Язык Structured Text (ST) относится к классу текстовых языков высокого уровня. Язык структурированного текста является основным для программирования последовательных шагов и транзакций языка SFC. Кроме этого, он имеет «выходы» во все остальные языки, что делает его универсальным в применении разными категориями пользователей. Язык ST используется для создания программ путем записи строк программ, состоящих из алфавитно-цифровых символов.

Основными инструкциями языка ST являются:

324. битовые инструкции;

325. арифметические и логические инструкции для слов и двойных слов;

326. арифметические инструкции для чисел с плавающей точкой;

- 327. инструкции числового сравнения слов, двойных слов и чисел с плавающей точкой;
- 328. числовые преобразования;
- 329. инструкции для таблиц, заполненных битами, словами, двойными словами и числами с плавающей точкой;
- 330. инструкции для строк из символов;
- 331. инструкции для алфавитно-цифрового сравнения;
- 332. инструкции для управления временем;
- 333. инструкции для управления программой (программные инструкции);
- 334. инструкции для управления ходом выполнения программы (управляющие инструкции);
- 335. инструкции для стандартных функциональных типов;
- 336. инструкции предметной области (связь, ПИД-регулирование и др.).

Некоторые команды языка ST приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4. Основные команды языка ST

Изображение	Функция
Битовые инструкции	
:=	Битовое присвоение
OR	Булевское ИЛИ
AND	Булевское И
XOR	Булевское ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ
NOT	Инверсия
RE	Возрастающий фронт
FE	Убывающий фронт
SET	Установка в 1
RESET	Сброс в 0
Числовое сравнение для слов, двойных слов и чисел с плавающей точкой	
<	Строго меньше чем
>	Строго больше чем
<=	Меньше или равно
>=	Больше или равно
=	Равно
<>	Не равно (отлично от)
Целочисленная арифметика над словами и двойными словами	
+, -, *, /	Сложение, вычитание, умножение, целочисленное деление
REM	Остаток от целочисленного деления
SQRT	Целочисленный квадратный корень
ABS	Абсолютное значение
INC	Приращение на единицу
DEC	Уменьшение на единицу

Программы на языке ST составляются из выражений. Каждое выражение языка состоит из метки, комментариев и инструкций. Каждый из этих элементов может отсутствовать. Каждое выражение начинается с восклицательного знака (может порождаться автоматически).

Пример:

! %L2: (*Предложение с меткой, комментариями *)
 SET %%M0; %MW4 := %MW 2 + %MW9;
 (* и различными инструкциями *)
 %MF12:= SQRT (%MF14);

В комментарии может быть использован любой символ (не более 256 символов). Комментарий занимает несколько строк и доступен пользователю в любой момент времени.

Метка используется для отсылки к выражению в программной единице (в головной программе, в подпрограмме и т. д.), но не является обязательной. Метка располагается в начале выражения и имеет следующий синтаксис: %Li , где i — целое число от 0 до 999. В пределах программной единицы (подпрограмма, головная программа, программный модуль) конкретная метка может быть употреблена для единственного выражения. Отсылка к выражению может быть сделана с любого места программы с помощью инструкции безусловного перехода.

Выражение на языке ST может содержать несколько инструкций, при этом каждая инструкция должна заканчиваться символом ';'.

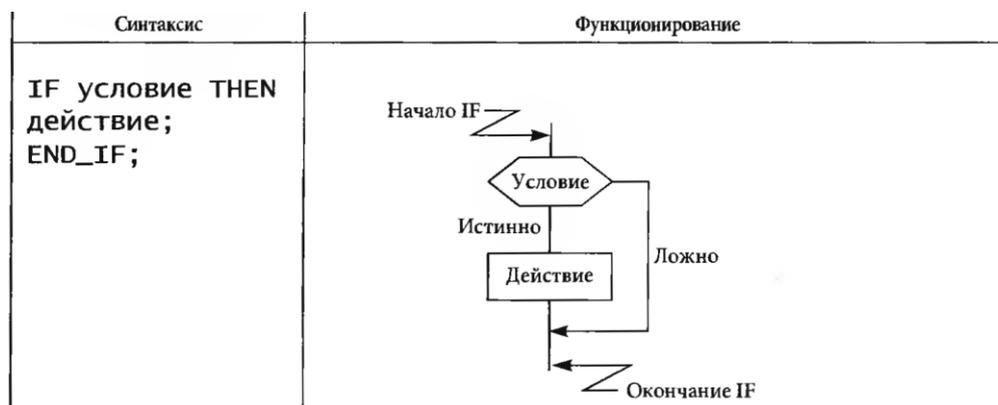
В языке ST имеется четыре управляющие структуры:

- 337. условное действие IF;
- 338. условные итеративные действия WHILE и REPEAT;
- 339. повторяющееся действие FOR.

Каждая управляющая структура обрамляется ключевыми словами. Допускается вложение управляющих структур независимо от их типа. Управляющие структуры могут предшествовать или следовать за любой инструкцией.

Условное действие IF...END_IF

Простейшая форма (инструкция выполняет действие, если условие истинно).

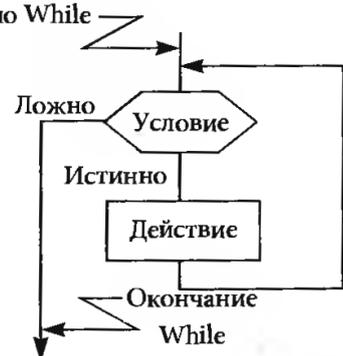


Общая форма

Синтаксис	Функционирование
<pre>IF условие 1 THEN действие 1; ELSIF условие 2 THEN действие 2; ELSE действие 3; END_IF;</pre>	

Условное итеративное действие WHILE...END_WHILE

Инструкция выполняет повторно действие, пока условие истинно.

Синтаксис	Функционирование
<pre>WHILE условие DO действие; END_WHILE;</pre>	

Условие проверяется до выполнения действия. Если при первой проверке условие ложно, то действие не выполняется. Если условие истинно, то инструкция выполняет действие повторно

Условное итеративное действие REPEAT...END_REPEAT

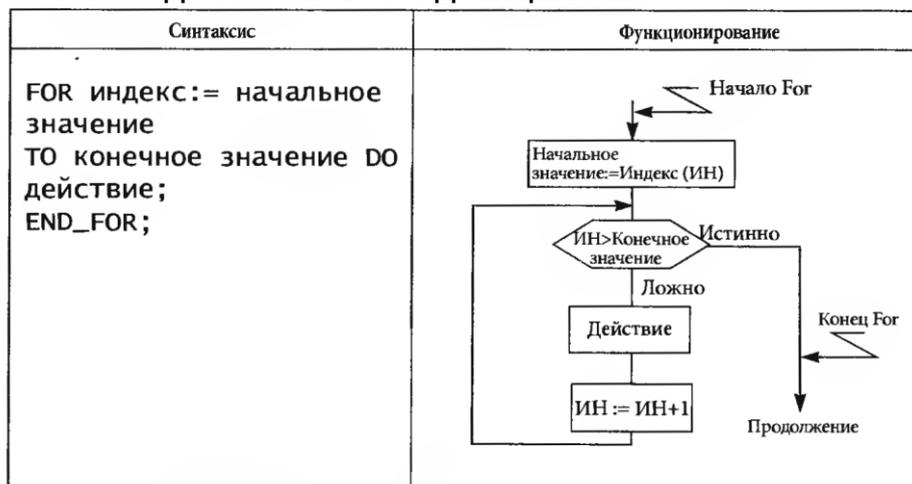
Инструкция выполняет повторно действие, пока условие истинно.

Синтаксис	Функционирование
<pre>REPEAT действие; UNTIL условие END_REPEAT;</pre>	

Инструкция повторяет действие до момента, пока условие не станет истинно. Условие проверяется после выполнения действия. Если при первой проверке условие ложно, то действие выполняется еще один раз.

Повторяющееся действие FOR...END_FOR

Инструкция выполняет обработку операции определенное число раз, увеличивая индекс на 1 в каждом цикле.



Когда индекс строго больше конечного значения, выполнение программы продолжается с инструкции, следующей за ключевым словом END_FOR.

Индекс увеличивается автоматически, без участия пользователя. Выход из цикла посредством инструкции EXIT.

Ключевое слово EXIT используется для остановки вычислений в цикле и продолжении с инструкции следующей за ключевым словом конца цикла. Слово может быть использовано только внутри одного из трех циклов: WHILE, REPEAT или FOR.

Программа на языке ST выполняется последовательно (инструкция за инструкцией) относительно управляющих структур. В случае арифметических или булевых выражений, состоящих из различных операторов, правила приоритета определены между разными операторами.

Пример:

```
NOT %MW3 * 25 AND %MWIO + %MWI2
```

В этом примере выполняется NOT перед %MW3, затем результат умножается на 25. Вычисляется сумма %MWIO и %MWI2, затем логическое AND вычисляется между результатами умножения и сложения.

Когда есть конфликт между двумя операторами одного и того же приоритета, первый оператор берет приоритет операций (оценка выполняется слева направо).

Пример:

```
%MW34 * 2 REM 6
```

В этом примере %MW34 сначала умножается на 2, затем результат используется в вычислении модуля.

Круглые скобки меняют порядок выполнения операций. В следующем примере сложение имеет более высокий приоритет, чем умножение.

Пример:

```
(%MW10 + %MW11) * %MW12
```

Круглые скобки могут быть вложены; число уровней вложения не ограничивается. Круглые скобки также используются для избежания некорректной интерпретации программы.

Пример:

```
NOT %MW2 < %MW4 + %MW6
```

При помощи оператора управления приоритетом, получена следующая интерпретация:

```
((NOT %MW2) < > (%MW4 + %MW6))
```

340. Язык Sequential Function Chart (SFC)

Основой языка SFC послужила модель «сетей Петри» (разделение системы на множество простых позиций). Окончательно стандарт SFC сформировался на базе стандарта «Grafcet» (стандарт МЭК 848).

Язык последовательных функциональных схем (Sequential Function Charts, или Grafcet) позволяет формулировать логику программы на основе чередующихся процедурных шагов и транзакций (условных переходов), а также описывать последовательно-параллельные задачи в понятной и наглядной форме.

Строго говоря, SFC не является языком программирования. Это средство проектирования прикладного программного обеспечения, которое всегда является комплексом большого числа программных единиц: программ, функциональных блоков и функций. Обеспечение параллельности выполнения программ, установление и контроль состояния процессов, обеспечение синхронизации по приему и обработке данных, описание однозначно понимаемых и заказчиком, и исполнителем состояний автоматизируемого процесса — все это возможно при использовании SFC. Однако SFC не имеет средств для описания шагов и переходов, которые могут быть выражены только

средствами других языков стандарта IEC. Структура языка SFC представлена на рис. 4.1.

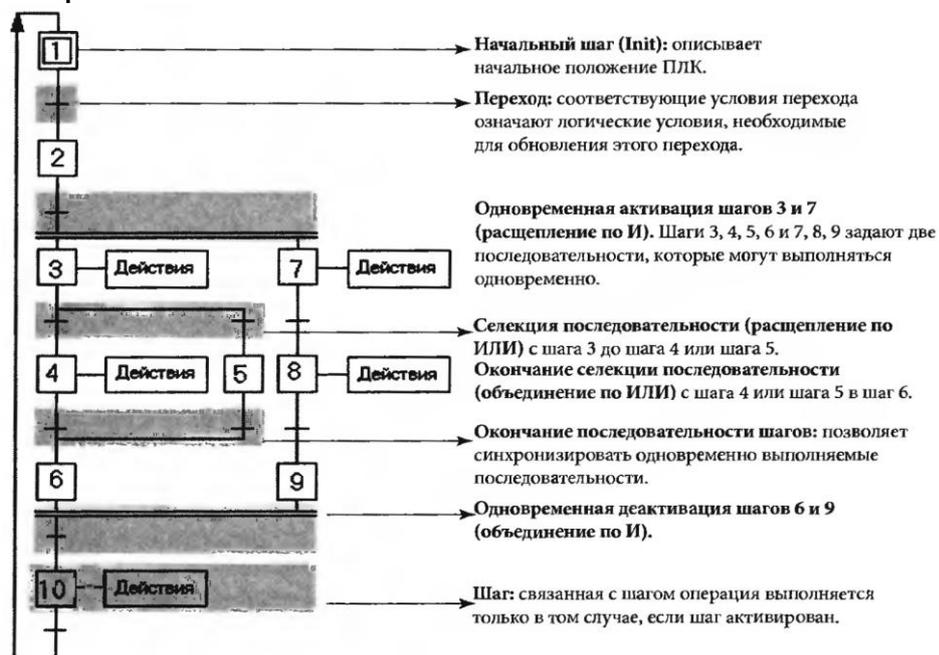


Рис. 4.1

Графическое описание последовательных операций управляющих систем, а также различных встречающихся ситуаций, выполняется с использованием простейших графических символов.

Операции, связанные с шагами, обозначаются в общей форме типа «что должно быть сделано», когда шаги активированы. В частности, они описывают порядок, по которому они должны быть посланы в приложение (автоматизированный процесс) или в другие автоматизированные системы. Последовательность активизированных шагов в любой заданный момент времени определяет ситуацию в диаграмме языка SFC. Шаги обозначаются в виде прямоугольников.

Переходы и директивные (командные) связи представляются в символической форме возможных продвижений активированных шагов. Переходы между шагами всегда определяются тем или иным условием.

Основные правила составления SFC- диаграммы:

341. первая строка используется для входов соединителей-источников;

342. последняя строка используется для входов соединителей-приемников. Назначение соединителей состоит в обеспечении непрерывности диаграмм в случаях, когда направленные линии связи либо на одной странице, либо между двумя соответствующими страницами — не могут быть обозначены. Эта непрерывность

обеспечивается соединителем-приемником, который всегда имеет соответствующий соединитель-источник. На диаграмме с использованием соединителей могут быть обозначены циклические возвраты. Последовательность может быть возобновлена с использованием соединителей. Соединители используются также в случаях, когда ветвь является более длинной, чем размер страницы.

343. Четные строки (с 2 по 12) содержат символы шагов и соединителей-приемников

344. Нечетные строки (с 3 по 13) содержат символы переходов и соединителей-источников.

345. Каждый шаг нумеруется (с 0 по 127) в любом порядке.

346. На одной странице может быть размещено несколько диаграмм.

347. Количество переходов в верхней части конца выбора последовательности (объединение по ИЛИ) или нижней части начала выбора последовательности (разделение по ИЛИ) не должно превышать 11.

348. Выбор последовательности может быть ориентирован слева направо.

349. Количество шагов в нижней части одновременной активации (объединение по И) или в верхней части одновременной деактивации (разделение по И) не должно превышать 11.

350. Одновременная активация всегда представлена слева направо.

351. Одновременная деактивация всегда представлена справа налево.

Макрошаг предназначен для представления последовательности i лагов в виде одного графического элемента. Его отличительным знаком являются две горизонтальные черты на графическом элементе. Входной шаг подчиняется тем же правилам, что и остальные шаги, выходной шаг не может иметь какого-либо связанного с ним действия.

Каждый шаг связан с действиями, которые могут быть запрограммированы на языках LD, IL или ST. Эти действия сканируются только в том случае, если шаг, с которым они связаны, является активным. Единичное действие может содержать несколько программных элементов (последовательностей, выражений или циклов).

Каждый переход имеет связанные с ним условия, которые могут программироваться на языках LD, IL или ST. Условия перехода сканируются только тогда, когда переход, с которым они связаны, разрешен. Условия перехода соответствуют ступеням, списку инструкций или выражению структурированного текста, составляющих последовательность проверок бит или/и слов. Если условия перехода

не запрограммированы, то предполагается, что условия перехода ложны (false). Основные графические элементы языка SFC приведены в табл. 4.5

Таблица 4.5. Графические элементы языка SFC

Обозначение	Символ	Функции
Начальные шаги		Обозначает начальные шаги, которые активируются после запуска цикла инициализации или холодного перезапуска
Одиночные шаги		Обозначает, что система управления находится в устойчивом состоянии. Все конфигурированные шаги в пределах максимального количества могут быть активизированы одновременно
Макростаги		Обозначает макрошаг: определенную последовательность шагов и переходов
Шаги макрошага		Обозначает шаги макрошага. Допускается один IN и один OUT шаг для каждого макрошага
Переходы		Используется для перехода от одного шага к другому. Логические условия, связанные с данным переходом, определяют условия, необходимые для начальной установки (обнуление) данного перехода.
Разветвление по И		Переход от одного шага к нескольким. Допускается активация максимально n шагов одновременно
Разветвление по ИЛИ		Переход от одного шага к нескольким шагам. Используется для выполнения выбирающей последовательности максимально к n шагам
Соединитель источника		«n» — это номер шага, от которого принимается управление (шаг источника)
Соединитель приемника		«n» — это номер шага, куда передается управление (шаг приемника)

Основные достоинства языка SFC можно определить следующим образом:

352. Высокая выразительность. Язык SFC имеет те же возможности, что и диаграммы состояний, и является наиболее подходящим средством для описания динамических моделей.

353. Графическое представление. Благодаря графической мнемонике SFC максимально прост в использовании и изучении. Вместе с тем он

является наглядным средством представления логики на разных уровнях детализации.

Предварительное проектирование ПО. Использование языка SFC на ранних этапах проектирования прикладного ПО позволяет снять многочисленные непонимания между заказчиком, проектировщиком ПО и программистом.

354. Язык **Functional Block Diagram (FBD)**

Язык диаграмм функциональных блоков (Function Block Diagram) позволяет создать программную единицу практически любой сложности на основе стандартных функциональных блоков (арифметические, тригонометрические, логические блоки, ПИД регуляторы, блоки, описывающие некоторые законы управления, мультиплексоры и т. д.). Это языковое средство использует технологию инкапсуляции алгоритмов обработки данных и законов регулирования. Программирование сводится к сборке готовых компонентов.

Язык FBD описывает функции преобразования входных переменных контроллера в выходные в виде сочетания элементарных функциональных блоков. Выход функционального блока может быть соединен с входами других блоков. Каждый функциональный блок представляет собой прямоугольник, внутри которого имеется обозначение функции, выполняемой блоком.

Имеются следующие формальные правила языка FBD:

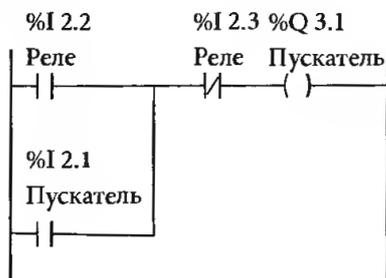
- функциональные блоки могут располагаться произвольно в поле программы;
- не может быть несоединенных входов и выходов функционального блока;
- соединение блоков может выполняться также при помощи ссылок с определенными именами;
- функциональные блоки выполняются слева направо, сверху вниз;
- на входе функционального блока может быть константное выражение, любая внутренняя или входная переменная контроллера;
- на выходе блока может быть любая внутренняя или выходная переменная ПЛК. В табл. 4.6 представлены основные функциональные блоки языка FBD.

Таблица 4.6 Функциональные блоки языка FBD

Наименование	Обозначение	Описание
1. Функции двоичного типа	NOT AND OR XOR SET RESET	Логическое отрицание Логическая конъюнкция Логическая дизъюнкция Исключающее ИЛИ Присвоение переменной единицы Обнуление переменной
2. Функции управления	RETURN GOTO CALL	Возврат из подпрограммы Безусловный переход Вызов подпрограммы
3. Арифметические функции	ADD SUB DIV MUL	Сложение Вычитание Деление Умножение
4. Функции сравнения	= <> > < => <=	Равно Не равно Больше Меньше Больше или равно Меньше или равно
5. Математические функции	ABS EXPT LOG SQRT	Модуль Экспонента Логарифм Корень
6. Тригонометрические функции	ACOS ASIN ATAN COS SIN TAN	Арккосинус Арсинус Артангенс Косинус Синус Тангенс

4.2. Примеры программирования на языках IEC 61131-3

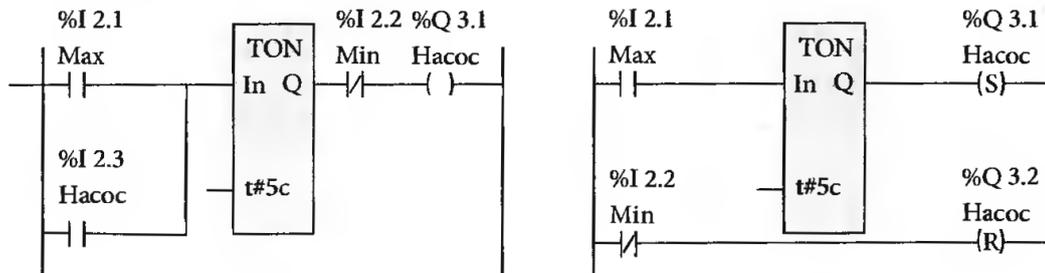
4.2.1 Язык Ladder Diagram (LD).



Пример 1. Рассмотрим схему включения пускателя с помощью контактов реле.

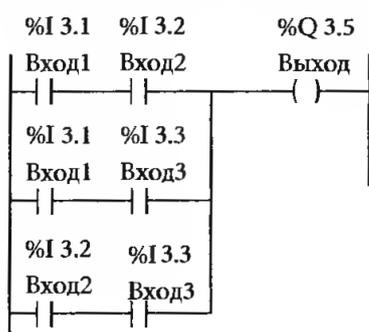
Каждому контакту в языке LD ставится в соответствие логическая переменная TRUE (контакт замкнут) или FALSE (контакт разомкнут). Контакт реле управляет булева величина. При поступлении 1 по адресу %I 2.2 н.о. контакты реле замыкаются. Результат, полученный в проверочной зоне, устанавливает прямую обмотку (%Q 3.1) в 1.

Пример 2. Рассмотрим пример наполнения бака водой. При достижении уровнем воды верхней отметки (Max) сигнализатор верхнего уровня выдает на вход контроллера дискретный сигнал 1. По истечении интервала времени (5 с), необходимого для успокоения уровня жидкости и исключения ложных срабатываний, контроллер должен включить насос для откачки жидкости.



При достижении уровнем нижней отметки (Min) сигнализатор нижнего уровня должен выдать дискретный сигнал для остановки насоса. Если уровень достигнет верхней отметки (Max = 1), насос включится с задержкой 5 с. При достижении уровнем нижней отметки (Min = 1) насос выключится.

Эта же задача может быть запрограммирована с помощью устанавливающей и сбрасывающей обмоток. В следующей программе с приходом сигнала Max битовый объект (насос) устанавливается в 1. С приходом сигнала Min битовый объект (насос) сбрасывается в 0 (насос выключается).



Пример 3. Определение достоверности сигнала (голосование 2 из 3-х) [2.1].

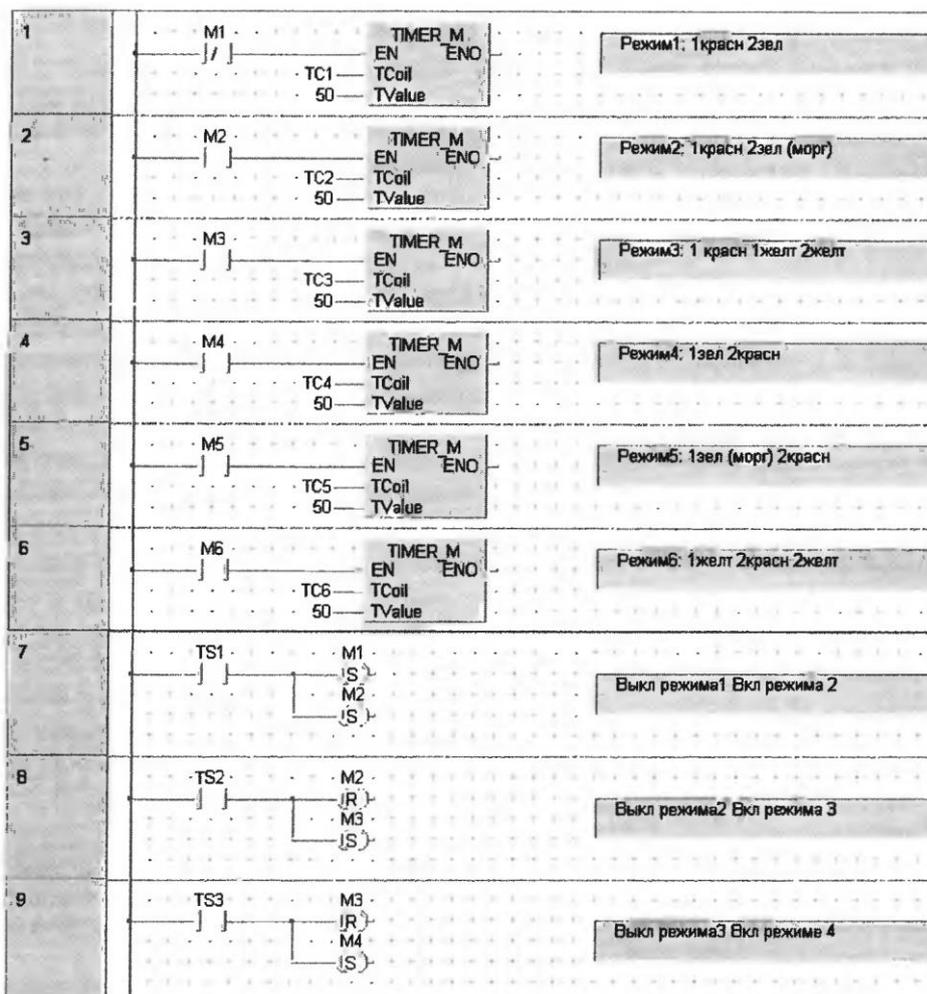
Для повышения достоверности сигнала используется принцип троирования входных (выходных) сигналов.

При совпадении значений 2-х сигналов из 3-х значение двух равных сигналов считается достоверным. Этот метод называется «голосование 2 из 3-х».

На языке LD могут быть запрограммированы логические операции «И», «ИЛИ», «НЕ» и др. Последовательное соединение контактов равнозначно логической

операции «И», параллельное «ИЛИ». Операция «НЕ» реализуется инверсным контактом.

В следующем *примере 4* запрограммирована одновременная работа двух светофоров со временем горения каждой из ламп в течении 5 с. В комментариях к про-

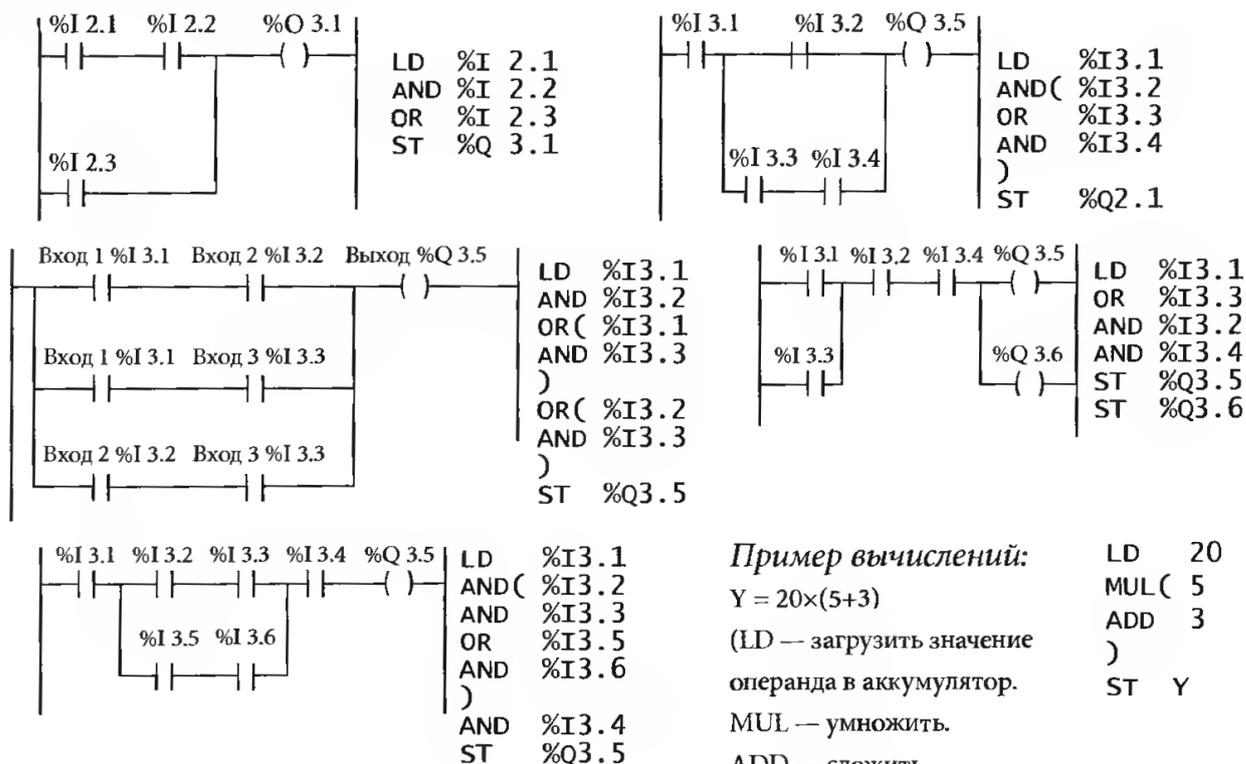


грамме под цифрой 1 подразумевается режим светофора N1, а под цифрой 2 — соответственно режим светофора N2. При подаче питания в течение выдержки времени 5 с, определяемой таймером, горит красная лампа светофора N1 и зеленая лампа светофора N2 (режим 1). Дальнейшие режимы определяют переключение ламп светофора в соответствии с общепринятой идеологией работы светофоров. Время мигания зеленой и желтой ламп формируется таймером и модулем ALT_M смены состояния мигания.

355. Язык Instruction List (IL)

Программа на языке IL представляет собой последовательность инструкций (команд). Необходимо помнить, что скобки изменяют порядок выполнения инструкций. Открывающая скобка ставится в инструкции после операции, а закрывающая скобка ставится в отдельной строке. Инструкции, заключенные в скобки, выполняются в первую очередь.

Для большей наглядности ниже приводятся примеры на языке LD и соответствующие им программы на языке IL, состоящие из кодов инструкций и операндов.



Пример вычислений:

LD 20
MUL(5
ADD 3
)
ST Y

Y = 20 × (5 + 3)

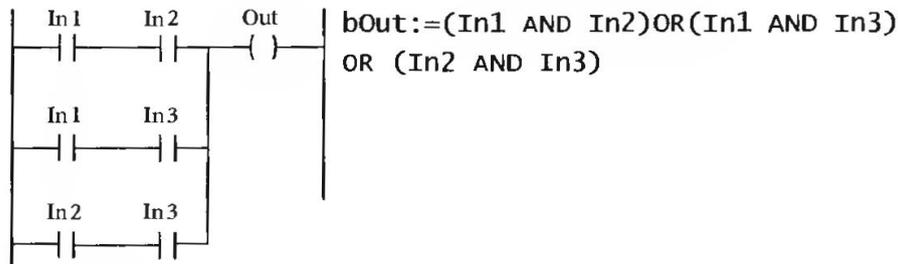
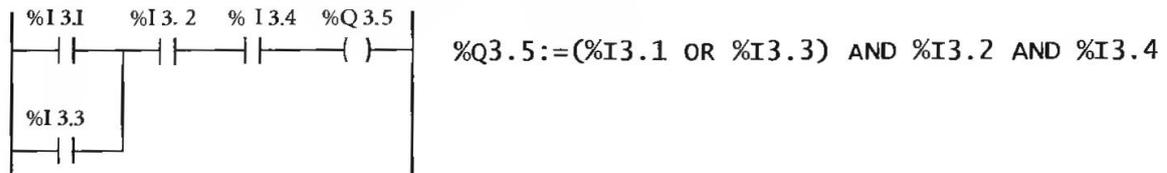
(LD — загрузить значение операнда в аккумулятор.
MUL — умножить.
ADD — сложить.
ST — присвоить значение буфера операнду Y).

4.2.3 Язык Structured Text (ST)

Язык ST является текстовым языком высокого уровня.

Программы на языке ST состояются из выражений. Каждое выражение языка состоит из метки, комментариев и инструкций. Каждый из этих элементов может отсутствовать. К числу инструкций языка ST относятся битовые инструкции, арифметические и логические инструкции для слов и двойных слов, арифметические инструкции для чисел с плавающей точкой и др.

Для большей наглядности ниже приводятся примеры на языке LD и соответствующие им программы на языке ST.



Примеры выражений на языке ST:

! SET %MW6;

(установить в 1 внутреннюю переменную — слово; 6 — адрес ячейки памяти).

! %MW4 := %MW2 + %MW9;

(присвоить внутренней переменной MW4 результат сложения %MW2 и %MW9). ! %MW24 := SQRT(%MF30);

(присвоить переменной MW24 значение корня квадратного из величины MF30). Круглые скобки определяют приоритет (первоочередность) действий. (%MW10 + %MW11) * %MW12;

(в первую очередь выполняется сложение, а затем умножение).

356. Язык Sequential Function Chart (SFC)

Язык SFC представляет последовательность шагов и условных переходов (транзакций). В качестве примера рассмотрим программу управления наполнением резервуара водой, ее нагрев до заданной температуры и слив. Функциональная схема приведена ниже.

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»



SFC-диаграмма выполняется, как правило, сверху вниз. Начальный шаг (Init) должен присутствовать обязательно, но может быть пустым. Слева от прямоугольника, обозначающего действие, может указываться классификатор действий: N (Non-Stored) — несохраняемое действие (выполняется при активности шага); S (Stored) — сохраняемое действие; R (Reset) — сброс; L (time Limited) — ограничение во времени и др.

Допускается ветвление (одновременное выполнение действий). Каждая параллельная ветвь должна начинаться и заканчиваться шагом.

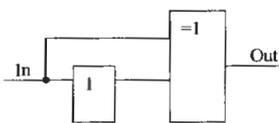
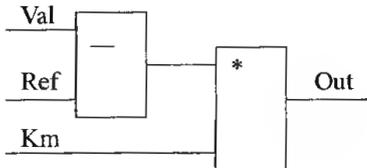
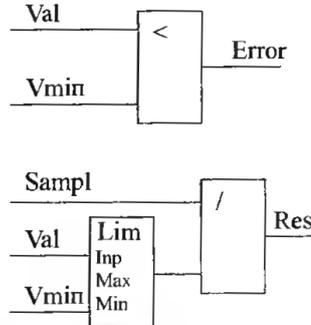
Программы списка инструкций выполняются последовательно — инструкция за инструкцией. Первой инструкцией обязательно должен быть либо оператор **LD** («загрузить значение операнда в буфер»), либо безусловная инструкция перехода (например, **ЗМР**). Все инструкции (за исключением **LD** и безусловных инструкций перехода) используют булевский результат предыдущей инструкции.

Пример:

- LD %I.1 Булевский результат = состоянию бита %I.1
 AND %M0 Булевский результат = AND предыдущего булевского результата и состояния бита %M0.
 OR %M10 Булевский результат = OR предыдущего булевского результата и состояния бита %M10.
 ST %Q2.0 Бит %Q2.0 принимает состояние предыдущего булевского результата. Оператор ST означает «присвоить значение буфера операнду»

В табл. 4.7 приведены примеры реализации некоторых операций на языке FBD.

Таблица 4.7 Примеры программирования на языке FBD

Выполняемая операция	Изображение	Описание
Обнаружение перепада сигнала In		Двоичная переменная Out примет значение TRUE тогда и только тогда, когда переменная In изменит свое состояние
П- регулятор		Рассогласование между текущим значением величины Val и заданием Ref умножается на коэффициент Km и используется в качестве управляющего воздействия
Ограничение нижнего предела делителя		Переменная Error принимает значение TRUE если Val < Vmin Программа обеспечивает деление переменной Sampl на значение переменной Val. Переменная делителя Val снизу ограничена значением Vmin

4.3. Инструментальные системы программирования ПЛК

4.3.1. Система программирования ISaGRAF фирмы ICS Triplex ISaGRAF, Канада

Система программирования ISaGRAF представляет собой масштабируемую технологию программирования контроллеров, позволяющую создавать приложения как для локальных ПЛК, так и для ПЛК, распределенных по сети [4.2].

Новая версия ISaGRAF 5.0, соответствующая стандартам МЭК 61131-3 и 61499, значительно расширяет возможности системы. Стандарт МЭК 61499 определяет использование функциональных блоков в распределенных процессах контроля и управления. В

качестве распределенных устройств выступают ПЛК, микроконтроллеры или интеллектуальные полевые устройства (датчики и исполнительные механизмы).

Система программирования ISaGRAF состоит из двух основных компонентов:

357. системы разработки ISaGRAF Workbench;

358. системы исполнения или целевой системы ISaGRAF Target.

Отличительные особенности системы ISaGRAF;

359. Поддержка всех пяти языков программирования ПЛК по стандарту МЭК 61131-3 (SFC, FBD, LD, ST, IL и дополнительного языка Flow Chart). ISaGRAF позволяет объединить программы (процедуры), написанные на разных языках программирования, а также вставлять кодовые последовательности из одного языка в кодовые последовательности, написанные на др. языке программирования. Единой средой разработки для различных программно-аппаратных платформ служит ISaGRAF Workbench.

360. Наличие мощного отладчика, позволяющего во время работы прикладной программы контролировать значения всех переменных, кодовые последовательности.

361. Поддержка протоколов Modbus RTU/TCP, CAN, Profibus, обмен данными между ПЛК по сети Ethernet (протокол TCP/IP).

362. Открытость системы и возможность установки ISaGRAF-ядра на любую программно-аппаратную платформу с любыми интерфейсами ввода/вывода, сетевыми интерфейсами и функциональными блоками, программируемыми на языках «С».

363. Возможность разработки драйверов для модулей ввода/вывода пользователями. Для реализации драйверов под ISaGRAF необходим программный пакет ISaGRAF I/O Development Tool. К пакету прилагается документация на русском языке, объектные и исполнительные файлы целевой системы, утилиты и библиотеки для разработки драйверов.

364. Наличие библиотеки готовых драйверов для работы с устройствами ввода/вывода многих фирм-производителей (PEP Modular Computer, ABB, Motorola, Weidmuller, Industrial Computer Source, ЗЭИМ, ГК Текон и др.).

365. Подсветка синтаксиса различным цветом в редакторах языков ST и IL.

366. Наличие системы паролей для защиты системы ISaGRAF от несанкционированного доступа.

Система разработки ISaGRAF Workbench устанавливается на PC-совместимом ПК под управлением ОС Windows NT. Система исполнения ISaGRAF Target включает в себя ядро ISaGRAF и набор драйверов Modbus RTU/TCP Master/Slave, а также набор модулей ввода/вывода для выбранной платформы. Система в зависимости от версии работает также под управлением других ОС, в том числе Windows 2000/XP, MS-DOS, Linux, OS-9, QNX, VxWorks, MiniOS7. Возможна работа системы ISaGRAF без ОС.

После создания приложения в ISaGRAF Workbench происходит компиляция проекта с генерированием машинезависимого ТИС-кода (Target Independent Code). Затем происходит загрузка ТИС-кода приложения в целевую систему ISaGRAF Target, содержащую ТИС-интерпретатор (для генерирования «С»-исполняемых файлов требуется «С»-компилятор). На одном физическом ПЛК может быть создано неограниченное число ресурсов («виртуальных» ПЛК). Для каждого ресурса декларируются переменные 3-х типов; внутренние, входы и выходы. Это переменные простого типа (Boolean, Integer, Real, String, Timer), массивы и структуры. Переменные могут быть связаны с локальными устройствами ввода/вывода или с устройствами, распределенными по сети. При этом одна и та же программа может выполняться на различных ПЛК с различными ОС и различными устройствами ввода/вывода.

Связь ISaGRAF со SCADA-системами осуществляется через OPC-сервер. Компания «ФИОРД», которая является официальным представителем компании *ICS Triplex ISaGRAF* в России и Белоруссии, поставляет «Стартовый Пакет Разработчика». Пакет представляет собой полностью русифицированное ПО для различных уровней автоматизации с полным комплектом документации и технической поддержкой проектов. В состав пакета входят приложения ISaGRAF Target, ISaGRAF Workbench, SCADA PcVue HMI Station (SCADA-система с набором драйверов для различных УСО), ISa Vue Utilities (разработка компании ФИОРД), документация Getting Started Manual (русифицированное описание продуктов ISaGRAF и PcVue) и ISaGRAF OPC Server. Дополнительно могут быть предоставлены следующие приложения: ISaGRAF Archive (система ведения архива в контроллерах), ISaGRAF I/O Development Tool, ISaGRAF драйверы с поддержкой сетевых протоколов CAN и Profibus и Plant Vue OPC Client Development License (автономная система класса SCADA для разработки систем сбора данных и управления верхнего уровня). Plant

Vue является OPC-клиентом и поддерживает архивацию переменных в БД, работу с трендами и алармами.

Компания «Науцилус» предлагает систему ISaGRAF для ОС QNX, Linux и ПЛК МФК и ТКМ52 ГК «Текон». Компания реализовала связь ISaGRAF по сети Ethernet со SCADA-системами Real Flex, Sitex, Wizcon и iFIX на базе разработанного OPC- сервера. При этом SCADA-системы Real Flex и Sitex работают под управлением ОС QNX, а Wizcon и iFIX — Windows NT.

Система ISaGRAF поддерживает многие аппаратные платформы: 1-7xxx, 1-8xxx и LinCon (ICP DAS), x86 (DOS, QNX, Linux), PC/104 (Eurotech), VME и Industrial PC (SBS Technologies), RTU 188 (Fastwel), CX-1000 (Beckhoff), МФК, ТКМ52 и P06 (ГК Текон), P130 ISa, КРОСС и ТРАССА (ЗЭИМ), TREI и др.

Для программирования PC-based контроллеров применяется система ISaGRAF Enhanced — PC-ориентированное ПО для разработки, исполнения и визуализации приложений системы управления. Средой разработки является ISaGRAF Enhanced Workbench, в которой осуществляется настройка тревог, событий и трендов. Созданное в Enhanced Workbench приложение по сети Ethernet загружается в целевую систему под ОС Windows CE 3.0, QNX 4.25, Windows NT и др. На одном физическом ПЛК может исполняться до 16 «виртуальных» ПЛК, при этом каждый из них может использовать один или более драйверов для связи с полевым оборудованием. В состав системы входят OPC-сервер, Alarm&Events и Trending-модули, а также готовые драйверы устройств ввода/вывода. HMI позволяет создавать экранные формы интерфейса оператора и связывать их с тэгами, получаемыми от OPC-сервера. Trending- модули позволяют вести распределенную историческую БД. Для разработки собственных драйверов для целевых систем ISaGRAF Enhanced QNX 4.25 и Linux RTAI используется Driver Development Kit. ISaGRAF Enhanced Workbench поддерживает ОС Windows 95/2000/NT, а целевая система поддерживает ОС QNX 4.25, Windows CE 3.0 и Linux RTAI.

Последние версии ISaGRAF со средой разработки ISaGRAF Workbench поддерживают системы контроля и управления движением по рекомендациям PLCOpen для систем с ЧПУ в станкостроении и робототехнике.

366. Система программирования CoDeSys фирмы *Smart Software Solution GmbH* (3S)

Комплекс CoDeSys представляет собой инструментальную систему программирования ПЛК на языках стандарта МЭК 61131-3.

CoDeSys является аппаратно независимым комплексом разработки программного обеспечения ПЛК и поставляется бесплатно. Описанию комплекса посвящены работы [4.3-4.6] и публикации в журнале «Промышленные АСУ и контроллеры» (NN 2-11,2006 г. и 1, 4, 2007 г.).

Комплекс CoDeSys используется для программирования контроллеров, производимых как зарубежными фирмами (*ABB, Beckhoff, Kontron, Moeller, WAGO* и др.), так и отечественными (*Fastwel, ОВЕН*).

Отличительные особенности системы CoDeSys:

367. Реализация языков программирования по стандарту МЭК 61131-3. Важнейшие компоненты системы написаны на языке ST. Широко используется язык SFC.

368. Прямая генерация машинного кода (генератор кода CoDeSys представляет собой компилятор программы с ЯВУ в машинный код). Для генерации машинного кода в конкретный ПЛК используются специальные файлы конфигурации целевой платформы (TSP), в которых задаются тип процессора, распределение памяти и др. Генерируемый машинный код пригоден для исполнения на любых одноплатных процессорах аппаратных средств.

369. Встроенный эмулятор помогает отладить программу без контроллера и др. аппаратных средств. Режим эмуляции включается двумя способами: выбором None в качестве аппаратной платформы (без контроллера) и установкой Simulation mode в окне Online при работе с реальным ПЛК.

370. Визуализация разрабатываемого проекта благодаря встроенным серверам данных (DDE и OPC).

371. Большой набор сервисных функций, ускоряющих разработку программы.

372. Использование в текстовом редакторе синтаксического цветового выделения ошибок (ключевые слова высвечиваются синим цветом, комментарии — зеленым, а ошибки — красным).

373. Наличие демонстрационной версии SoftPLC для Windows NT/XP (2-часовые демоверсии включены в стандартный дистрибутив CoDeSys SP WinNT или CoDeSys SP RTE).

Базовый состав комплекса CoDeSys включает среду программирования на ПК с ОС Windows NT/XP/2000 и систему исполнения. Ядро системы исполнения написано на языке C. Комплекс адаптирован для работы с различными классами контроллеров, включая PC-based контроллеры. Компанией «Пролог» выполнена русификация документации комплекса CoDeSys.

Система исполнения обеспечивает загрузку и отладку кода прикладной программы. ПЛК подключается к ПК рабочего места программиста через COM-порт (RS-232) или по интерфейсам RS-422/485. Связь среды разработки на ПК и ПЛК осуществляется с помощью приложения — шлюза связи (*gateway*) на основе протокола TCP/IP. При подключении через COM-порт настраиваются параметры интерфейса — номер порта, скорость обмена, контроль паритета и число стоп-бит. Таким образом, разработка программы может вестись на удаленном ПК и взаимодействовать с др. ПК по сети Internet, а с ПЛК — через модем.

Составление программы предусматривает обязательное определение типов данных. CoDeSys поддерживает набор стандартных типов данных: биты, строки, массивы, структуры и др. С помощью отладчика программы последняя может быть остановлена для проверки правильности переменных, а в режиме работы программы по циклам легко проверить правильность выполнения программы с контролем значений всех переменных (механизм графической трассировки значений переменных).

При структурном программировании текст программы должен включать подпрограммы — программные компоненты POU. В стандарте МЭК 61131-3 определены 3 типа POU: функция (FUNCTION), функциональный блок (FUNCTION BLOCK) и программа (PROGRAM). Результаты работы функции определяются только значениями ее параметров. Функциональный блок — подпрограмма с собственной структурой данных. Программа в CoDeSys представляет собой глобальный объект и применяется для больших программных модулей.

Комплекс CoDeSys включает пять языков программирования: IL, ST, LD, FBD и SFC. Программа, созданная на одном из языков программирования (например, ST), может быть конвертирована в программу на другом языке программирования (например, IL). Программы CoDeSys по МЭК 61131-3 можно экспортировать и импортировать.

Встроенный компилятор CoDeSys V2.3 имеет генераторы кода микропроцессоров Intel 8051, 80x86/Pentium, Motorola MC68000, Power PC и др.

Встроенная в CoDeSys система визуализации (тренды, алармы, примитивы и др.) приближается к возможностям SCADA-систем. Созданный проект визуализации может быть использован любым ПК с помощью Win32 приложения CoDeSysHMI через Web-браузер.

При совместной разработке проекта группой программистов интеграция клиентских приложений и ENI-сервера осуществляется с помощью ENI 3S (ENgineering Interface — инжинирингового интерфейса 3S).

Простые системы исполнения CoDeSys работают в ПЛК без ОС. Комплекс CoDeSys SP RTE имеет собственное ядро жесткого РВ под Windows 2000/NT/XP. Есть 8-, 16- и 32-битные модификации CoDeSys SP для процессоров соответствующей разрядности (в основном без ОС). Однако в настоящее время 3S предлагает решения для ОС Windows NT/XP/CE, QNX и Linux. Использование CoDeSys с PC-based ПЛК расширяет возможности программирования ПЛК.

Система CoDeSys имеет программный инструментарий CoDeSys SoftMotion для управления движением (станки и обрабатывающие центры с ЧПУ и др.).

Новая версия CoDeSys V3.0 включает новые опции и полностью совместима с предыдущими версиями комплекса.

4.3.3. Система программирования Unity Pro компании *Schneider Electric*, Франция

Система программирования контроллеров Unity Pro входит в состав ПО Unity Studio, предназначенного для управления полномасштабными проектами. Пакет Unity Studio помимо системы программирования Unity Pro включает пакет Power Suite для программирования приводов и пускателей, XBTL-1000 для разработки интерфейсов оператора и OFS-сервер для связи ПЛК с верхним уровнем интегрированной системы управления предприятием.

Пакет Unity Pro базируется на более ранних системах программирования контроллеров PL7 и Concept и предназначен прежде всего для работы с ПЛК Premium, Atrium и Quantum. Однако поскольку Unity Pro базируется на открытых стандартах МЭК, имеется возможность конвертирования приложений для использования различными программно-аппаратными платформами. Помимо ПЛК система Unity Pro поддерживает различные интеллектуальные устройства ввода/вывода и полевые шины, в том числе Ethernet [4.8-4.9].

Дополнительный набор средств разработки Unity EFB позволяет создавать функции и функциональные блоки на языке C, которые впоследствии могут использоваться в любом приложении, созданном с помощью Unity Pro.

Отличительные особенности ЕЮ Unity Pro:

374. Поддержка пяти языков программирования по стандарту МЭК 61131-3 (LD, SFC, FBD, ST и IL).

375. Наличие мощных графических редакторов и отладчика, в том числе наличие встроенного симулятора. Графический редактор Microsoft Visio предоставляет в распоряжение разработчика стандартные библиотеки объектов (ПЛК, привод, сети и др.) и обеспечивает наглядное представление проектируемого процесса.

376. Встроенные графические элементы Unity Pro позволяют создавать и видоизменять экраны оператора в процессе работы.

377. Открытая архитектура клиент-сервер обеспечивает локальный или удаленный доступ к ресурсам приложения при помощи интерфейсов COM/DCOM.

378. Компоненты пакета Unity Pro (данные, кодовые последовательности, модули), хранящиеся в библиотеках на локальном или удаленном ПЛК, могут совместно использоваться всеми разработчиками проекта.

379. Обмен данными (переменные, программы, конфигурации) в Unity Pro осуществляется по стандарту XML. Обмен данными в формате XML обеспечивает взаимодействие создаваемых программных продуктов с приложениями сторонних разработчиков. Возможен экспорт/импорт данных между частями различных приложений.

380. Наличие средств диагностики пакета Unity Pro, позволяющих быстро выявлять ошибки в программах.

381. Возможность создания архива действий оператора с метками времени и идентификацией оператора.

Для программистов, работающих с языками VBA, VB или C++, а также для доступа к серверам Unity Pro и Unity Studio используется ПО Unity Developer Edition (UDE).

Интеграция ПЛК и ЧМИ осуществляется с помощью средства разработки и генерации приложений Unity Applications Generator (UAG). При разработке проекта с использованием UAG возможно использование стандартных объектов типа «клапан», «двигатель», «ПИД-регулятор» и др.

Во время разработки проекта Unity Pro осуществляет автоматическое присвоение адресов переменным, обеспечивая тем самым универсальность базы данных. В режиме просмотра проект представляется в виде функциональных модулей.

Специальные объекты, созданные и используемые при помощи пакета Unity Pro, а также структуры данных и функциональные блоки,

могут группироваться в библиотеки и повторно использоваться в др. приложениях.

Оперативная диагностика процесса обеспечивается возможностью прямого доступа к модулям приложения в процессе работы системы. К интегрированным средствам диагностики приложений относятся отображение сообщений сигнализации (алармов), сохраненных в диагностической памяти ПЛК.

Причиной этих сообщений могут быть неисправность ПЛК, ошибка при выполнении программы и др.

381. 4.3.4. Система программирования STEP7 фирмы *Siemens*, Германия

Пакет ПО STEP7 является интегрированным пакетом программирования контроллеров Simatic S7-300, S7-400, C7 и WinAC. Упрощенная версия STEP7 Lite предназначена для программирования простых систем управления на базе ПЛК S7-300 и C7, а также станций систем распределенного ввода/вывода ET200S/ET200X. Программы, созданные в STEP7 Lite, поддерживаются пакетом ПО STEP7. Для программирования контроллеров S7-200 применяется пакет ПО STEP7 Micro/Win [4.10].

Помимо программирования ПЛК пакет STEP7 используется для конфигурирования аппаратуры и промышленных сетей, программирования и диагностики систем человеко-машинного интерфейса и управления на базе контроллеров Simatic.

Пакет STEP7 поставляется в виде самостоятельного программного пакета для ПК под управлением ОС Windows 2000/XP (объем ОЗУ не менее 64 Мбайт, ПЗУ — от 200 до 380 Мбайт), а также входит в комплект поставки программаторов Simatic Field PG и Simatic Power PG. Для подключения ПЛК к ПК последний должен быть оснащен MP1 картой и USB/MP1 адаптером с соединительным кабелем.

В состав пакета STEP7 входит набор инструментальных средств:

- Simatic Manager — основной компонент системы, позволяющий управлять всеми частями проекта, осуществлять быстрый поиск и запуск приложений.
- Symbol Editor — программа определения символьных имен, типов данных, ввода комментариев для глобальных переменных.
- Hardware Configuration — инструментальное средство для программного конфигурирования аппаратуры и настройки параметров всех модулей. Выполняется автоматическая проверка корректности всех вводимых данных.

- Communication — программа для задания управляемой по времени циклической передачи данных между компонентами автоматизации через MPI или по сетям Profibus или Industrial Ethernet.
- System Diagnosis — программа, предоставляющая пользователю обзор состояния контроллера.
- Information Functions — компонент для быстрого обзора данных CPU и проверки написанной пользователем программы.

Редактор программ STEP7 позволяет выполнять разработку проекта на языках Statement List (STL), Ladder Diagram (LAD), Function Block Diagram (FBD) по стандарту МЭК 61131-3. Для специальных задач могут использоваться дополнительные языки программирования высокого уровня или технологически ориентированные языки. Все файлы программ пользователя и все файлы STEP7 объединяются в блоки, что улучшает структуру программы.

Программа STEP7 может содержать организационные блоки (OB), функциональные блоки (FB), функции (FC), блоки данных (DB), а также блоки, встроенные в ОС CPU: системные функциональные блоки (SFB), системные функции (SFC) и системные блоки данных (SDB).

STEP7 поддерживает мощную систему команд, позволяющих выполнять логические и математические операции с плавающей точкой, управлять ходом выполнения программы, обслуживать таймеры и счетчики, преобразовывать и пересылать форматы данных, обеспечивать работу мультипроцессорных систем S7-400 и пр.

STEP7 Lite — недорогое программное обеспечение для реализации простых автономных систем на базе контроллеров Simatic S7-300/C7, а также станций систем распределенного ввода/вывода ET200S/ET200X с интеллектуальными интерфейсными модулями, работающими без связи с сетью Profibus.

Пакет S7-PLC SIM — эмулятор работы ПЛК Simatic S7-300/S7-400/C7/WinAC на компьютере или программаторе. S7-PLC SIM позволяет обнаружить ошибки в программе, повысить ее качество и ускорить разработку проекта. С помощью пакета S7-PLC SIM выполняется отладка программ, написанных в STEP7. При этом тестируемая программа загружается в эмулируемый контроллер. S7-PLC SIM поддерживается программным пакетом Step7 Lite.

4.3.5. Система программирования «ПОЛИГОН» ООО «Промавтоматика»

Система программирования PC-совместимых контроллеров, разработанная ООО «Промавтоматика», состоит из конфигуратора,

графического редактора и менеджера проектов. Конфигуратор служит для выбора и редактирования аппаратного состава проекта, а Графический редактор — для графического представления алгоритмов работы программы и их отладки в режиме реального времени. Менеджер проектов обеспечивает сервисные функции при разработке проекта. Создаваемый проект состоит из 3-х частей: программной, аппаратной и объектов.

Аппаратная часть, формируемая конфигуратором, включает данные о принятом в проекте оборудовании. Конфигуратор предоставляет состав оборудования в виде древовидной структуры (например, крейт - плата ввода/вывода - регистр - канал или крейт - плата CPU - COM-порт - модуль). Аппаратная часть проекта с помощью команды «Передать проект в редактор» преобразуется в формат программной части проекта.

Программная часть проекта, представленная в виде модулей, содержит основной алгоритм работы программы контроллера и редактируется в Графическом редакторе. Основным элементом программной части является функциональный блок, представляющий собой законченный алгоритм определенной функции с заданным числом входных и выходных параметров. ПО «Полигон» содержит обширную библиотеку функциональных блоков, поддерживающих арифметические и логические функции, драйверы устройств ввода/вывода, интерфейсы различных модулей, регуляторов, дисплеев. Возможно создание новых функциональных блоков с помощью программы «мастер».

ПО «Полигон» поддерживает большое число плат ввода/вывода MicroPC, модулей сбора данных и управления ADAM фирмы Advantech (серий 4000 и 5000), ПЛК Beckhoff, PC-совместимых контроллеров серии MIC и др.

Кроме аппаратной части в Конфигураторе создаются и редактируются объекты, в качестве которых выступают реакторы, резервуары и др. Связь объекта с проектируемой системой осуществляется через каналы ввода/вывода (аналоговые и дискретные). С аппаратной частью проекта объекты связываются путем простого перетаскивания канала из объектов в канал аппаратной части.

Заключительным этапом создания программного обеспечения является трансляция проекта, которая проводится в Графическом редакторе, и перенос полученного ехе-файла в память контроллера. В Графическом редакторе предусмотрены различные функции работы с

контроллером по интерфейсу RS-232 — запись программы в ПЛК, пуск и остановка программы, просмотр файлов в контроллере, создание и удаление каталогов и др.

Для тестирования программного обеспечения используется отладчик. В режиме отладки на контроллере запускается программа, а в Графическом редакторе открывается соответствующий проект для его просмотра в режиме реального времени. Также предусмотрена функция печати проекта и др.

4.3.6. Система программирования PXI-контроллеров Lab VIEW компании *National Instruments*, США

LabVIEW является системой моделирования, измерения, тестирования и управления компании *National Instruments*. В названии программы LabVIEW VI означает «Виртуальный Прибор», поскольку в блок-схеме при графическом программировании используются внешний вид и функциональность традиционных физических приборов — осциллографов, генераторов и пр.

Операторский интерфейс LabVIEW содержит лицевую панель создаваемого прибора, на которой размещены управляющие элементы, — тумблеры, кнопки, переключатели и др. Помимо управляющих элементов на экран выводятся графики (тренды), гистограммы, лампочки и др. элементы отображения.

Аналогично традиционным языкам программирования LabVIEW включает переменные, типы данных, структуры циклов и последовательностей. Созданный код может быть использован в виде библиотек DDL и интегрирован с открытыми стандартами (ActiveX, OPC, TCP и др.).

В LabVIEW имеется более 500 встроенных функций для анализа данных. Это функции частотного анализа, генерации сигналов, математической обработки, аппроксимации кривых, статистического анализа и др.

Представление данных включает их визуализацию на экране дисплея в виде двух- и трехмерных изображений, генерацию отчетов и управление данными, включая такие атрибуты их представления, как цвет, масштаб, тип графики. Генерация отчетов осуществляется в виде текстовых документов в форматах Microsoft Word, Microsoft Excel и HTML.

В качестве средств разработки виртуальных измерительных приборов используются компоненты LabVIEW VI Analyzer, LabVIEW State Diagram Toolkit и LabVIEW Express VI Development Toolkit. Для генерации отчетов в форматах Microsoft Word и Microsoft Excel

применяется ПО LabVIEW Report Generation Toolkit for Microsoft Office. Взаимодействие с БД осуществляется с помощью технологии Microsoft ADO и GJ LabVIEW Database Connectivity Toolkit.

Для анализа и обработки сигналов применяется ПО LabVIEW Digital Filter Design Toolkit (проектирование цифровых фильтров), LabVIEW Advanced Signal Processing Toolkit (анализ во временной и частотной областях) и LabVIEW Vision Development Module (захват, обработка и вывод изображений) и др.

382. **SCADA-системы распределенных систем управления**

К настоящему времени SCADA-система (*Supervisory Control And Data Acquisition* — система сбора данных и оперативного диспетчерского управления) является обязательным атрибутом автоматизированной системы оперативно-диспетчерского управления. SCADA-системы устанавливаются на диспетчерских станциях, локальных технологических станциях, а также на операторских станциях различного назначения. Аппаратной платформой для SCADA-систем служат рабочие станции на базе промышленных персональных компьютеров (ППК), панельные компьютеры и операторские панели. Отдельные компактные модификации SCADA-систем устанавливаются во флэш-памяти контроллеров (например, Trace Mode, MasterSCADA и др.).

Наряду с многофункциональными, рассчитанными на большое число тэгов, SCADA-системами, которые предназначены для применения в сложных системах управления крупными предприятиями, в последние годы повысился спрос на небольшие SCADA-системы, потребность в которых определяется желанием небольших предприятий малого и среднего бизнеса проектировать и использовать системы управления по аналогии (в смысле функциональности) с крупномасштабными предприятиями. Хотя малые SCADA-системы рассчитаны на меньшее число каналов и уступают крупным, таким, как InTouch, iFIX, Genesis и др., в быстродействии, отсутствии ряда компонентов и пр., они имеют значительно меньшую стоимость, занимают небольшой объем памяти и характеризуются быстрым рестартом и отсутствием функциональной избыточности. В любом случае установка недорогой малой SCADA-системы является эффективным и более целесообразным решением, чем разработка собственного программного продукта.

Несмотря на вышеизложенное, все SCADA-системы имеют ряд общих функций, а именно:

- сбор и обработка данных о параметрах процесса (фильтрация, нормализация, масштабирование, линеаризация и др. для приведения данных к нужному формату);
 - хранение (архивирование) полученной информации в базе данных;
 - представление данных в цифровой, символьной или иной форме; это может быть динамизация значений переменных, представление значений переменных в виде графиков в функции времени (трендов), гистограмм и др.;
 - сигнализация изменений хода технологического процесса, особенно в предаварийных и аварийных ситуациях в виде системы алармов; при этом может осуществляться регистрация действий обслуживающего персонала в аварийных ситуациях;
 - формирование сводок, журналов и других отчетных документов о ходе технологического процесса на основе информации, собранной в архивах;
- формирование и сохранение в памяти команд оператора по изменению параметров настройки и режима работы контроллеров, исполнительных устройств (пуск-останов, открытие закрытие и др. функции).
- Автоматическое управление ходом технологического процесса в соответствии с имеющимися в SCADA-системах алгоритмами управления (ПИ-, ПИД- регулирование, позиционное, нечеткое регулирование и др.). Данные функции рекомендуется использовать для решения задач невысокого быстродействия. Таким образом, SCADA-системы являются мощным инструментом для разработки ПО РСУ

Наиболее распространенные на сегодняшний день SCADA-системы приведены в таблице 5.1.

Краткое описание возможностей большинства SCADA-систем приведено в работах [2.9, 5.1-5.15]. Ниже приведено описание SCADA-систем, не рассмотренных в работе [2.9], а также SCADA-систем, представленных на российском рынке в последние несколько лет, в том числе SCADA-системы для малых производств.

Таблица 5.1. SCADA-системы

№	Наименование	Фирма - производитель
1	InTouch	Wonderware, США
2	Genesis32	Iconics, США
3	iFIX	Intellution, США
4	Trace Mode	AdAstra, Россия
5	Real Flex	BJ Software Systems (BJSS), США
6	Simplicity	GE Fanuc, США-Япония
7	WinCC, Simatic WinCC flexible	Siemens, Германия
8	Citect (Vijeo Citect)	Schneider Electric, Франция
9	Vijeo Look, Monitor Pro	Schneider Electric, Франция
10	PcVue	ARC Informatique, Франция
11	MX SCADA	Mitsubishi Electric, Япония
12	Clear SCADA	Control Microsystems, Канада
13	Eclipse SCADA, Eclipse E3	Eclipse Software LTDA, Бразилия
14	RSView 32	Rockwell Automation, США
15	MOSCAD	Motorola, США
16	Phocus	Jade Software, Великобритания
17	WizFactory	PC Soft International Inc., США-Израиль
18	Genie 3.0, AStudio	Advantech, Тайвань
19	LabView	National Instruments, США
20	IMAGE	Numpho Soft, Финляндия-Россия
21	MasterSCADA	ИнСАТ, Россия
22	VNS	ИнСАТ, Россия
23	КРУГ 2000	КРУГ, Россия
24	Сириус QNX	ЗАО «Предприятие Реалтайм», Россия
25	МИКСИС (MIKSys)	МИФИ, Россия
26	СКАТ-М	«Центрпрограммсистем», Россия
27	КАСКАД	АО «Элара», Россия
28	VIORD microSCADA	ФИОРД, Россия

К числу таких SCADA-систем относятся: ClearSCADA компании *Control Microsystems* (Канада), Vijeo Citect компании *Schneider Electric* (Франция), MX SCADA компании *Mitsubishi Electric* (Япония), Eclipse E3 компании *Eclipse Software* (Бразилия), Pc- Vue компании *ARC Informatique* (Франция), RSView 32 компании *Rockwell Automation* (США), SimaticWinCC flexible компании *Siemens* (Германия) и «Сириус QNX» ЗАО «Предприятие Реалтайм».

Для наиболее полного изучения возможностей SCADA-систем ниже рассматривается структура и функции SCADA-системы InTouch фирмы *Wonderware* (США).

5.1.1. SCADA-система InTouch

Программное обеспечение InTouch является объектно-ориентированным человеко-машинным интерфейсом (HMI — Human Machine Interface) для процессов сбора данных и управления и позволяет контролировать и управлять объектами и системами, используя графические объекты.

Основные функции SCADA-система InTouch: отображение параметров объекта управления, текущих и исторических трендов, отображение и регистрация аварийных сигналов (алармов).

Средства объектно-ориентированного проектирования позволяют создавать динамические изображения, поддерживают их вращение, дублирование, копирование, вставку, стирание и др. операции. Анимационные связи поддерживают работу с дискретными, аналоговыми и строковыми переменными, горизонтальными и вертикальными движками и кнопками, а также связаны с размером и цветом текста, его местоположением, вращением и мерцанием.

InTouch содержит полную библиотеку мастер-объектов (Wizard), включающую предварительно сконфигурированные вспомогательные средства — переключатели, ползунковые регуляторы, счетчики и др. Возможно создание собственных мастер-объектов применительно к конкретной системе.

Приложение Productivity Pack, являющееся дополнением к InTouch, содержит библиотеку более чем 2000 мастер-объектов, универсальные средства просмотра на 200 файловых форматов, генератор мастер-объектов и пр. InTouch позволяет организовать взаимодействие с другими приложениями, используя следующие стандартные средства:

- DDE-обмен (Dynamic Data Exchange — динамический обмен данными). Большинство серверов ввода/вывода (например, контроллеры) поддерживают DDE-обмен для передачи данных в InTouch-приложение. Приложение Excel также использует DDE-механизм. Используя NetDDE, поставляемый с InTouch, пользователь получает возможность связи по DDE между задачами на разных PC через сеть. Поддерживается связь между Windows, VNS и UNIX с помощью протоколов NetBIOS, TCP/IP и DecNET, а также через последовательный канал.

- OLE-технология (Object Linking and Embedding — включение и встраивание объектов). Используется для взаимодействия с другими пользовательскими приложениями.
- OPC-программы (OLE for Process Control — OLE для управления процессами). SCADA-система InTouch постоянно развивается в различных версиях. За последние годы на рынке внедрены версии 7.11, 8.0, 9.5, 10.

InTouch 7.1 U поддерживаемая ОС Windows NT, является одним из компонентов интегрированного пакета программного обеспечения для полной автоматизации производства *FactorySuite 2000*.

К числу таких SCADA-систем относятся: *ClearSCADA* компании *Control Microsystems* (Канада), *Vijeo Citect* компании *Schneider Electric* (Франция), *MX SCADA* компании *Mitsubishi Electric* (Япония), *Eclipse E3* компании *Elipse Software* (Бразилия), *Pc- Vue* компании *ARC Informatique* (Франция), *RSView 32* компании *Rockwell Automation* (США), *SimaticWinCC flexible* компании *Siemens* (Германия) и «Сириус QNX» ЗАО «Предприятие Реалтайм».

Для наиболее полного изучения возможностей SCADA-систем ниже рассматривается структура и функции SCADA-системы *InTouch* фирмы *Wonderware* (США).

5.1.1. SCADA-система InTouch

Программное обеспечение *InTouch* является объектно-ориентированным человеко-машинным интерфейсом (HMI — Human Machine Interface) для процессов сбора данных и управления и позволяет контролировать и управлять объектами и системами, используя графические объекты.

Основные функции SCADA-система *InTouch*: отображение параметров объекта управления, текущих и исторических трендов, отображение и регистрация аварийных сигналов (алармов).

Средства объектно-ориентированного проектирования позволяют создавать динамические изображения, поддерживают их вращение, дублирование, копирование, вставку, стирание и др. операции. Анимационные связи поддерживают работу с дискретными, аналоговыми и строковыми переменными, горизонтальными и вертикальными движками и кнопками, а также связаны с размером и цветом текста, его местоположением, вращением и мерцанием.

InTouch содержит полную библиотеку мастер-объектов (Wizard), включающую предварительно сконфигурированные вспомогательные

средства — переключатели, ползунковые регуляторы, счетчики и др. Возможно создание собственных мастер- объектов применительно к конкретной системе.

Приложение Productivity Pack, являющееся дополнением к InTouch, содержит библиотеку более чем 2000 мастер-объектов, универсальные средства просмотра на 200 файловых форматов, генератор мастер-объектов и пр. InTouch позволяет организовать взаимодействие с другими приложениями, используя следующие стандартные средства:

- DDE-обмен (Dynamic Data Exchange — динамический обмен данными). Большинство серверов ввода/вывода (например, контроллеры) поддерживают DDE- обмен для передачи данных в InTouch-приложение. Приложение Excel также использует DDE-механизм. Используя NetDDE, поставляемый с InTouch, пользователь получает возможность связи по DDE между задачами на разных PC через сеть. Поддерживается связь между Windows, VNS и UNIX с помощью протоколов NetBIOS, TCP/IP и DecNET, а также через последовательный канал.
- OLE-технология (Object Linking and Embedding — включение и встраивание объектов). Используется для взаимодействия с другими пользовательскими приложениями.
- OPC-программы (OLE for Process Control — OLE для управления процессами). SCADA-система InTouch постоянно развивается в различных версиях. За последние годы на рынке внедрены версии 7.11, 8.0, 9.5, 10.

InTouch 7.1 U поддерживаемая ОС Windows NT, является одним из компонентов интегрированного пакета программного обеспечения для полной автоматизации производства FactorySuite 2000.

Компоненты FactorySuite используются на трех уровнях автоматизации:

- на контроллерном уровне — управление процессом с помощью ПЛК и рабочих станций;
- на диспетчерском уровне (уровне SCADA-систем) — супервизорное управление технологическим процессом;
- на уровне MES-систем — оперативно-диспетчерское управление процессом. Пакет FactorySuite построен на открытых технологиях COM, DCOM, OPC, ActiveX и содержит большое число серверов ввода/вывода, обеспечивающих связь с оборудованием, приборами и устройствами связи. Вся информация накапливается в реляционной базе данных реального времени (БД РВ) IndustrialSQL Server. За счет использования протокола Suite Link

обеспечивается высокое быстродействие, компактность хранения данных. IndustrialSQL Server использует возможности *Microsoft SQL Server*, в том числе его возможности фильтрации, объединения и обработки данных для удобства их запроса и выборки. IndustrialSQL Server может автоматически обновлять статистические данные в виде сводных таблиц с заданной производительностью, фиксируя средние, а также максимальные и минимальные значения параметров. Данные из SQL сервера в виде отчетов могут передаваться в Internet и далее удаленным пользователям, а также через GSM-модем запрашиваться и передаваться потребителям. Кроме IndustrialSQL Server в FactorySuite входят приложения-клиенты FactoryOffice, предназначенные для создания текущих и архивных трендов, графиков и таблиц.

Помимо объектно-ориентированной графики, анимационных связей и библиотеки мастер-объектов InTouch дает пользователям возможность удаленного доступа к ист очникам данных ввода/вывода (например, *Microsoft Excel*) без необходимости создания тэгов (тэг — это запись базы данных, содержащая информацию о параметре процесса) в локальной базе данных тэгов.

Другими функциями InTouch являются одновременная поддержка многочисленных источников алармов (поддержка от 1 до 999 приоритетов алармов). Алармы могут быть выведены на экран, записаны на диск и выведены на печать. Также InTouch позволяет создавать исторические тренды и тренды реального времени с возможностью одновременного отображения до 8-ми переменных (тренд реального времени поддерживает работу с четырьмя переменными). При этом каждая переменная читается из собственного файла. Возможен экспорт данных в Excel, файл данных или в канал DDE. Кроме того, пользователь имеет возможность генерирования рапорта напрямую из проекта InTouch путем прямого форматирования экрана, вывода на печать или рассылки по электронной почте.

Благодаря наличию функции SPC (Statistical Process Control — Статистическое Управление Процессом) InTouch предоставляет возможность статистического управления процессом на уровне оператора.

Система паролей InTouch предоставляет встроенную систему доступа на 10000 уровней, гарантирующую надежную защиту системы.

Пакет *InControl* — это система программирования и управления с открытой архитектурой реального времени, позволяющая создавать

архитектуру SoftPLC с заменой традиционного ПЛК на PC, подключенный к устройствам ввода/вывода через локальные сети Profibus, Modbus и др. InControl поддерживает языки релейной логики (LD), последовательных функциональных схем (SFC) и структурированного текста (ST) по стандарту IEC 61131-3. Поддерживается технология ActiveX (ПИ-, ПИД-регуляторы, нечеткая логика и др.). Также допускается программирование с использованием традиционных языков программирования. InControl поддерживает различные промышленные интерфейсы и сети — Profibus, DeviceNet, Interbus, DDE, SDS, Internet и др. Подобно другим компонентам FactorySuite InControl через набор мастер-объектов интегрируется с InTouch.

Пакет *InTrack* — система управления производственными процессами — от закупки сырья, материалов и комплектующих до выпуска готовой продукции. Различные схемы производственных процессов создаются в специальном графическом редакторе и включают мастер-объекты, среди которых есть производственные цепочки, материальные ресурсы, продукты и пр. Таким образом, в рамках одной прикладной программы совмещаются функции SCADA-системы и MES-системы (Manufacturing Execution System — производственная исполнительная система). Использование DDE-обмена и OLE-технологии позволяют организовать связь с устройствами ввода/вывода, а также с системами верхнего уровня MRP (Management and material Resource Planning — система планирования ресурсов предприятия). InTrack включает в себя, подобно InTouch, тэги, текущие и исторические тренды, алармы, сценарные функции и мастер-объекты. За счет встроенных функций открывается возможность автоматизации задач учета, планирования и диспетчеризации производства.

InBatch — гибкая система управления процессами дозирования и смешения в металлургической, химической, пищевой и др. отраслях промышленности. Имеется возможность моделировать процессы, создавать рецепты и имитировать их исполнение, а также управлять реальным процессом. InBatch тесно интегрирован с InTouch, что позволяет оператору вести мониторинг периодических процессов дозирования и смешения. Кроме того, InBatch имеет набор функций для интеграции с ERP-системами (Enterprise Resource Planning — система планирования производства), в том числе осуществлять планирование сроков поставки материалов, выполнения заказов и пр.

FactorySuite Web Server с помощью утилиты Application Publisher выполняет функции преобразования созданных InTouch приложений в вид, доступный для просмотра с любого удаленного узла и управления производственным процессом в режиме реального времени через Internet и Intranet.

Версия *InTouch 8.0* пакета *FactorySuite A2* на платформе *ArchestrA* компании *Invensys* объединяет все компоненты *FactorySuite A2*. В числе новых компонентов — сервер приложений *Industrial Application Server (IAS)*. IAS включает БД *Galaxy* со средой разработки приложений *IDE (Integrated Development Environment)* и средой исполнения. IAS обеспечивает сбор и обработку информации в режиме *PВ*, управление подсистемами алармов и событий, сервисы управления данными и может быть полнофункциональным или распределенным (БД, компоненты, среда разработки и среда исполнения разнесены по рабочим станциям). IAS в отличие от *InTouch 7.11* оперирует не с тэгами, а с объектами («аналоговое устройство», «дискретное устройство», «платформа», «переключатель» и др.). Использование платформы *ArchestrA* обеспечивает интеграцию IAS, БД *IndustrialSQL Server* и *SCADA*- системы *InTouch 8.0*, сокращая время разработки приложений для автоматизации всего производства.

На технологии *ArchestrA* основана программная платформа *Wonderware System Platform 3.0* для управления производством.

Новая версия *In.Tou.ch 9.5* по итогам опроса читателей журналов *Control Engineering* и *Control Magazine* признана лучшим программным пакетом в категории «*HM1* и *SCADA*» [5.3].

InTouch 9.5 имеет ряд преимуществ, среди которых возможность резервирования, новые средства проектирования, дополнительные возможности алармов.

Графический интерфейс пользователя (*GUI — Graphical User Interface*) позволяет быстро и просто разрабатывать графическое представление процесса.

К числу новых возможностей создания графического интерфейса относится технология *SmartSymbols*, позволяющая создавать шаблоны графических символов и связывать их с объектами приложения *ArchestrA*, локальными тэгами *InTouch* с помощью удаленных ссылок (*Remote Tag Referencing*). Используя технологию *SmartSymbols* пользователь может создавать из набора графических объектно-ориентированных средств стандартизованные библиотеки объектов.

Редактор *QuickScript* позволяет настроить приложения *InTouch* в соответствии с требуемой спецификацией. Компонент *InTouch Fast*

Switch предназначен для быстрого переключения из среды разработки в среду исполнения и наоборот простым нажатием клавиши. Для доступа к удаленным тегам или изменения источников данных для объектов приложения ArchestrA введена новая функция сценариев IOSetRemoteReferences.

Архитектура InTouch 9.5 допускает установку SCADA-системы как на отдельном компьютере, так и в клиент-серверной среде. Механизм конфигурации сервера тегов позволяет разработчику назначать один или несколько компьютеров в качестве серверов тегов. Динамическая среда разработки сетевых приложений (NAD) позволяет с одного сервера обслуживать приложения InTouch. Для наблюдения за технологическим процессом используется механизм InTouch View.

InTouch 9.5 имеет расширенные возможности визуализации алармов (функции):

- Функция отображения распределенных алармов (Distributed Alarm Display) позволяет оператору во время работы выбрать заранее сконфигурированные алармы.
- Функция управления просмотром БД (Database View Control) отображает алармы, зарегистрированные в БД.
- Функция управления просмотром алармов (Alarm Viewer Control) является элементом управления ActiveX, позволяющим просмотр как текущих, так и исторических данных.

Программный пакет InTouch 9.5 является универсальным клиентом FactorySuite для любого программного обеспечения фирмы *Wonderware*. Он может использоваться совместно с Industrial Application Server, IndustrialSQL Server, InTrack, InBatch, DT Analyst и другими приложениями.

Новая версия *InTouch 10.0* имеет следующие новые достоинства:

- новые независимые от разрешения экрана графические объекты;
- многопользовательская разработка и редактирование разрабатываемого проекта;
- мощный набор графических символов с интегрированными сценариями и средствами связи, графическая анимация и разнообразный инструментарий;
- интеграция с *Wonderware System Platform 3.0* с возможностью масштабирования — от одиночного узла с HMI до систем диспетчерского управления в масштабе предприятия (до 400 PC и до 1 млн точек ввода/вывода);
- полная совместимость с предыдущими версиями InTouch;

- встроенные средства для согласованной обработки и визуализации качества данных.

В InTouch 10.0 имеется встроенная библиотека символов *ArchestrA*, включающая более 500 графических символов, которые могут быть модифицированы или использоваться без изменений. Каждый атрибут графики может быть индивидуально анимирован. *ArchestrA* символы предоставляют доступ к стандартным элементам управления, таким, как Web-браузеры, компоненты ERP-систем и другие приложения, поддерживающие .NET.

Среда разработки *Wonderware Development Studio* обеспечивает общую интегрированную среду разработки (IDE) для *Wonderware System Platform 3.0* и InTouch 10.0. Функция InTouch Fast Switch позволяет осуществить быстрое переключение из среды разработки в среду исполнения и наоборот.

InTouch 10.0 поддерживает мультиэкранный режим и позволяет создавать многоэкранные HMI приложения.

Программное обеспечение InTouchIO.0 включает следующий инструментарий по анализу и поиску неисправностей:

- *Distributed Alarm Display* — предоставляет суммарную информацию по текущим аварийным сигналам;
- *Alarm Viewer Control* — элемент управления ActiveX, отображающий текущие и исторические аварийные сигналы;
- *Database View Control* — отображает историческую информацию по аварийным сигналам для анализа событий.

InTouch 10.0 может работать как OPC-клиент и как OPC-сервер. Серверы ввода/ вывода от *Wonderware* предоставляют доступ к данным по технологии OPC, протоколу *Wonderware SuiteLink* или по протоколу *Microsoft DDE*. Также можно использовать инструментарий *ArchestrA DA Server Toolkit* для создания дополнительных серверов.

InTouch 10.0 включает несколько встроенных моделей и функций безопасности:

- систему безопасности с разделением уровней доступа по паролю;
- аутентификацию *Microsoft Windows*;
- защиту на уровне данных — при установке системной платформы *Wonderware System Platform 3.0*;
- программное обеспечение InTouch 10.0 Read Only, допускающее только чтение данных.

Предыдущие версии пакета InTouch русифицированы и адаптированы к российскому рынку. Благодаря программе технической поддержки имеется возможность прохождения курсов обучения по

Интернету с использованием обширной онлайн-базы знаний. Число внедрений программного обеспечения InTouch превышает 450 тыс на более чем 100000 объектах. Проекты с применением SCADA-системы InTouch широко используются в различных отраслях промышленности.

Вопросам выбора SCADA-систем, а также описанию структуры, компонентов и характеристик SCADA-систем посвящены работы [5.1, 5.2, 5.4, 5.7, 5.10, 5.15].

5.1.2. SCADA-система PcVue компании ARC Informatique (Франция).

SCADA-система PcVue использует объектную технологию создания приложений и работает под управлением ОС Windows 2000/XP, Server 2003 как в среде автономной, так и клиент-серверной архитектуры.

Среди возможностей PcVue отметим следующие: динамическое конфигурирование, графический интерфейс с использованием архитектуры Document/ View, создание 3D мнемосхем, резервирование сервера со структурированной БД, использование объектно-ориентированной технологии и международных стандартов (DDE, OPC, ODBC и др.).

Подобно другим SCADA-системам PcVue сохраняет возможности визуализации процесса, создания трендов, алармов, отчетов и расписаний. Возможно создание программ пользователя на языке VBA.

SCADA-система PcVue снабжена обучающей программой и примерами различных проектов.

В состав компонентов ПО помимо SCADA-системы PcVue входят:

- Plant Vue — приложение для небольших производств. Графический интерфейс аналогичен SCADA-системе PcVue. Plant Vue имеет достаточно мощный инструмент работы с историческими данными, но в то же время имеет ограниченное число переменных (до 2000), устанавливается только на одной станции. Используется, как правило, в локальных системах автоматизации при управлении отдельными объектами.
- Lon Vue — ПО для управления интерфейсом сети Lon Works (работает под Windows). Данные в режиме PB поступают в Lon Works через OPC-серверы.
- Data Vue — инструмент для получения исторических данных, трендов, файла регистрации и отчетов данных от PcVue. Поддерживает форматы PcVue, Access, Oracle v.8, SQL Server.

- Web Vue — программный продукт, работающий с Web-браузером и обеспечивающий удаленное отображение и управление технологическими процессами через Internet или Intranet. Безопасная передача данных осуществляется через SSL-соединение. Последняя версия Web Vue 3.0 предусматривает Web-сервис системы. При этом PcVue выступает в качестве Web-клиента, имеющего удаленный доступ через Internet к Web-серверу с Web Vue.

Графический интерфейс PcVue поддерживает векторные рисунки, импортируемые растры, допускает свободное вращение изображений, заливку, изменение цвета и масштаба изображений, копирование и др.

Диаграммы исторических трендов и трендов реального времени могут быть встроены в мнемосхему. При этом допускается масштабирование окна с трендами, одновременное масштабирование оси времени и оси значений, динамическое назначение переменных трассам и пр.

Генератор отчетов PcVue позволяет распечатывать отчеты в РВ или из БД. Также могут быть распечатаны или внесены в архив сообщения о тревогах.

Объектно-ориентированная технология использует объектные библиотеки, содержащие несколько сотен двух- и трехмерных предварительно сконфигурированных объектов (реакторы, вентили, трубопроводы и т. п.). Каждый объект может быть изменен и сохранен либо создан заново в соответствии с требованиями пользователя. Все созданные объекты распространяются на все мнемосхемы, в которых они используются.

Коммуникационные возможности PcVue определяются собственным коммуникационным менеджером, поддерживающим протокол TCP/IP. Для обмена данными в реальном времени с устройствами независимых производителей PcVue действует, как OPC-клиент. Для создания и выполнения структурированных программ используются скрипты на языке *Microsoft VBA*. При этом имеется возможность обращения к свойствам объектов ActiveX и Java Beans. В мнемосхеме разработчик может встраивать компоненты от независимых производителей оборудования.

Интеграция данных от PcVue с MES-приложениями осуществляется с помощью СУБД по интерфейсам ODBC или ADO. Для автоматического конфигурирования БД применяется Smart Generator с использованием интерфейса XML. Генератор поддерживает среду разработки Unity и CoDeSys.

К новым функциям PcVue 8.10 относятся функция сервера исторических данных (СИД). Новый СИД имеет более высокую производительность, большую безопасность, открытость и доступность. Высокая производительность означает сбор данных по событиям со скоростью несколько сотен в секунду. При недоступности БД поток данных направляется в буфер (объем буфера — десятки тысяч переменных), откуда генерируется во временные файлы, которые затем направляются в освободившуюся БД.

Данные СИД доступны различным клиентам благодаря функции репликации (механизм копирования данных из одной БД в другую). Таким образом, если недоступен первый сервер БД, то данные направляются во второй, а при освободившемся первом сервере в него направляются данные со второго сервера.

К другим новинкам относятся: возможность отправки через SMTP-сервер по электронной почте сообщений, в том числе тревожных сообщений, службе поддержки компании; возможность представления нескольких мнемосхем в одном окне; им-порт/экспорт текстовых сообщений на разных языках и др.

SCADA-система PcVue используется в промышленности, строительстве, при автоматизации зданий и в других областях.

5.1.3 Clear SCADA. компании *Control Microsystems* (Канада)

ClearSCADA представляет собой программный пакет с расширяемой клиент-серверной архитектурой, соответствующий международным стандартам (OPC, OLE, ODBC, HTTP/XML и др.), и содержит открытые протоколы связи Modbus RTU/ASC II, DNP3 и DF1. Также ClearSCADA поддерживает последовательные интерфейсы (RS-232, RS-422, RS-485), линии радиосвязи, коммутируемые телефонные линии, LAN/WAN и программно совместима с контроллерами SCADAPack.

Доступное число точек ввода/вывода на сервере — 500,1500, 5000,25 000 и 50 000. Сервер в базовой конфигурации содержит различные драйверы (Modbus, SCADAPack Modbus, OPC клиент, SNMP, ODBS/SQL и др.), историческую БД, подсистему событий и алармов, систему переадресации данных по E-mail и на пейджер.

ClearSCADA работает с двумя типами клиентов: ViewX и WebX. Клиент ViewX обеспечивает интерфейс пользователя с функциями визуализации и отображения данных на экране, алармов и трендов, ведение журнала событий. Каждый клиент ViewX может одновременно подключаться к 64 системам с различным числом точек ввода/вывода.

Интегрированная среда разработки (IDE) позволяет проводить отладку системы в режиме on-line.

Клиент WebX предназначен для контроля и управления SCADA-системой путем Web-технологии через стандартный браузер. Работа с системой осуществляется через безопасное SSL-соединение (Secure Sockets Layer) с использованием логина и пароля.

Интеграция аппаратных средств в ClearSCADA обеспечивается за счет сохранения в БД конфигурации удаленных устройств (RTU), автоматического обновления параметров настройки системы, сохранения данных в исторической БД, синхронизации системного времени и удаленной диагностики. Для программирования контроллеров ClearSCADA имеет пять взаимозаменяемых языков программирования по стандарту IEC 61131-3.

Для ускорения разработки проекта в ClearSCADA имеются шаблоны различных технологических аппаратов (насосы, емкости, дозаторы и пр.), электроаппаратуры, средств связи и сигнализации, а также групповые элементы для оперативного интерфейса верхнего уровня (технологические установки, насосные станции и т.п.).

Высокая надежность ClearSCADA обеспечивается двойным и тройным резервированием серверов, клиентов, средств связи. При обрыве сетевых соединений и их последующем восстановлении все данные в фоновом режиме из буферной памяти RTU/PLC перешлются в БД. Степень безопасности объекта (проекта) обеспечивается различными уровнями доступа пользователей с индивидуальными паролями и системой шифрования паролей. ClearSCADA ведет журнал записи действий пользователей с сохранением информации о категории клиента, его имени и адреса, времени записи и др.

Для работы в сети Internet используется протокол защищенных сокетов (SSL) и личные пароли. Лицензирование ClearSCADA осуществляется через программный или аппаратный ключ. В отличие от ряда других SCADA-систем лицензируется не число тэгов, а число точек ввода/вывода.

5.1.4. MX SCADA компании *Mitsubishi Electric* (Япония)

Пакет программ MX SCADA поддерживает распределенную архитектуру клиент-сервер. Интерфейс MX MMI предназначен для визуализации и управления объектами с числом входов/выходов до 300 и используется как в локальной, так и в сетевой версии. Особенностью MX SCADA является наличие обучающих модулей Quick Start, используемых на всех этапах разработки приложений проекта.

MX SCADA имеет встроенную библиотеку графических объектов и технологию Drag&Drop для ускорения разработки приложения.

Разработка экранной графики осуществляется благодаря готовым к использованию символам (dynamos), функции Trend (тренды в режиме реального времени), обработки алармов, парольных сообщений и рецептов.

К компонентам MX SCADA относятся MX SCADA Server, MX Remote, MX TV, MX-View, MX Chart, MX OPC Server, MX Monitor.

MX SCADA Server устанавливается на диспетчерской станции и связана с БД. Сервер используется как в локальной, так и в сетевой версии — для обмена данными с др. SCADA-серверами либо с компонентами MX View, MX TV или MX MMI.

MX Remote — программный пакет доступа удаленных пользователей в систему для получения данных о процессе.

MX TV — программное средство просмотра текущих и исторических данных из реляционной БД, через DDE-сервер, MMI, от видеокамер, а также просмотр ASCII данных.

MX View — клиентское приложение для дополнительных рабочих мест операторов. Каждое клиентское место с установленным MX View связано по сети со SCADA- серверами.

Программные модули MX Chart, MX OPC Server и MX Monitor объединены в пакет коммуникационных утилит MX Components. Отличительные особенности MX Components:

- поддержка Access, Excel, VBA и C++;
- мониторинг состояния ПЛК через HTML-страницы с помощью стандартного Web-браузера;
- мониторинг состояния ПЛК через Internet или Intranet с поддержкой технологии Active Server Pages (ASP);
- поддержка ОС Windows 98/2000/NT V.4/XP.

Подсоединение к ПЛК осуществляется через последовательные порты RS-232/422, Ethernet, CC-Link и сети MELSEC.

MX Chart обеспечивает быстрый доступ к данным через ПЛК с отображением их в MS Excel.

MX OPC Server обеспечивает безопасный доступ контроллеров *Mitsubishi Electric* к любому OPC-совместимому ПО, в том числе к ПО верхнего уровня.

MX Monitor предназначен для разработки графического интерфейса с помощью Visual Basic или C++.

К средствам визуализации *Mitsubishi Electric* также относится GT SoftGOT, разработанное для операторских панелей GOT, но

позволяющее разрабатывать операторский интерфейс на персональном компьютере. Это дает возможность использовать возросший объем памяти для хранения информации, возможность обмена данными с MS Excel и др. К числу пакетов визуализации для PC на базе панелей MAC E относится пакет E-View, занимающий промежуточное положение между пакетом для программирования панелей оператора и SCADA-системой. Достоинства пакета: возможность хранения большого объема данных, поддержка E-mail, SMS и FTP. E-View содержит обширную библиотеку объектов, использующих технологию ActiveX.

Программные продукты компании *Mitsubishi Electric* объединены в программном обеспечении MELSOFT — *Mitsubishi Electric* SOFTWARE.

5.1.5. SCADA-система *Advantech Studio (AStudio)* компании *Advantech*, Тайвань.

SCADA-система AStudio является составной частью концепции eAutomation фирмы *Advantech*. Данная концепция базируется на технологии IBM PC-совместимых аппаратных средствах, сети Ethernet и Web-технологии сбора и передачи данных на всех уровнях иерархии системы управления предприятием. Все клиенты, расположенные на нижних и верхнем уровнях производственной структуры, объединены локальной сетью и используют Internet-технологию доступа к данным [5.9].

AStudio поддерживает среду исполнения для ОС Windows 2000/XP и Windows CE для встраиваемых систем. AStudio через встроенный Web-сервер, совместимый с MS Internet Explorer, поддерживает HTML-страницы с передачей по сети или телефонной линии, передачу электронной почты.

AStudio имеет графический редактор и библиотеку графических символов. Имеется возможность построения графиков на основе текущих и исторических данных (трендов), создания гибкой системы формирования отчетов и таблиц, редактирования и загрузки проектов. При использовании языков программирования по МЭК 61131-3 возможно динамическое переключение языка проекта. Также AStudio имеет большую библиотеку встроенных функций для создания скриптов, систему парольной защиты проекта с большим числом уровней доступа (до 256 уровней).

К достоинствам AStudio относятся большое число драйверов (более сотни) для контроллеров основных производителей программно-аппаратных средств. Настройка любого драйвера сопровождается файлом помощи.

Обмен данными между SCADA-системой AStudio и Windows-приложениями осуществляется по протоколам DDE, TCP/IP, ODBC. Также поддерживаются и другие стандарты: OPC, XML, ActiveX и др.

AStudio допускает экспорт и импорт отчетов, конфигурационных профилей и текущих данных в XML-формате, интеграцию с *Microsoft Word* и *Excel*, просмотр одним браузером данных нескольких клиентов, обмен данными в сетях Internet и Intranet и др. AStudio имеет мощную библиотеку математических функций (более 100 функций) и используется в резервированных системах с дублированием модулей, сервера TCP/IP и баз данных. AStudio применяется при автоматизации в средних и малых распределенных системах управления.

5.1.6. SCADA-система ADAM View компании Advantech, Тайвань

ADAMView — программное обеспечение начального уровня для построения небольших систем сбора, анализа, визуализации данных и управления, работающее под управлением операционных систем Windows 98/NT/2000/XP. Специальная оболочка для построения пользовательских приложений значительно сокращает время их разработки и максимально облегчает этот процесс. Весь процесс разработки сводится к «рисованию» системы на экране с последующей привязкой к физическим каналам ввода/вывода. Для построения комплексных систем и организации сложных алгоритмов обработки данных имеется возможность использования встроенного языка Basic Script.

Открытая архитектура ADAMView позволяет легко интегрировать его с другими приложениями через механизмы OLE, DDE, ODBC.

ADAMView обеспечивает:

- поддержку до 150 каналов ввода/вывода;
- легкий для освоения человеко-машинный интерфейс;
- объектно-ориентированную графику;
- исторические тренды;
- возможность генерации отчетов;
- возможность написания программ на Basic Script;
- многозадачный режим работы;
- поддержку механизмов DDE, OLE, ODBC, технологии OPC;
- лёгкую интеграцию с системами программирования МЭК 61131.

ADAMView является 32-разрядным приложением и обеспечивает многозадачный режим работы при параллельном сканировании задач для повышения эффективности операций ввода/вывода, обновления графической информации на экране и диалог с оператором. Это обеспечивает высокую производительность работы системы.

ADAMView поддерживает спецификацию OPC. Технология OPC обеспечивает возможность использования в системах на базе ADAMView оборудования других производителей (в частности, любых PLC-контроллеров). Для этого достаточно иметь соответствующие OPC-серверы.

Поддержка протокола TCP/IP обеспечивает возможность работы с данными технологического процесса в реальном времени с любого узла сети через Internet, а также дистанционное управление процессом.

SCADA-система ADAMView поддерживает работу с контроллерами ADAM серий 4000, 5000 и 6000 и включает базу данных на 150 точек ввода/вывода, драйверы и OPC сервер.

5.1.7. SCADA-система Vijeо Look компании *Schneider Electric*, Франция

Vijeо Look базируется на открытых международных стандартах, среди которых компоненты ActiveX (включая WEB браузер) и Java Bean, использующие объектно-ориентированный подход, встроенный сервер OFS (OPC Factory Server), ПО *Microsoft* VBA, интерфейс ADO (Active Data Object) доступа к БД и др. ПО Vijeо Look позволяет сохранять все переменные, поступающие через OPC-сервер в БД и включает в себя поддержку реляционной БД MSDE (*Microsoft* Data Engine), поставляемой с Vijeо Look, для доступа к которой используется ПО *Microsoft* Access. БД MSDE позволяет сохранять объем данных до 2 Гбайт (около 5,5 млн записей).

Стандарт ActiveX обеспечивает взаимодействие программных компонентов, расположенных как на одном PC так и на удаленных PC, объединенных сетью. Архитектура компонентов Java Bean позволяет использовать сети с разнородными ОС и аппаратными средствами. Можно связывать свойства компонентов ActiveX и Java Beans со значениями переменных сервера OPC, в частности сервера данных OFS. Доступ к свойствам компонентов ActiveX, переменным OPC и компонентам среды проекта осуществляется с помощью языка MS VBA, который поставляется с ПО Vijeо Look.

SCADA-система Vijeо Look предназначена для работы на PC с ОС Windows 2000/ XP и поддерживает контроллеры *Schneider Electric*: Twido, TSX Micro, Modicon Premium/ Atrium/Quantum/Momentum.

SCADA-система Vijeо Look используется для малых систем визуализации и рассчитана на 128, 512 или 1024 точек ввода/вывода. Тем не менее, Vijeо Look имеет все необходимые функции SCADA-систем, используемых в больших системах.

Функции визуализации используются для отображения на экране переменных, считываемых из ПЛК, для архивирования переменных в БД и программной обработки данных. Переменные могут быть представлены в виде значений, исторических и текущих трендов, анимированной цветной графики и т. д. Приложения Vijeo Look разрабатываются с помощью программы Конфигуратор (Configuration Explorer). Связь с ПЛК устанавливается после выбора файла переменных, протокола связи и адреса ПЛК. Программа может быть использована для редактирования переменных, конфигурации дополнительных серверов OPC и БД, создания переменных для трендов и пр. Все переменные в окне Configuration Explorer делятся на следующие типы: НМІ, диагностические и АПС (Аварийно-Предупредительная Сигнализация), встроенной обработки, переменные архивов и трендов.

Для создания графических объектов используются следующие инструменты: библиотеки графических объектов, компоненты ActiveX и Java Bean, собственные графические элементы Vijeo Look, функции Zoom (увеличение) и Panoramic (панорама), тренды и др. Библиотека графических объектов включает около 100 двух- и трехмерных графических объектов. Библиотеки дополнены набором специфических символов (конвейеры, PID, пиктограммы компонентов *Schneider Electric* и др.). Все эти объекты являются готовыми к привязке к переменным ПЛК. ПО Vijeo Look позволяет создавать до 8 независимых трендов в одном окне просмотра. Тренды реального времени отображают данные из БД. Частота обновления данных задается при конфигурировании.

Функция управления производственными рецептами поддерживает до 1000 рецептов для каждого приложения (в каждом рецепте допускается до 1000 элементов). Помимо возможности создания, рецепты могут быть сохранены или экспортированы в другие приложения.

ПО Vijeo Look устанавливается на одной рабочей станции и используется как в локальной, так и в сетевой версии. Подключение к сетям Ethernet, Modbus Plus и Fip-Way осуществляется с помощью соответствующих сетевых карт, а к шинам Modbus и Uni-Telway — с помощью интерфейсов RS-232 или RS-485.

Помимо функций визуализации Vijeo Look обладает функциями диагностики, обработки, коммуникации, записи в БД и трассировки, печати сообщений АПС и функцией безопасности.

К функциям диагностики относятся управление, визуализация и квитирование переменных типа АПС, диагностика для сетевых модулей Ethernet TCP/IP для платформ Micro, Premium, Quantum и Momentum. Переменные сохраняются в блоке памяти ПЛК (Diag Buffer). Встроенное программное средство Diag Viewer предоставляет оператору инструмент для наблюдения за состоянием системы.

Функция обработки позволяет назначить любому графическому объекту анимацию (вращение, перемещение, изменение размера и пр.), написанную на языке VBA. Имеется возможность встраивания программы на языке VBA в приложение системы визуализации.

Поскольку Vijeo Look имеет архитектуру клиент-сервер, то возможен удаленный или локальный обмен данными с другими приложениями, сбор и пересылка данных с ПЛК. Данные поступают через коммуникационный сервер OPC, который имеет прямой доступ к БД РВ Vijeo Look. Так как Vijeo Look является одновременно сервером и клиентом OPC, это позволяет SCAD A-приложениям обмениваться данными с ПЛК и другими программными продуктами, имеющими интерфейс OPC.

Функция записи переменных в БД и трассировки (контроль изменения данных во времени) позволяет записанные в БД данные экспортировать в форматах CSV (Comma Separated Values) или XML. Значения переменных записываются в БД по изменению их состояния или периодически. При этом имеется возможность выбора типа БД, размещения БД и наименования таблицы БД. Поскольку используется реляционная модель БД, для записи необходим минимальный объем памяти (атрибуты переменных, не изменившихся за определенный промежуток времени, записываются только один раз). Все данные в БД записываются в символьной форме по имени объекта (клапан, насос, расход, температура и т. д.). Из баз данных используются БД MSDE или др. стандартные БД (MS SQL Server, ORACLE, SYBASE и др).

Функция безопасности определяется идентификацией пользователя по имени и паролю, а также по уровням доступа. ПО Vijeo Look допускает возможность работы только одного пользователя в каждый момент времени. HMI базируется на системе пользовательских профилей безопасности, связанных с графическими объектами (окно, анимация, поле ввода и т. д.). Каждый объект имеет список авторизованных профилей.

SCADA-система Vijeo Look осуществляет сбор, визуализацию архивирование данных на одном и том же PC, поэтому рекомендуется не завышать частоту сбора данных, количество переменных для

хранения в БД и число обрабатываемых сигналов АПС. Дальнейшее развитие возможностей SCADA-системы реализовано в SCADA-системе Vijeo Citect Lite, приходящей на смену Vijeo Look.

5.1.8. SCADA-система Monitor Pro v7.2 компании *Schneider Electric*, Франция

ПО Monitor Pro v7.2 имеет архитектуру клиент-сервер и предназначено для визуализации и диспетчерского управления средних и больших распределенных систем управления.

В состав ПО Monitor Pro v7.2 входит база данных MS SQL Server 2000 и коммуникационные протоколы *Schneider Electric*, в том числе OPC-сервер (OFS).

К др. средствам коммуникации относятся сетевые протоколы Modbus TCP/IP, Modbus Plus и FipWay.

Monitor Pro v7.2 является многопользовательским SC AD A-приложением, работающим на платформах Windows 2000/XP. В зависимости от масштаба системы управления предлагаются исполнения на число точек ввода/вывода от 300 (4800 переменных) до 50000 (800 тыс переменных). Учитывая открытость Monitor Pro, возможна работа системы с ПЛК сторонних производителей, для чего поставляются (вместе с Monitor Pro v7.2) коммуникационные драйверы для связи с устройствами сторонних производителей.

Monitor Pro имеет функцию обмена информацией между несколькими серверами в общей структуре (функция VRN — Virtual Real-time Network, виртуальная сеть реального времени). Каждая станция может быть сервером для одних и клиентом для других станций в сети. Также имеется функция VRR (Virtual Real-time Redundancy — виртуальная сеть реального времени с резервированием), с помощью которой можно построить систему с резервированием серверов.

Функция визуализации Monitor Pro использует объектно-ориентированный редактор, работающий в среде Windows, состоящий из Построителя (Client Builder) и конфигууратора (Configuration Explorer).

Для ускорения разработки проекта Client Builder использует объектно-ориентированную графику, библиотеку стандартных объектов, контейнеры объектов ActiveX и Java Bean, набор готовых компонентов ActiveX для просмотра журнала АПС, трендов и БД. Для любого графического объекта может быть задана анимация, написанная на языке VBA.

Configuration Explorer поддерживает одновременную разработку приложения с нескольких сетевых станций, тем самым допуская доступ одного пользователя к нескольким серверам и нескольких пользователей к одному серверу Monitor Pro v7.2.

Управление безопасностью в Monitor Pro аналогично модели безопасности Windows NT. После создания пользовательских учетных записей (имя и пароль) каждой учетной записи назначается профиль, который определяет видеокadres, слои и графические объекты в слоях. Доступ пользователя к разрешенному ему профилю осуществляется в режиме РВ, редактирования или с рабочего стола через иконку.

При разработке системы визуализации с помощью Client Builder используется БД РВ, находящаяся в оперативной памяти сервера. Все задачи приложения (математическая обработка данных, отчеты, коммуникации API, интерфейс ODBC и др.) используют информацию БД, считывая и записывая в нее данные. Клиентское приложение подключается к серверам приложения через интерфейс OPC клиента в режиме РВ. Таким образом, БД РВ, расположенная в оперативной памяти RAM, является ядром ПО визуализации Monitor Pro.

БД РВ содержит данные следующих типов: двоичные данные, слова (16 бит), двойные слова (32 бита), значения с плавающей точкой (64 бита) и строковые переменные (до 256 бит).

Функция диагностики определяет режим генерирования сигналов АПС, их отображение с использованием ActiveX, архивирование, печать в реальном времени, квитиование АПС, а также создание распределенной БД АПС. Отображение сигналов АПС осуществляется через интерфейс Diag Viewer блока Diag Buffer.

Данные с любого сервера Monitor Pro могут быть отображены в виде трендов реального времени и исторических трендов. Последние выбираются из архива реляционной БД. Число переменных в окне трендов и число окон неограниченно. Управляющие элементы ActiveX связаны с реляционной БД через независимый сервер трендов, встроенный в Monitor Pro. От сервера трендов данные поступают клиенту ActiveX.

Доступ к реляционной БД осуществляется с помощью интерфейса ODBC. В качестве реляционной БД используется SQL Server 2000, поставляемый с Monitor Pro, или стандартные БД с интерфейсом ODBC (Dbase IV, Oracle, Sybase и др.). В свою очередь БД РВ по интерфейсу обмена информацией с реляционными БД имеет возможность читать и обновлять таблицы реляционной БД. Среди

клиентских задач, имеющих доступ к реляционной БД, основными являются архивирование А ПС, сохранение и просмотр данных, ведение журнала трендов и др.

Функция рецептов Monitor Pro может управлять до 1000 различных типов рецептов (8000 элементов БД для каждого рецепта).

Функция генератора отчетов поддерживает печать данных из БД в нужном формате. Отчеты могут передаваться по сети или сохраняться на жестком диске в формате ASCII.

С 2007 г. компания *Schneider Electric* рекомендует преимущественное использование SCADA-системы Vijeo Citect¹ v7.0, имеющей определенные преимущества перед Monitor Pro v7.2.

5.1.9. SCADA-система RSVIEW32 компании Rockwell Automation, США

RSVIEW32 — это интегрированное, основанное на компонентах программное обеспечение человеко-машинного интерфейса (HMI) для контроля и управления автоматизированными устройствами и процессами. RSVIEW32 создана с использованием открытых технологий, которые обеспечивают максимально эффективную связь с другими продуктами Rockwell Software, продуктами *Microsoft* и сторонними приложениями.

RSVIEW32 — программный продукт HMI, в котором использованы следующие преимущества передовых технологий фирмы *Microsoft*:

- Открытие графических дисплеев в виде OLE контейнеров для элементов управления ActiveX, что дает возможность встраивать в собственные проекты уже готовые решения, выбирая их из элементов управления ActiveX сторонних поставщиков.
- Разработка моделей объекта для выделения отдельных частей его основных функциональных возможностей, что позволяет RSVIEW32 легко взаимодействовать с другими программными продуктами, основанными на компонентах.
- Использование языка Visual Basic for Applications (VBA) фирмы *Microsoft* в качестве встроенного языка программирования
- Поддержка стандартов OPC как для сервера, так и для клиента, с целью осуществления быстрой и надежной связи с аппаратными устройствами различных поставщиков.

Реализация технологии Add-On Architecture (AOA) для расширения функциональных возможностей RSVIEW32 и интеграции новых свойств в ядро RSVIEW32.

SCADA-система RSVIEW32 предлагает уникальный набор инструментов для повышения производительности, в том числе

имитация выполнения при разработке посредством нажатия кнопки, редактирование отдельных объектов в группе без нарушения группы или влияния на анимацию, движение и перетаскивание объектов с помощью ПО Object Smart Path.

Также RSVIEW32 имеет возможность представления множества механизмов с помощью одного графического дисплея, используя метки-заполнители тегов и файлы параметров, быстрой замены имен тегов и символьных строк с помощью подстановки тегов, простой импорт графики, разработанной в других приложениях для создания изображений.

RSVIEW32 с помощью интерактивных справочных систем RSVIEW32, учебников и проектов-примеров позволяет получить необходимую помощь при разработке проектов.

5.1.10. SCADA-система Elipse E3 компании *Elipse Software*, Бразилия

Elipse E3 — программный продукт, представляемый на рынке компанией Elipse Software с 2001 г. Описание предыдущей SGADA-системы этой компании Elipse Windows приведено в [2.9].

Elipse E3 является объектно-ориентированной SCADA-системой, основанной на концепции «Application Domain», которая содержит большой объем графических объектов и поддерживает работу с EITML страницами через Интернет и Интранет.

Аналогично с другими SCAD A-системами Elipse E3 поддерживает форматы баз данных (MS SQL Server, Oracle, MDB), использует базы данных для формирования отчетов, архивов, трендов, алармов, рецептов и пр. Возможна интеграция любых ActiveX-объектов в создаваемое приложение или библиотеку. Обеспечивается полностью безопасная среда выполнения, управляющая доступом пользователя к окнам и экранным объектам (функция Security). К числу других функций системы относится функция Hot-Standby — поддержка дублирующих устройств, которые активизируются в случае отказа первичных серверов.

Elipse E3 основана на клиент-серверной архитектуре с поддержкой стандартов OPC, ODBC, DDE и др. и выпускается в 3-х версиях: E3 Studio (содержит ядро системы E3 Server), E3 Server 5000 (поддержка 5000 точек ввода/вывода) и Unlimited E3 Server (поддержка до 1 млн точек ввода/вывода).

В состав E3 Server входят приложения Viewer (визуализация и управление), I/O Driver (связь с устройствами ввода/вывода), DB Server (управление базами данных), Scripts (поддержка языка

программирования VBScript), Reports (средство для создания отчетов), OPC Client (поддержка OPC, как клиент) и E3 Web Server (обмен данными через Internet с использованием навигатора Internet Explorer). Возможна работа SCADA-системы при создании проекта на различных компьютерах.

Приложение E3 Server и E3 Studio работают на платформах *Microsoft Windows 2000/XP*, а E3 Viewer на любом ПК под управлением ОС *Windows 98/Me/NT 4.0/2000/XP*. Требования для установки системы под *Windows 2000/XP*: процессор Celeron, Pentium **II** или выше; RAM — 128 Мбайт, HDD — 100 Гбайт свободного места, IxLPT порт, сетевая и видеокарта.

5.2. Методика выбора SCADA-систем

Рассмотрим основные показатели, определяющие выбор той или иной SCADA- системы:

- Максимальная гибкость, в том числе масштабируемость и открытость SCADA- системы (поддержка механизма взаимодействия OPC, основанного на объектной модели COM/DCOM, а также других стандартов).
- Соответствие функциональным требованиям разрабатываемой АСУ ТП, высокие технические характеристики, поддержка аппаратных средств (контроллеров, интеллектуальных датчиков и компонентов УСО); удобство интерфейса оператора.
- Степень сложности и эффективности разработки ПО, затраты времени на разработку, инструментальные возможности разработки баз данных, качество графического редактора (палитра, тренды и пр.).
- Качество, полнота и доступность технической документации, ее русификация, наличие помощи (help) и учебных пособий, удобный пользовательский интерфейс, наличие демоверсии, возможность сопровождения и обучения, процедура обновления приобретенного ПО и др.
- Известность торговой марки, отзывы пользователей о работе SCADA-системы по данным эксплуатации на производстве.
- Возможность интеграции с корпоративными системами верхнего уровня, в том числе возможность интеграции с продуктами смежного назначения— СУБД, бухгалтерскими и складскими программами, электронными таблицами и др.
- Надежность, возможность работы на опасных производствах с большим числом контролируемых параметров, устойчивость к

сбоям внешних компонентов системы и ошибочным действиям персонала.

- Стоимость пакета и совокупная стоимость проекта, цена лицензии на исполнительные модули пакета (run-time модули). В этот показатель входят зависимость цены от числа тэгов, при необходимости — стоимость обучения, обновления и сопровождения пакета. Процедура лицензирования пакета косвенным образом влияет на выбор системы. Программный ключ в случае повреждения жесткого диска должен быть обновлен за пониженную плату. Поэтому защита системы электронным ключом более предпочтительна с точки зрения переноса продукта с одного компьютера на другой в режиме реального времени, хотя и налагает дополнительные требования сохранности ключа.

Помимо этих функций не менее важной характеристикой является производительность ПО, в частности СУБД, а также наличие функций ускорения разработки проекта (автопостроение БД РВ, наличие библиотек алгоритмов контроля и управления, сквозное программирование системы и пр.).

Здесь же следует отметить и возможность взаимодействия SCADA-системы с системами управления, предполагаемыми к установке или уже функционирующими на объекте. Большинство производителей SCADA-систем обеспечивают свои продукты драйверами, позволяющими им беспрепятственно вписываться в уже существующие системы управления, взаимодействуя с установленным оборудованием и программным обеспечением.

На некоторых предприятиях та или иная SCADA-система принята в качестве корпоративного стандарта (например, InTouch на предприятиях Лукойл, iFIX на ПО «Пикалевский глинозем», Trace Mode на комбинате «Североникель»), на других — в системах управления технологическими процессами используются различные SCADA-системы.

5.3. OPC-стандарт взаимодействия SCADA-систем и ПЛК

Стандарт OPC (OLE for Process Control) — это стандарт взаимодействия между программными компонентами системы сбора данных и управления, основанный на объектной модели COM/DCOM фирмы *Microsoft*. Стандарт установлен Международным комитетом OPC Task Force. Стандарт OPC приходит на смену DDE-обмена (Dynamic Date Exchange) — динамического обмена данными. COM (Component Object Model) — модель многокомпонентных объектов, позволяющая

приложению вызывать те или иные функции объекта, находящегося в адресном пространстве приложения. Если объект распределен по сети или находится в другой программе того же компьютера, то мы имеем распределенный COM (Distributed COM) или DCOM. Таким образом, DCOM является по сути сетевым расширением COM.

OPC-технология создана консорциумом *OPC Foundation*, куда входят более 170 ведущих производителей аппаратно-программных средств промышленной автоматизации. Среди них фирмы *Siemens, Fisher-Rosemount, Honeywell, Rockwell Automation, Iconics* и др. Деятельность OPC Foundation осуществляется в рабочих группах по направлениям (OPC Data Access Working Group, OPC Alarm and Events Working Group, OPC Historical Working Group, OPC Security Working Group, OPC Windows CE Working Group и др.) [5.16, 5.17].

OPC-взаимодействие основано на клиент-серверной архитектуре. В качестве OPC-клиента выступает, например, SCADA, а в качестве OPC-сервера — контроллеры, УСО и пр. Основные производители SCADA- систем поддерживают технологию OPC. Это SCADA-системы Genesis32 (фирма *Iconics*), iFIX (фирма *Intellution*), Factory Suite (фирма *Wonderware*) и др. При этом все компоненты SCADA- систем могут взаимодействовать между собой через OPC, выполняя функции в зависимости от задачи либо сервера, либо клиента.

OPC-серверы разрабатываются и поставляются производителями контроллеров и др. аппаратуры или поставщиками SCADA-систем. Стандарт OPC включает 3 спецификации [5.16]:

- Доступ к данным реального времени (Data Access) или стандарт DA.
- Обработка тревог и событий (Alarm&Events) или стандарт A&E.
- Доступ к историческим данным (Historical Data Access) или стандарт HDA.

OPC-серверы физических устройств (контроллеров) являются, как правило, серверами данных (Data Access Servers).

Сервер тревог по состоянию тега, полученного от сервера данных, оповещает клиентов, посылая сигнал тревоги, и получает от клиентов подтверждение полученного сигнала.

Серверы исторических данных также используют данные, получаемые в реальном времени от сервера данных, и архивируют их, предоставляя затем эти данные другим приложениям для построения, например, трендов, гистограмм или таблиц.

Помимо этих основных спецификаций стандарта OPC существуют и ряд других спецификаций. Так, отдельный класс OPC-серверов

представляют специализированные OPC-серверы конкретных аппаратных устройств [5.18, 5.19].

Рассмотрим работу OPC-сервера в клиент-серверной архитектуре.

При использовании COM/DCOM технологии реализуется информационный обмен между COM-объектами. Вызов любой функции объекта осуществляется через COM-интерфейс, представляющий определенную структуру памяти, содержащую массив указателей на все функции интерфейса. Этот вызов реализуется через агента-посредника, так называемого Proxy/Stab DLL, представляющего функции объекта. Модуль Proxy («заместитель») принадлежит клиенту, а модуль Stab (заглушка) расположен в сервере. Proxy реагирует на запрос клиента, кодируя и пакетируя параметры функции, после чего передает их по каналу серверу. На стороне сервера модуль Stab распаковывает вызов клиента и передает его серверу, заставляя реальный объект выполнить заданную функцию. Результат выполнения функции возвращается обратно приложению-клиенту. Этот процесс получил название «маршалинг» (*marshaling* — транспортировка). Основной спецификацией OPC является спецификация Data Access (DA). Базовым понятием спецификации является элемент данных (OPCItem-объект), т. е. фактически один из параметров технологического процесса, имеющий значение (Data Value), время последнего обновления (Time Stamp) и признак качества (достоверности) значения (Quality). Следующим вверх по иерархии является понятие группы элементов (OPC Group-объект) — создается OPC-сервером по требованию клиента, который задает частоту обновления данных этой группы. Для каждого клиента сервером создается своя группа. Элементы в группе имеют имена, которые являются по сути именами реальных переменных (тегов). Имена тегов клиентом запрашиваются по специальному интерфейсу IOPCBrowseServerAddressSpace.

На верхней ступени иерархии находится сам OPCServer-объект. Для подключения OPC сервера к реальному объекту OPCItem-объекты содержат ссылки на созданные OPC-сервером теги. Пример полного имени тега: Контроллер_1. Модуль_2. Аналоговый вход_1.

Обмен данными между клиентом и OPC-сервером может быть в трех режимах: синхронный режим чтения/записи данных, асинхронный режим чтения/записи данных, режим подписки (только чтение данных).

При синхронном режиме OPC-клиент запрашивает у OPC-сервера интересующие его переменные и находится в режиме ожидания.

После выполнения запроса OPC-клиент считывает значения переменных.

При асинхронном режиме обмена OPC-клиент запрашивает у OPC-сервера значения переменных с заданной частотой обновления данных, определенной при создании OPCGroup, и продолжает работать. После выполнения запроса OPC-сервер сам оповещает об этом OPC-клиента. Этот режим является наиболее распространенным в силу экономии вычислительных ресурсов и времени.

Режим подписки аналогичен асинхронному режиму с той лишь разницей, что OPC-сервер посылает OPC-клиенту уведомление лишь в случае изменения значений переменных. Передача этих данных осуществляется единым блоком для снижения временных затрат, что особенно важно при обмене по сети.

Одной из основных характеристик OPC-сервера является его производительность. Известны три вида OPC-серверов в зависимости от их местонахождения:

- Внутрizaдачный OPC-сервер (InProcess Server), находящийся в адресном пространстве OPC-клиента. Этот OPC-сервер оформлен, как динамическая библиотека (DLL), а не как самостоятельная программа.
- Локальный OPC-сервер (Local Server) — сервер работает в отдельной самостоятельной программе того же компьютера, в котором расположен OPC-клиент.
- Удаленный OPC-сервер (Remote Server) расположен на другом (удаленном по сети) компьютере.
- Естественно, производительность внутрizaдачного сервера выше локального, а последнего — выше, чем удаленного. Однако другим важным фактором, влияющим на производительность OPC-сервера, является возможность группировки данных, отправляемых OPC-клиентам. Так, по данным Web-узла OPC Foundation (www.opcfoundation.org) предельная пропускная способность внутрizaдачного сервера (процессор Pentium 233 МГц) составляет до 1 млн элементов OPC в секунду, что является вполне достаточным для подавляющего числа процессов.
- Пропускная способность локального OPC-сервера составляет от 3000 до 60 000 элементов в секунду. Для удаленного OPC-сервера по сети
- Ethernet 10 Base-T пропускная способность колеблется от 330 до 7000 элементов в секунду. Типовая структура OPC-сервера с открытой архитектурой представлена на рис. 5.1 [5.18].

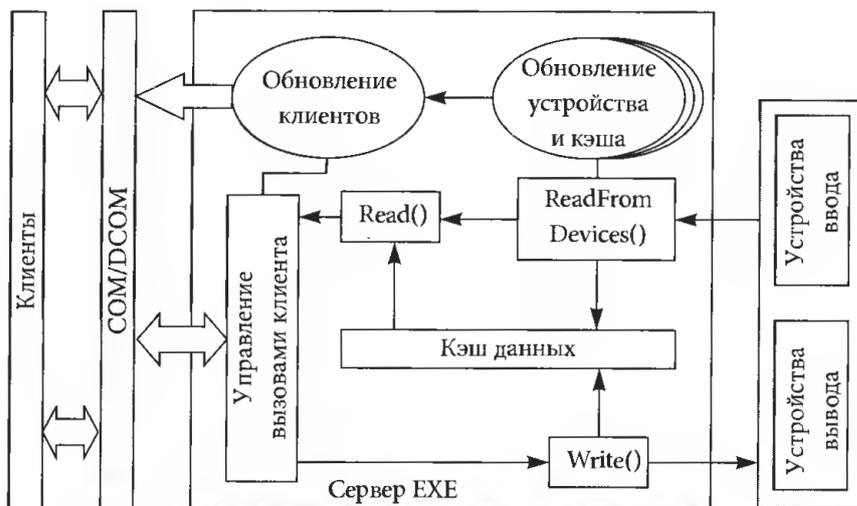


Рис. 5.1

Открытая архитектура OPC-сервера предусматривает возможность его работы (после небольшой доработки) с любым аппаратным или программным средством, поддерживающим технологию OPC. Чтение данных с устройств ввода или прямо из кэш-памяти данных осуществляется с помощью функции Read(). В свою очередь функция ReadFromDevicesO опрашивает устройство ввода и передает данные OPC- клиенту. Функция Write() служит для записи данных OPC-клиента на устройство вывода и/или в кэш-память данных. Функции обновления устройства ввода, кэшпамяти данных и OPC-клиентов осуществляются с частотой, заданной клиентом при формировании OPCGroup.

Таким образом, разработчик АСУ ТП при выборе SCADA-системы, контроллеров и другой аппаратуры, поддерживающих технологию OPC, может рассчитывать на взаимопонимание компонентов системы. К сожалению, при наличии в системе аппаратных средств других фирм, интерфейсы которых не поддерживают OPC-взаимодействие, использование их в сетевом обмене данными затруднен. В этом случае требуется разработка специализированных OPC-серверов, обладающих свойствами открытости. При этом разработчик (пользователь) должен написать динамическую библиотеку (DLL), содержащую полный код, необходимый для управления конкретным устройством, либо обеспечить связь с соответствующей DLL, поставляемой производителем этого устройства.

Специализированный OPC-сервер разрабатывается на основе программной заготовки, созданной некоторыми фирмами. Так, фирма *Iconics*, изначально спроектировавшая SCA DA-систем у Genesis32 на основе OPC-технологии, предлагает OPC ToolWorX, оформленный в виде дополнительного мастера в Wizard, который встроен в среду

разработки Visual C++. Мастер генерирует проект, в котором требуется выполнить модификацию фрагментов кода, связанных со спецификой обслуживаемого устройства нижнего уровня.

Так на базе Iconics ToolWorX создан универсальный OPC-сервер/Universal OPC Server фирмы *Fastwel*. Этот OPC-сервер предусматривает подключение динамической библиотеки (DLL), написанной пользователем для конкретного устройства. Недостатком OPC-сервера служит то, что клиент получает данные из внутреннего буфера DLL, а не непосредственно от устройства ввода, что служит причиной некоторой временной задержки обмена данными. Эти недостатки устраняются в предлагаемых структурах OPC-серверов, описанных в работах [5.18, 5.19].

Для разработки OPC-сервера в АСУ ТП, использующей SCADA-систему *FIX Dynamics*, целесообразно использовать пакет для разработки OPC-приложений фирмы *Intellution*.

5.4. Базы данных и системы управления базами данных.

5.4.1. Модели баз данных.

Выполнение прикладных программ предусматривает преобразование и логическую обработку данных, их хранение, защиту и архивацию в базе данных (БД), а также взаимодействие прикладной программы с файловой системой операционной системы компьютера. Любое вновь созданное приложение выполняется в архитектуре клиент-сервер [5.20-5.27].

Системой баз данных² называют компьютерную систему хранения однотипных записей. Известны однопользовательские БД (single-user system) и многопользовательские БД (multi-user system). Все данные в БД являются интегрированными (представляют совокупность файлов данных) и разделяемыми (с возможностью использования одних и тех же данных разными пользователями). Обработка всех запросов пользователей к БД осуществляется программным обеспечением, которое принято называть диспетчер базы данных (database manager), сервер базы данных (database server) или, как принято в настоящее время, система управления базой данных — СУБД (DataBase Management System — DBMS). Под СУБД понимают совокупность языковых и программных средств, предназначенных для создания, ведения и совместного использования БД многими пользователями. Большинство СУБД имеют встроенный язык запросов (SQL).

Основные достоинства БД: возможность совместного доступа к данным разных пользователей, сокращение избыточности данных, возможность поддержки транзакций, обеспечение целостности

данных, организация защиты данных, возможность стандартизации данных и др.

Трехуровневая система организации БД по стандарту ANSI (American National Standards Institute — Американский национальный институт стандартов) приведена на рис. 5.2.

Архитектура системы БД представляет три уровня: внутренний или физический, концептуальный или логический и внешний или пользовательский).

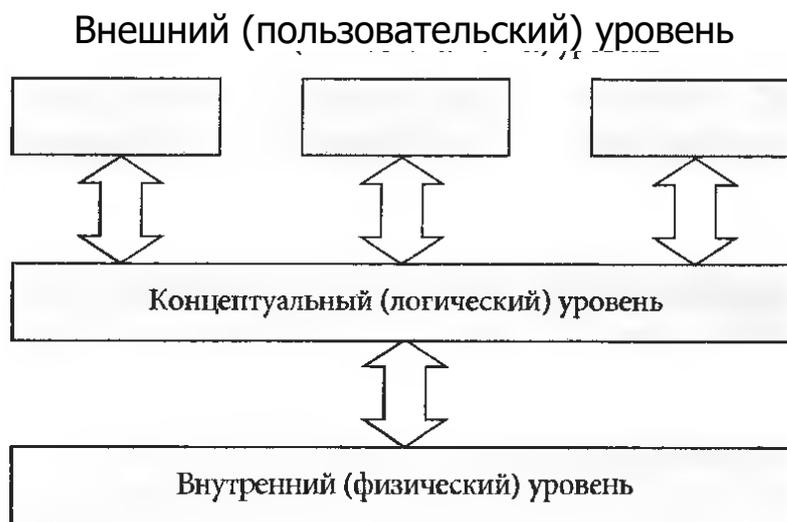


Рис. 5.2

Внутренний уровень — это внутреннее представление всей БД в виде внутренних (хранимых) записей. Данные размещаются в файлах или на внешних носителях. Внутреннее представление предполагает наличие неограниченного адресного пространства.

Концептуальный (логический) уровень представлен реляционными таблицами и операторами выборки строк и столбцов таблиц. Таким образом, это уровень реляционной модели данных. Внешний (пользовательский) уровень — это индивидуальный уровень пользователей.

Доступ к данным БД происходит в следующей последовательности: пользователь на языке SQL выдает запрос на доступ к БД; СУБД перехватывает и анализирует запрос; СУБД просматривает внешнюю и концептуальную схемы, а также структуру хранения данных и выполняет необходимые операции в хранимой БД с преобразованием типов данных.

Если доступ к данным сервера осуществляется на уровне файлов с разделением доступа средствами ОС, то такие приложения построены по типу «файл-сервер».

Недостатками таких приложений является высокая нагрузка на клиентскую часть, трудность разделения доступа при работе нескольких пользователей, высокая нагрузка на сеть при передаче файлов от одного компьютера к другому. К файловым структурам хранения информации в базе данных относятся файлы прямого доступа, файлы последовательного доступа, индексные файлы, инвертированные списки и взаимосвязанные файлы.

К файлам прямого доступа относят файлы с постоянной длиной записи, расположенные на устройствах прямого доступа (УПД).

Индексные файлы состоят из индексной области (индексного файла) и основной области (основного файла). Инвертированные списки представляют собой трехуровневую структуру, начальный файл (или часть файла) которой содержит значение вторичного уровня (ключа). На втором уровне — блоки с номерами записей одинаковых значений вторичного ключа и на третьем уровне — основной файл.

Управление файловой структурой относится к ОС и в сравнении с СУБД имеет следующие недостатки: система управления файлами не имеет сведений о внутренней структуре записей; система защиты и поддержки целостности записей недостаточна или отсутствует; восстановление данных и параллельный доступ к данным затруднен или отсутствует; отдельные файлы не являются «интегрированными» или «разделяемыми».

В распределенных системах управления база данных используется многими пользователями, поэтому имеет место распределенная обработка данных. Если база данных распределена по нескольким компьютерам и используется многими пользователями, то такая система называется системой распределенных баз данных. Достоинства распределенной обработки данных [5.24]:

- возможность параллельной обработки данных и, как следствие, увеличение скорости обработки.
- серверный ПК может быть изготовлен более мощным по производительности.
- клиентский ПК может быть максимально приближен к потребностям конкретного пользователя для увеличения сроков его готовности.

В распределенной клиент-серверной архитектуре доступа к данным функции между клиентским и серверным приложениями распределяются нижеследующим образом [5.24]. Функции ввода и отображения данных (Presentation Logic) и прикладные функции

(Business Logic) находятся на стороне клиента, а функции обработки данных внутри приложения (Database Logic). Также БД с ядром СУБД находятся на стороне сервера. Двухуровневая модель удаленного доступа к данным RDA (Remote Data Access) представлена на рис. 5.3. К недостаткам модели RDA относятся большая загрузка клиентского приложения и сети обмена данными.

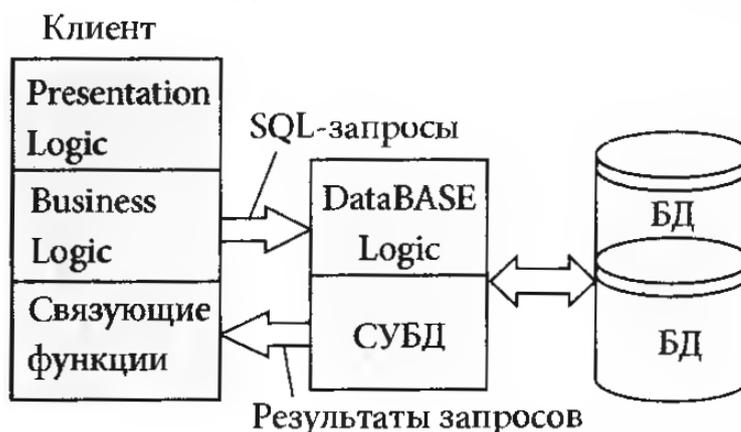


Рис. 5.3

Современные СУБД поддерживают трехуровневую модель «клиент-сервер», представленную на рис. 5.4. В основе модели лежит механизм процедур— специальных программных модулей, хранящихся в БД и управляемых непосредственно СУБД.

На стороне клиента сохраняются только функции ввода и отображения данных. Такой разгруженный клиент называется «тонким клиентом». Промежуточный уровень между клиентом и сервером занимает сервер приложений с прикладными функциями. При этом сервер БД выполняет исключительно функции СУБД — создание и ведение БД, хранение данных, создание резервных копий, управление транзакциями.

Хранимые процедуры (Stored Procedure) в сервере БД являются подпрограммами, которые выполняются на сервере. Они пишутся на специальных встроенных языках программирования и включают любые операторы языка SQL (Structured Query Language — Структурированный Язык Запросов). В коммерческих СУБД используются собственные языки программирования (PL/SQL в Oracle, Transact SQL в MS SQL Server).

В современных БД организация взаимодействия клиент-сервер осуществляется с использованием мультипроцессорных серверных платформ. При этом достигается возможность запуска нескольких

серверных процессов на различных процессорах многопроцессорного сервера.

Многопоточная мультисерверная архитектура представлена на рис. 5.5 [5.22].

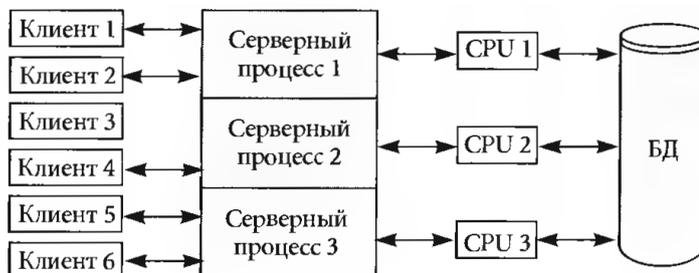


Рис. 5.5

Одним из важнейших показателей надежности БД является степень защиты информации. Так, в БД MS SQL Server 6.5 поддерживаются несколько режимов проверки прав пользователя, — стандартный (Standard), интегрированный (Integrated Security) и смешанный (Mixed).

Стандартный режим предполагает наличие у пользователя учетной записи пользователя домена NT Server и MS SQL Server (имя пользователя и пароль).

Интегрированный режим предполагает наличие учетной записи в ОС как пользователя только домена (задается имя пользователя и пароль).

БД MS SQL Server 7.0 имеет два режима: интегрированный (Windows NT Authentication Mode) и смешанный (Mixed Mode). При этом последовательно проводятся проверки имени пользователя и пароля.

Для защиты закрытых сетей (особенно intranet) от несанкционированного доступа со стороны пользователей Internet используются системы, которые называются брандмауэр (Firewall). Все сообщения, которые входят или выходят из сети Intranet, проходят через брандмауэр.

Основные типы брандмауэров:

- Пакетный фильтр. Просматривается каждый пакет на соответствие его определенных пользователем правил.
- Шлюз приложения. Применяется для серверов FTP и Telnet.
- Шлюз на уровне цепи. Проверяется безопасность на уровне TCP или UDP соединения. После соединения пакеты передаются без проверки.

- Прокси-сервер. Программа, установленная на защитном экране, которая действует от имени внутреннего пользователя корпоративной сети. Прокси-сервер, называемый агентом, устанавливает связь с внешним пользователем, аутентифицирует его и разрешает (или запрещает) использовать ресурсы данной сети.

5.4.2. Клиент-серверная архитектура доступа к данным

Выполнение прикладных программ предусматривает преобразование и логическую обработку данных, их хранение, защиту и архивацию в базе данных (БД), а также взаимодействие прикладной программы с файловой системой операционной системы (ОС) компьютера. Любое вновь созданное приложение выполняется в архитектуре клиент-сервер. Серверная часть приложения обрабатывает данные на уровне файлов и БД. Сервер представляет по сути СУБД, которая поддерживает все функции СУБД: определение данных, манипулирование и защиту данных, поддержание их целостности и пр. Клиентская часть приложения служит для обработки данных, полученных от сервера данных. Клиент — это различные приложения как встроенные, так и написанные пользователями. Встроенные приложения — это приложения, поставляемые поставщиками СУБД (инструментальные средства) или другими поставщиками ПО. К ним, например, относятся генератор отчетов, электронные таблицы, статистические пакеты и др. К числу специальных «служебных» приложений (клиентов) относятся утилиты. Утилиты — это специальные программы администратора БД, в том числе инструменты загрузки, выгрузки и реорганизации БД, статистические инструменты показателей качества БД и др.

Наибольшее распространение получила архитектура клиент-сервер. БД служит для хранения данных, а система управления базой данных (СУБД) — для доступа к данным, их хранению, защите и резервному копированию. Файловые операции и обмен с БД реализуются на сервере, а клиентские приложения освобождаются от этих функций. За клиентским приложением сохраняются функции запроса, получения и обработки данных от СУБД [5.26, 5.28].

Основные функции СУБД:

- управление данными во внешней памяти (на жестких дисках);
- управление буферной памятью ОЗУ для повышения скорости обмена данными;

- управление транзакциями для поддержания логической целостности БД; при выполнении операций над данными (выполнении транзакции) СУБД фиксирует

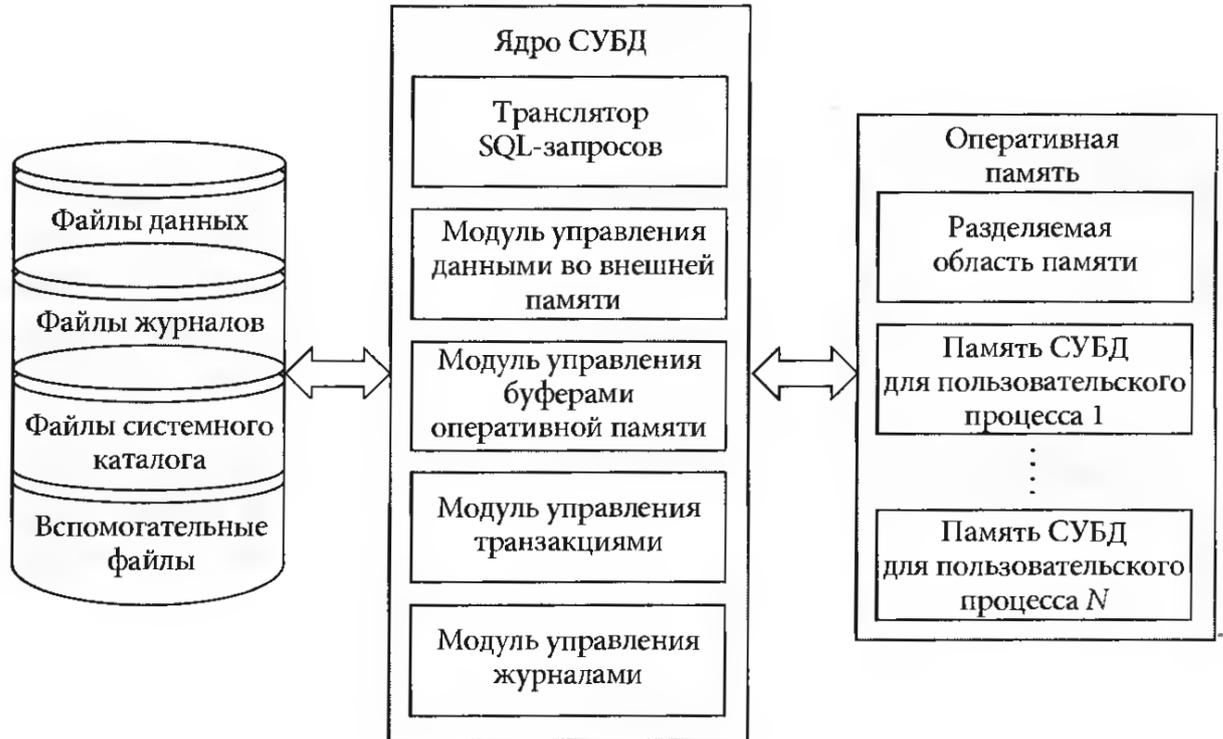


Рис. 5.6

(commit) все изменения в БД. В противном случае осуществляется откат (rollback) транзакции и изменения в БД не производятся.

- протоколирование; в случае аппаратного или программного сбоя СУБД должна восстановить все данные в БД, находящиеся в ней до сбоя, поэтому все изменения в БД протоколируются в журнале до введения их в БД.
- Поддержка языков баз данных. В основном используются два языка: язык определения схем данных (Schema Definition Language, SDL), определяющий логическую структуру БД, и язык манипулирования данными (Data Manipulation Language, DML), содержащий набор операторов манипулирования данными.

При размещении клиентского приложения и сервера на разных компьютерах в составе сети по сети передаются только запросы клиента и получение данных от СУБД. Тем самым снижается нагрузка на сеть. Обобщенная структура СУБД приведена на рис. 5.6 [5.24]

СУБД делятся на иерархические, сетевые, реляционные и объектно-ориентированные. Среди СУБД на рынке промышленной автоматизации получили применение Oracle, MS SQL Server, Industrial SQL Server, Industrial Application Server, Sybase, DB2, iHistorian и др.

Наибольшее распространение имеют реляционные базы данных (Oracle 8i корпорации *Oracle*, DB2 фирмы *IBM*, Ingress II корпорации *Computer Associates International, Inc.*, Informix Dynamic Server корпорации *Informix Software, Inc.*, MS SQL Server корпорации *Microsoft*, Sybase Adaptive Server корпорации *Sybase, Inc.*, Industrial SQL Server, Industrial Application Server и др.).

Реляционная модель данных представляет информацию в виде совокупности взаимосвязанных таблиц, которые называются отношениями или реляциями [5.18-5.21]. К основным понятиям реляционной модели данных относят:

- Тип данных (целочисленные, вещественные, строковые, специальные типы данных и типы двоичных объектов).
- Домен: множество неделимых значений одного и того же типа (по сути — это наименование столбцов таблицы).
- Атрибуты: именованные столбцы отношения (таблицы). Список имен атрибутов с указанием имен доменов называется схемой отношения, а число атрибутов — степенью отношения. Множество именованных схем отношений называется схемой БД.
- Кортеж: имя атрибута и его значение. Степень кортежа (число элементов в кортеже) совпадает со степенью соответствующей схемы отношения.
- Ключ отношения: атрибут, однозначно определяющий каждый кортеж отношения и обеспечивающий уникальность строк таблицы. Ключ, содержащий один атрибут, называется простым ключом. Ключ, состоящий из нескольких атрибутов, называется сложным или составным ключом.

Другим важным понятием реляционной модели является взаимосвязанность таблиц. Эта связь устанавливается по общему атрибуту, который является внешним ключом. Таким образом, внешний ключ — это атрибут (или их множество) одного отношения, являющийся ключом другого отношения. Ключи реализуются в виде объектов, называемых индексами. Индекс дает информацию о точном физическом расположении данных в таблице. При установлении связи между таблицами одна из них является главной (*master*), содержащей все необходимые записи, а другая — подчиненной (*detail*).

Таким образом, реляционная база данных является совокупностью отношений (таблиц), содержащих всю информацию БД. Свойства таблиц реляционной БД:

- каждая таблица состоит из однотипных строк и имеет уникальное имя;

- строки таблицы имеют фиксированное число столбцов и значений;
- столбцы таблицы имеют уникальные имена и в каждом столбце размещаются однородные значения.

5.4.3. Структурированный язык запросов (SQL). Управление транзакциями.

Запрос данных от клиентского приложения к серверу осуществляется на языке SQL (Structured Query Language — язык структурированных запросов). Язык SQL принят ANSI в качестве стандарта в 1986 г. и расширен в 1992 г. В настоящее время — это язык ANSI SQL-92 или SQL/92. Язык SQL является интегрированным языком реляционной БД и определяет как схему реляционной БД, так и манипулирование данными. Специальные операторы языка SQL определяют представления БД [5.22-5.24, 5.28].

Типы команд языка SQL:

- Команды языка DDL (Data Definition Language — язык определения данных). Используется для изменения структуры БД (создания и удаления таблиц).
- Команды языка DML (Data Manipulation I language — язык манипулирования данными). Может загружать, модифицировать и удалять данные.
- Команды языка DCL (Data Control Language — язык управления данными). Обеспечивает управление доступом к БД.
- Команды языка DQL (Data Query Language — язык запросов к данным). Формирует запросы к БД.
- Команды администрирования БД.
- Команды управления транзакциями.

Типы данных языка SQL: символьные строки переменной длины, целые и точные числа, типы представления даты, времени и временного интервала.

К числу операторов языка SQL относятся следующие операторы:

- SELECT — оператор выборки данных;
- INSERT — добавление в таблицу новых данных;
- UPDATE — обновление (изменение) данных таблицы;
- DELETE — удаление данных из таблицы;
- REFERENCES — ссылка на столбцы таблицы в описаниях требований поддержки целостности данных;
- USAGE — предоставление права использования доменов;
- GRANT — предоставление привилегий доступа к данным;
- REVOKE — отмена привилегий доступа к данным.

При обработке SQL-запросов СУБД обращается к системному каталогу БД, который представляет собой совокупность специальных таблиц. Все системные таблицы объединены системным идентификатором пользователя. В стандарте SQL определены следующие системные таблицы:

USERS (одна строка для каждого идентификатора пользователя с паролем), SCHEMA (одна строка для каждой информационной схемы),

DOMAINS (одна строка для каждого домена),

TABLES (одна строка для каждой таблицы с указанием имени, числа столбцов, размера данных столбцов).

Взаимодействие клиентского приложения и сервера определяется также механизмом транзакций [5.21-5.24].

Транзакцией называется логическая единица работы, состоящая из одного или более SQL-операторов и являющаяся неделимой. По стандарту ISO модель транзакций построена на операторах COMMIT и ROLLBACK. Транзакция запускается SQL- оператором, инициируемым пользователем, или программой. Завершается транзакция вводом оператора COMMIT, что свидетельствует об успешном завершении транзакции (внесение изменений в БД). Ввод оператора ROLLBACK означает отказ от изменений в БД. Если SQL-оператор входит в текст программы, то транзакция будет успешно завершена и без оператора COMMIT.

При типовых часто повторяющихся запросах к серверу, когда со стороны сервера включается механизм распознавания запроса и проверки его правильности, увеличивается время на обмен данными.

В современных серверах данных используется механизм предопределенных выборок (VIEW) и хранимых процедур сервера. И в этом случае работа клиентских приложений не зависит от типа СУБД. Подсистема обработки транзакций типичной СУБД приведена на рис. 5.7.

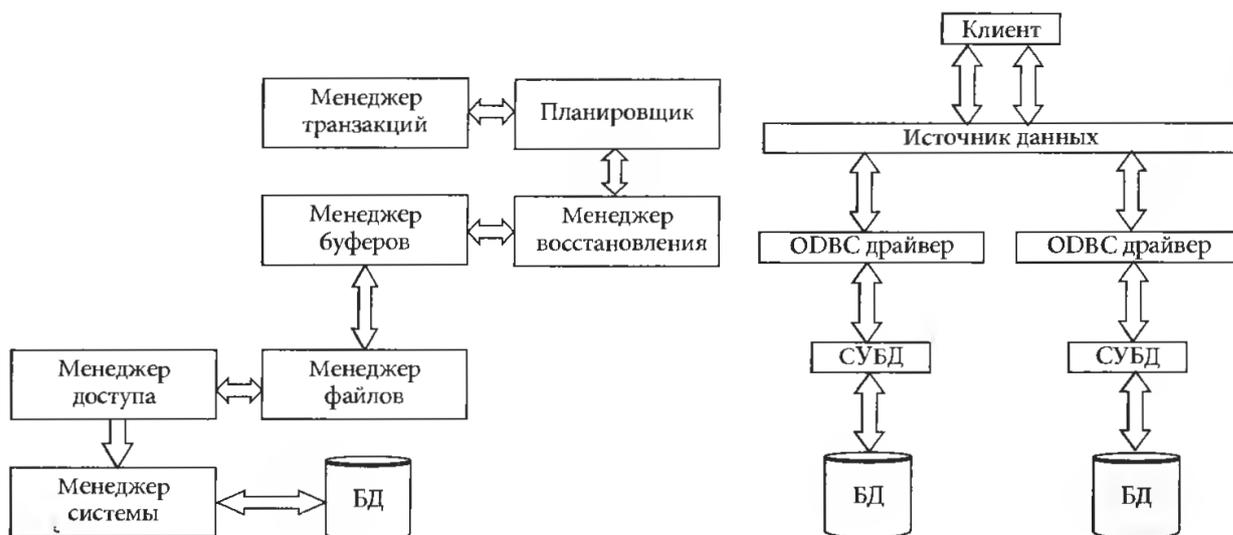


Рис. 5.7

Рис. 5.8

Менеджер транзакций координирует работу транзакций. Планировщик отвечает за управление параллельности. Менеджер восстановления возвращает БД в исходное состояние в случае отказа, а менеджер буферов отвечает за передачу данных из ОЗУ в дисковую память.

Для сокращения времени обмена данными между клиентскими приложениями и сервером используются динамически загружаемые библиотеки (DLL — Dynamic Link Library). Клиентское приложение формирует запрос к соответствующей функции DLL на языке SQL. После установления связи с сервером DLL передает запрос, получает ответ и передает его клиентскому приложению. Поскольку для определенного типа сервера существует своя DLL со своими функциями, клиентские приложения зависят от типа СУБД.

Для устранения этого недостатка фирмой *Microsoft* разработан стандарт ODBC (Open Database Connectivity — открытый доступ к базам данным), использующий единый универсальный интерфейс доступа к различным БД (рис. 5.8). Для этого требуется лишь соответствующий ODBC-драйвер и источник данных. В настоящее время ODBC-драйверы имеются для более чем 50 различных типов БД.

В архитектуру стандарта ODBC входят:

- приложение, которое выполняет обработку данных, вызов функций библиотеки ODBC для отправки SQL-операторов в СУБД и выборки полученной СУБД информации;
- менеджер драйверов, выполняющий загрузку драйверов (представляет собой библиотеку DLL);

- драйверы и агенты баз данных, обрабатывающие вызовы функций ODBC и направляющие SQL-запросы к БД, а также возвращающие полученные результаты приложению;
- источники данных (данные БД).

ODBC драйвер передает запросы клиента базе данных на языке, поддерживаемом конкретной СУБД. Источник данных содержит имя пользователя и его пароль. Клиентское приложение взаимодействует с сервером путем набора системных вызовов к источнику данных. Последний транслирует запросы клиента драйверу ODBC и получает ответы. Драйвер ODBC обменивается данными с СУБД. При необходимости работы с др. СУБД в источнике данных указывается другой тип ODBC-драйвера. Тем самым достигается независимость ПО клиентского приложения от типа СУБД.

Современные лицензируемые СУБД, ориентированные на работу большого числа пользователей, избавляют разработчика клиентских приложений самостоятельно разрабатывать средства хранения и разделения доступа к данным, их защиты от несанкционированного доступа и резервного копирования. Эти функции осуществляются выбранной СУБД. Хотя функции управления данными реализуются на сервере, обработка этих данных выполняется клиентскими приложениями, что является одним из немногих недостатков обмена данными в архитектуре клиент-сервер.

Доступ к БД через Internet на основе Web-технологии используется в локальных сетях, называемых интранетами (intranets) [5.29]. Язык HTML интерпретируется Web- браузером ОС клиента для доступа к БД, размещаемой на Web-сервере (рис. 5.9).

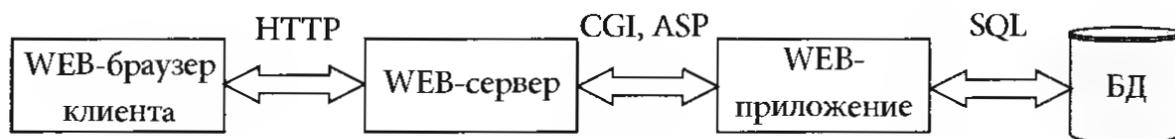


Рис. 5.9

Для доступа к БД через Web используется преобразование содержимого БД в статические или динамические гипертекстовые документы. Для организации динамических гипертекстовых документов используются специальные приложения CGI, ISAPI, ASP и др., которые вызываются Web-сервером после получения запросов от Web-клиента. После обработки приложением запроса клиента и выборки информации из БД, приложение формирует выходной HTML-документ и передает его клиенту. Интерфейс CGI (Common Gateway Interface — общий шлюзовый интерфейс) представляет собой про-

грамму преобразования форматов баз данных в формат языка HTML, программу реализации задач поиска в удаленных базах данных, использования графических меню. Интерфейс ISAPI (Internet Server Application Programming Interface — прикладной программный интерфейс для Интернет-сервера) представляет собой интерфейс доступа к серверу Интернета фирмы *Microsoft*, предназначенный для программного управления сервером. ISAPI-программы — это специальный вид приложений, обрабатывающих пользовательские запросы и отображающих их вывод в виде потока HTML, который поступает непосредственно в web-браузер клиента [5.29, 5.30].

5.4.4. БД и СУБД.

Ниже рассматриваются некоторые БД для систем управления.

5.4.4.1. IndustrialSQL Server

IndustrialSQL Server — открытая реляционная база данных реального времени (БД РВ) промышленного назначения, разработанная корпорацией *Wonderware* [5.31].

IndustrialSQL Server является расширением *MicrosoftSQL Server* и предоставляет возможность регистрации больших объемов данных с высокой скоростью (разрешение около одной мс). Данные о производственном процессе в РВ интегрируются в базе данных с архивными данными, событийными, итоговыми и отчетными данными.

Доступ ко всей информации возможен с любого клиентского приложения, которое имеет доступ к *MS SQL Server*. *IndustrialSQL Server* использует язык структурированных запросов *SQL* в качестве интерфейса между серверной и клиентскими частями.

По сравнению с традиционными реляционными базами данных *IndustrialSQL Server* позволяет хранить данные на небольшом объеме дискового пространства. Так, двухмесячный архив предприятия с 4000 параметров, опрашиваемых с периодичностью от нескольких секунд до нескольких минут, занимает до 2 Мбайт дискового пространства. При этом алгоритм сжатия информации гарантирует высокое разрешение и качество данных. *IndustrialSQL Server* содержит временные характеристики событий (изменение переменных, обновление, удаление, вставка) с выполнением определенных действий в зависимости от событий (например, выдача сменных отчетов, посылка сообщений о запуске оборудования и пр.). За счет того, что *IndustrialSQL Server* автоматически обновляет сводные таблицы с заданной производительностью, записывая в них максимальные, минимальные, средние значения параметров и др., таблица всегда отражает реальное состояние процесса.

Все приложения, работающие с MS SQL Server, могут быть подключены и к IndustrialSQL Server. Таким образом, текущая информация (сводные или конфигурационные данные и другая информация) сохраняются в IndustrialSQL Server.

Области применения IndustrialSQL Server охватывают задачи широкого круга специалистов: инженеров АСУ ТП, службы ремонта оборудования, персонала ОТК, операторов, экономистов. Клиентские приложения, размещенные на рабочих станциях специалистов предприятия, включают набор клиентских программ фирмы *Wonderware*. К ним относятся SCADA-система InTouch, SQL-приложения, MS Access, Excel, Word, Lotus, программы математического и статистического анализа, приложения пользователя (разработанные с использованием инструментальных программных средств, включая Visual Basic, Delphi, Power Builder, C++).

Таким образом, IndustrialSQL Server представляет собой мощную БД с возможностями традиционных реляционных БД, так как базируется на MS SQL Server, но обладает дополнительными свойствами, связанными с регистрацией БД в реальном времени. Со сформированными в РВ таблицами возможна работа по стандартным SQL-запросам. IndustrialSQL Server использует такие возможности встроенного MS SQL Server, как интерфейсы для обмена электронной почтой, Internet-обмена данными (передача и прием данных через Internet), мощные возможности MS SQL Server по фильтрации и обработке данных, но в реальном времени.

Основные характеристики IndustrialSQL Server:

- Архитектура клиент/сервер является средой между станциями верхнего уровня, ответственными за обработку финансовой и экономической информации предприятия, и станциями диспетчерского уровня, обеспечивающими визуализацию данных процесса в РВ.
- Программно-аппаратные требования: ОС — MS Windows NT 4.0; Internet Explorer 5.0; ППЦ — Pentium Pro 200 МГц; 256 Мб RAM; сети — Ethernet, Novell, Token Ring, Arcnet, Decnet.
- Масштабируемость (обработка от нескольких сотен до сотен тысяч параметров).
- Использование клиентских программ и программных пакетов третьих фирм, включающих средства статистического анализа, создания и управления отчетами, диаграммы, тренды, графики, в том числе по интеграции с системами верхнего

уровня. Для отображения данных в SCADA-системе InTouch из БД IndustrialSQL Server через Internet используются следующие ActiveX-объекты:

- ActiveDataGrid служит для выполнения SQL-запроса, который возвращает результаты выборки из БД любых SQL-серверов;
- ActiveGraph используется для поиска исторических данных из БД IndustrialSQL Server и отображения значений переменных в виде трендов;
- ActiveTagBrowser дает иерархический обзор имен тэгов (переменные, события, серверы ввода/вывода) в базе данных IndustrialSQL Server.
- ActiveTimeSelector используется для просмотра и выбора исторических данных за определенный период времени из IndustrialSQL Server.

Благодаря тому что IndustrialSQL Server отличается простотой обслуживания и низкой стоимостью, IndustrialSQL Server может использоваться как выделенный сервер производственной линии или определенного производственного оборудования. В условиях удаленного доступа IndustrialSQL Server может использоваться как Web- Server или GPRS Server.

Для генерации отчетов и обновления графиков из IndustrialSQL Server и использования их в процессах управления производством используется ActiveFactory.

Новая версия БД IndustrialSQL Server 9.0 снабжена дополнительными функциями [5.32]:

- возможностью интеграции с информационными системами фирм *Siemens, ABB, Rockwell Automation, Honeywell* и др.;
- интеграцией с Industrial Application Server (IAS) — сервером промышленных приложений, который используется для интеграции систем нижнего и верхнего уровней системы.

Совмещение и анализ данных РВ и архивной информации способствует более эффективному управлению предприятием. Коммуникационные возможности IndustrialSQL Server основаны на технологиях OPC, DDE, стандарте SQL и средствах доступа к БД ODBC IndustrialSQL Server.

Полный набор инструментального ПО для управления предприятием объединяется в открытую программную архитектуру ArchestrA. Помимо ActiveFactory в состав ArchestrA входят следующие программные компоненты [2.32]:

- QI Analyst — статистический анализ в РВ, базирующийся на данных о технологическом процессе из IndustrialSQL Server;
- DT Analyst — анализ работы оборудования, отслеживание времени работы, простоев оборудования;
- Web-портал SuiteVoyager — функция ПО SuiteVoyager, обеспечивающая обмен данными между IndustrialSQL Server и другими программными продуктами компании *Wonderware*;
 - PEM — набор объектов для IAS, осуществляющих сбор данных и сохранение их в IndustrialSQL Server.

Сбор данных для IndustrialSQL Server осуществляется, помимо IAS, также через IndustrialSQL Data Acquisition Service (IDAS). IDAS и IAS поддерживают функции резервирования и защиты от сбоев IndustrialSQL Server.

Надежность сервера БД IndustrialSQL Server поддерживается на кластерных системах. Когда возникает сбой IndustrialSQL Server, установленного на основном компьютере, автоматически запускается IndustrialSQL Server на резервном компьютере. К основным особенностям архитектуры ArchestrA относятся следующие:

- централизованная настройка приложений в соответствии с заданными требованиями;
- архивная БД для сбора производственных данных, сигналов тревог и событий.
- интеграция полевых и локальных устройств и сетей;
- средства управления предприятием на основе технологии TCP/IP;
- наличие функций удаленной диагностики на базе локальных Web-серверов.

Основой архитектуры является Industrial Application Server (IAS), представляющий собой сервер интеграции данных в РВ, сигналов тревог и событий. IAS удовлетворяет следующим требованиям производства в РВ:

- высокой скоростью выполнения операций в РВ;
- возможностью обработки больших объемов данных и сообщений о событиях;
- возможностью взаимодействия с тысячами локальных или удаленных устройств. БД IndustrialSQL Server и Industrial Application Server широко используются в различных отраслях промышленности (целлюлозно-бумажная, химическая, нефтеперерабатывающая и др.).

5.4.4.2. iHistorian.

Для интеграции систем нижнего и верхнего уровней системы автоматизации производства фирмой *Intellution* (США) разработан программный пакет *iHistorian* [5.33, 5.34]. Концепция построения многоуровневой информационно-управляющей системы на базе ПО *iHistorian* получила название *Plant Intelligence*.

Архитектура *iHistorian* представлена на рис. 5.10.

К основным достоинствам системы относятся: масштабируемость, высокая производительность и простота настройки. Объем архива, создаваемого средствами *iHistorian*, составляет от 100..300 до 100000 параметров на одном сервере. Кроме того, *iHistorian* поддерживает многосерверную распределенную архитектуру. Сбор данных осуществляется с помощью специальных программных модулей (коллекторов). Коллекторы делят на две группы:

- *Plant Data Collectors*: сбор данных от ПЛК, SCADA-систем и от др. источников данных.
- *Transformation Collectors*: реализация вычислительных функций и обмена данными между серверами.

К *Plant Data Collectors* относятся коллекторы для SCADA-систем *iFIX*, *FIX 32*, OPC и файл-коллектор. OPC-коллектор используется для сбора данных от серверов. Файл-коллектор осуществляет сбор данных из файлов в формате CSV и XML.

В группу *Transformation Collectors* входят вычислительные модули, которые осуществляют преобразование собранных данных с использованием *Visual Basic Script* и сохранение их на сервере *iHistorian*.

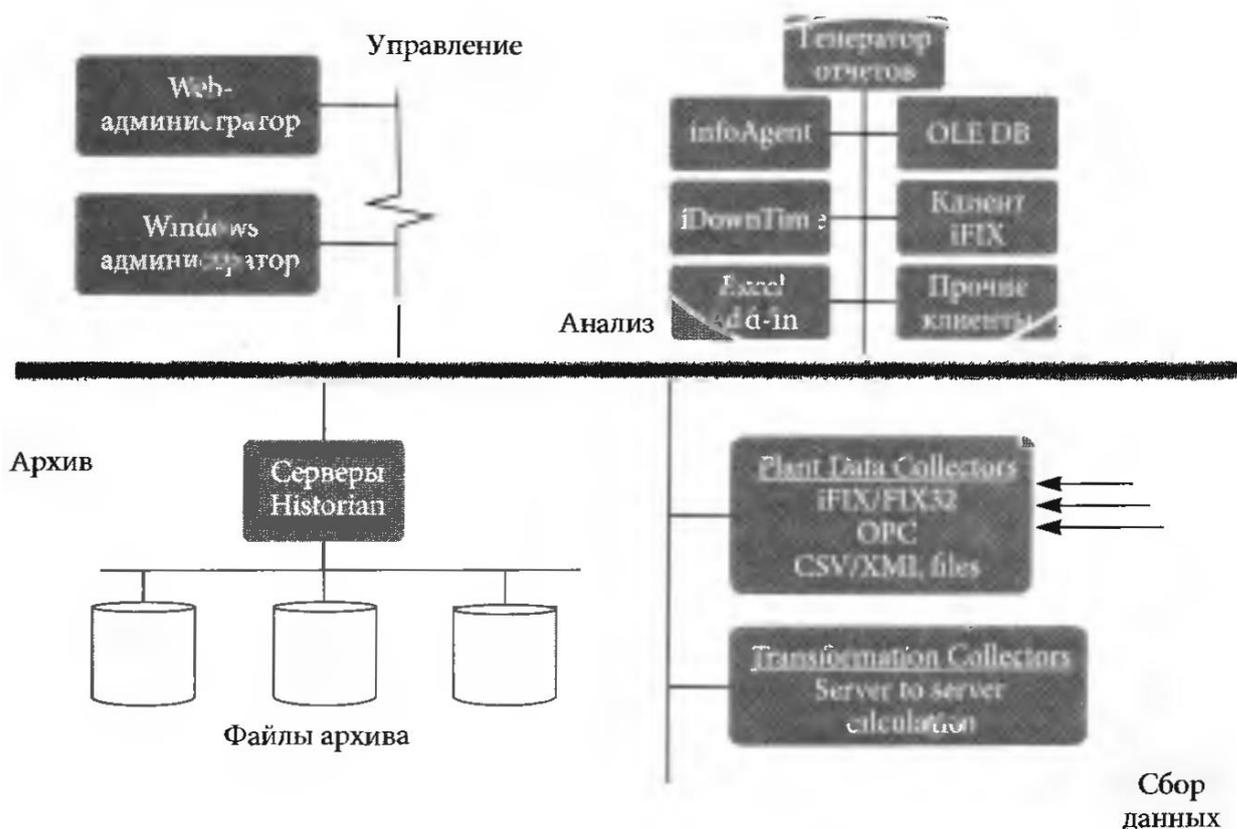


Рис. 5.10

Сервер iHistorian имеет мультифайловую структуру архива. Благодаря нереляционному типу базы данных, сервер iHistorian имеет более высокое быстродействие (скорость записи и чтения с жесткого диска составляет более 20000 событий в секунду).

Администрирование iHistorian носит упрощенный характер по сравнению с реляционными базами данных. С помощью OLE DB провайдера пользователь может работать с архивом iHistorian как с обычной реляционной базой, состоящей из восьми таблиц, используя SQL-запросы. Вместе с OLE DB провайдером поставляется программа-утилита выполнения SQL-запросов — iHistorian Interactive SQL.

Для увеличения объема сохраняемых данных используется двойное сжатие массива данных, — на уровне коллектора и на уровне сервера. Для iHistorian Server должны соблюдаться минимальные требования: процессор Pentium III 500 МГц, 256 Мб RAM, 2 Гб на жестком диске.

Настройка iHistorian осуществляется с помощью ПО Administrator Website, устанавливаемого на сервере. Web-администратор предоставляет графический интерфейс для конфигурирования тегов,

коллекторов, данных, копирования, анализа си стемных тревог и сообщений.

Данные iHistorian поступают от клиентских приложений, в частности от SCADA- системы iFIX. В SCADA-системе iFIX можно строить графики и мнемосхемы на основе данных из iHistorian. Встраиваемые в iFIX модуль Excel Add-In позволяет создавать отчеты, модуль iDownTime — анализировать события (продолжительность работы и простоев). Модуль infoAgent представляет собой Web-клиента для визуализации и анализа данных из iHistorian. Компонента iHistorian API — программный интерфейс iHistorian, который обеспечивает связь между клиентами и сервером iHistorian.

5.4.4.3. БД ORACLE фирмы Oracle

Реляционные базы данных ORACLE в настоящее время являются широко распространенными БД и достигают размеров сотен гигабайт. Для более детального ознакомления с БД ORACLE можно рекомендовать литературу [5.36, 5.37]. БД ORACLE поддерживается большим числом пользователей и удовлетворяет международным стандартам по ОС, протоколам, интерфейсам, языкам доступа к БД.

БД ORACLE может быть представлена физической и логической структурами. Физическая структура — это файлы ОС трех типов: один или несколько файлов данных; два и более файлов журнала повторения работы; один или несколько управляющих файлов.

Файлы данных принадлежат одной БД и не могут изменять свой размер. Файлы данных формируют логическую структуру в виде табличного пространства. Табличные пространства — это логические единицы хранения данных; они служат для того, чтобы группировать вместе взаимосвязанные логические структуры. Каждая БД имеет одно или более табличных пространств, для каждого из которых создаются файлы данных для физического хранения данных. Емкость памяти табличного пространства равна сумме емкости его файлов, а суммарная емкость табличных пространств составляет общую емкость БД. Табличное пространство может быть в состоянии ONLINE (доступно) или OFFLINE (недоступно). При обращении к файлам данных последние размещаются в кэш-памяти ORACLE.

Файлы журнала повторения работы регистрируют все изменения в БД. При невозможности доступа к данным в процессе работы эти данные могут быть получены из журнала повторения. Таким образом, в случае сбоя или отключения питания данные могут быть восстановлены.

Управляющие файлы БД служат для записи и хранения физической структуры БД. Управляющий файл имеет имя БД, имена файлов данных, временную метку создания БД.

Логическая структура БД ORACLE определяется помимо табличных пространств также объектами схем БД (схемы, объекты схем, таблицы, кластеры и пр.).

Схема — это набор объектов. Объекты схемы включают такие структуры, как таблицы, индексы, хранимые процедуры, кластеры. Объекты одной и той же схемы могут находиться в различных табличных пространствах. Таблица — основная единица хранения данных в БД ORACLE. Данные хранятся в виде строк и столбцов. Каждая таблица является нумерованной, а каждому столбцу дается имя и тип данных.

Представление данных из одной или нескольких таблиц называется обзором. Генерация значений столбцов таблицы БД называется последовательностью, а совокупность SQL-запросов к БД — процедурой. Группа из одной или нескольких таблиц, физически хранящихся вместе, называется кластером. Кластеры могут иметь общие столбцы данных. Взаимосвязанные столбцы таблиц в кластере называются ключом кластера. Так как ключ кластера имеет соответствующий индекс, то строки таблицы извлекаются с минимальными временными затратами.

Данные БД ORACLE хранятся в блоках данных, каждый из которых содержит определенное число байт физического пространства на диске. Определенное число блоков данных образуют экстенд, а набор экстендов образуют сегмент.

Память БД представляется в виде структур, предназначенных для решения определенных задач. Глобальная область системы (SGA) состоит из буферного КЭШа БД и буфера журнала повторения. Данные, хранящиеся в SGA, используются всеми пользователями БД. Буферный кэш хранит только свежие данные, еще не записанные на диск. Часть глобальной области предназначена для обработки SQL-запросов.

Глобальная область программы (PGA) — буфер памяти, содержащий данные и управляющую информацию. Механизм исполнения ОС последовательности шагов программы называется процессом.

В БД ORACLE предусмотрены пользовательские (клиентские) процессы (исполнение программного кода прикладной программы) и процессы БД ORACLE. К последним относятся процессы сервера,

фоновые процессы, писатель базы данных DBWG, писатель журнала LGWR, монитор системы SMON, монитор процессов PMON, архиватор ARCH и др.

Запуск БД ORACLE сопровождается распределением глобальной области системы (SGA) и запуском фоновых процессов ORACLE.

5.4.5. Серверы баз данных

Возросший объем информации, охватывающий все уровни иерархической структуры предприятия, включая производственную, хозяйственную, финансовую и другие виды деятельности предприятия, предъявляет повышенные требования к устройствам хранения, обработки и обмена данными. Эти задачи возлагаются на компьютеры с большими вычислительными ресурсами — серверы. Сервером принято считать мощный компьютер, подключенный к сети и используемый многими пользователями, как центр обработки и хранения данных.

Концепция сервера основана на использовании как одного, так и нескольких компьютеров для решения специфических задач — хранения, обработки, преобразования информации, печати и пр.

Сервер может быть выделенный или совместно используемый, централизованный или распределенный. Выделенный сервер имеет более высокую производительность и более надежную защиту данных, но является более дорогим. Производительность выделенного сервера ниже из-за более частых прерываний операционной системы при обслуживании ряда пользователей. Централизованный сервер подразумевает использование одного компьютера для выполнения сервисных функций, что делает его надежность выше, чем у распределенного сервера.

В зависимости от вычислительной мощности серверы подразделяются на следующие типы: сервер рабочих групп, сервер подразделения (отдела), сервер предприятия, корпоративный сервер и Internet-сервер (Web-сервер). Встречается деление серверов на серверы начального, среднего и высшего уровней (классов).

Сервер рабочих групп (сервер начального уровня) используется для сетевой печати, управления файлами и удаленного доступа по сети. Сервер подразделения (сервер среднего уровня) служит для организации работы приложений для нескольких рабочих групп, электронной почты, поддержки работы удаленных подразделений. Сервер предприятия — мощный сервер для управления предприятием в целом. Сервер эффективен при формировании кластеров и отказоустойчивых вычислительных систем, поддерживает работу ERP,

ЕАМ и других систем верхнего уровня. Корпоративный сервер — мощный сервер для работы с большими базами данных, приложениями сложных информационных систем и Web-приложений. Сервер эффективен при формировании кластеров и отказоустойчивых вычислительных систем. Internet- сервер (сервер Internet-приложений) эффективен при работе с Web-приложениями, требующими непрерывной работы с высокой производительностью.

Основные требования, предъявляемые к серверам:

- высокая надежность хранения данных;
 - защита данных от несанкционированного доступа;
 - возможность наращивания дискового пространства и вычислительной мощности (до сотен терабайт);

Отличительными особенностями серверов являются многопроцессорность (до 16 процессоров, в том числе RISC-процессоров с поддержкой режима многопроцессорной обработки), большой объем HDD-памяти (многомодульность памяти), многоуровневая шинная архитектура, поддержка RAID — технологии дисковых массивов.

Транзакционная производительность сервера по тесту TPC-C измеряется в единицах tpmC (примерно 60000 для сервера среднего класса).

Для накопления и обработки больших массивов информации существуют сетевые хранилища данных, удовлетворяющие требованиям быстрого доступа к данным по сети, резервирования хранимой информации в условиях сбоев и сетевых помех, управления массивами независимо от платформ и конфигураций вычислительных систем, использования высокоскоростной шины PCI-X и др.

Среди фирм, выпускающих серверы различной производительности и назначения, отметим компании *Hewlett-Packard*, *Sun Microsystems*, *Motorola*, *Siemens*, *Compaq*, *ICP Electronics Inc.*, *1-0 Data* и др. Серверы компании Hewlett-Packard обладают рядом функциональных достоинств, среди которых функции предотвращения отказов, масштабирования ресурсов и функции удаленного управления ресурсами. Компания Hewlett-Packard выпускает серверы начального уровня — HP L1000 и L2000, среднего уровня — HP N4000, LT6000 и другие, серверы разработки Web-приложений.

Фирма *Compaq* выпускает 4-х процессорные серверы ProLiant 6500 на базе процессоров Pentium III с ОС Windows NT и др. Серверы начального уровня PRIMERGY серии TX и RX выпускает компания *Fujitsu Siemens Computers*. Серверы серии TX150 с ППЦ Intel Pentium 4,

ТХ — 2 ПРЦ Intel Xeon, ТХ300 — 2 ПРЦ Intel Xeop выполнены в напольном исполнении. Серверы RX100, RX200 и RX300 используются в качестве Web-серверов и выполнены в шкафовом исполнении. Компания *1-0 Data* выпускает сетевой накопитель типа HDL-xxxU различной емкости (250 Гбайт и более). Все накопители работают под управлением ОС Windows 98/ME/NT/2000/XP.

Рядом фирм (*Sun Microsystems, Motorola, Siemens* и др.) выпускаются модульные или сверхплотные (blade) серверы в виде отдельных плат с возможностью «горячей» замены. Blade-серверы реализуют переход от концепции множества территориально распределенных серверов к единому центру обработки, где каждый сервер выполняет свои функции.

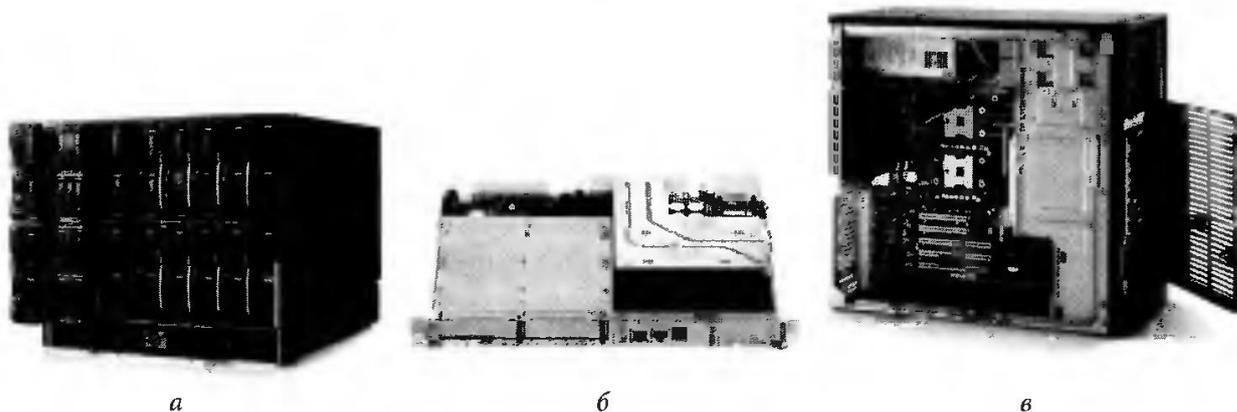


Рис. 5.11

Линейка blade-серверов компании Hewlett-Packard HP ProLiant BL используется в корпоративных вычислительных центрах.

В последние годы получили применение blade-серверы на основе спецификаций ATCA A (Advanced Telecommunications Computing Architecture) и MicroTCA [5.38]. Эти серверы используют лучшие характеристики платформы PICMG — компактный корпус для плотной установки процессорных и коммуникационных модулей, удобную объединительную панель с реализацией протоколов Ethernet (ATCA 3.1). На рис. 5.11, а приведен общий вид blade-сервера, на рис. 5.11, б — встраиваемый сервер и на рис. 5.11, е — серверный корпус Intel SC5200.

Корпусное оборудование для систем ATCA и microTCA предлагают фирмы Rittal (RiTCA) в форматах 2U...5U, 12U, 13U и Schroff (microTCA). С созданием архитектуры ATCA появился новый класс мезонинов — Advanced Mezzanine Cards (AMC). Таким образом, уровень масштабируемости серверов может быть представлен следующим образом: «стойка (Rack) — шасси (Shelf) — модуль (Blade) —

мезонин (АМС)». На базе новых модулей АМС создана спецификация microTCA.

К числу новых blade-серверов по спецификации ATCA компании *Hewlett-Packard* относится сервер Ъ5700 с 14 слотами для двухпроцессорных модулей на базе процессоров Хеоп. Семейство blade-серверов компании *Motorola Avantellis 3000* обеспечивают уровень готовности «5 девяток». Коммуникационные серверы Centellis 4000 компании *Motorola* имеют интерфейс Ethernet с пропускной способностью 10 Гбит/с.

В 2007 г. корпорация *IBM* представила новую систему BladeCenter HT с пропускной способностью внутренней подсистемы ввода/вывода одного сервера до 40 Гбит/с. Суммарный показатель пропускной способности этого сервера с системной объединительной панелью достигает 1,2 Тбит/с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ 3.5.7. ИНТЕГРИРОВАННАЯ СРЕДА РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА MASTER SCADA

ВОПРОСЫ

1. Основные правила, действия и определения:

- Выбор версии для разработки проектов;
- Запуск Master SCADA в режим разработки;
- Основной интерфейс программы – менеджер проектов;
- Дерево системы;
- Об OPC-технологии и OPS-серверах;
- Дерево Объектов;
- Функциональные блоки;
- Общая структура проектов;
- Выбор порядка разработки системы: от объекта или от системы;
- Базовые документы объектов;
- Запуск режима исполнения.

2. Работа с оборудованием:

- Использование OPC-серверов;
- Подключение приборов через Master PLC;
- Master Link.

ЛИТЕРАТУРА

1. MASTER SCADA. Основы проектирования. Том.2. Москва. 2012.

1. Основные правила, действия и определения

Выбор компьютера

При выборе компьютера, на котором будет установлена MasterSCADA, отдайте предпочтение компьютеру с большим объемом оперативной памяти, размер 1024 Мб является минимальным. Для комфортной работы требуется 2048Мб или даже больше, если планируется крупномасштабный проект.

Процессор - важная деталь системного блока, но ему предъявляются не столь жесткие требования. Рекомендуется использовать компьютеры с процессорами не хуже, чем Core 2 Duo 2,53 GHz, LGA775 / 3MB-1066MHz или AMD Athlon64 X2 6000+, 3.0GHz, 2x512KB-1000MHz (ADV6000). Хотя также возможна работа и на Pentium-4 641 3,2 GHz, LGA775 / 2MB-800MHz (65nm) или AMD Athlon64 X2 2.4GHz.

Разумеется, MasterSCADA будет работать и при худших параметрах компьютера, но все же прислушайтесь к этим рекомендациям, если не хотите, чтобы ваше терпение подверглось испытанию в самый неподходящий момент.

Перед установкой MasterSCADA убедитесь, что на жестком диске свободны более 400 МБ. Возможно, в дальнейшем потребуются больше места для обеспечения корректной работы проектов и хранения архивов, но пока этого объема хватит, чтобы установить программу и приступить к ее изучению. Выбор диска с большим быстродействием также поспособствует комфорту вашей работы.

Чтобы создавать большие многофункциональные графические окна, требуется монитор с разрешением не меньше, чем 1280 пикселей на 1024. Однако, это спартанский минимум. Лучше используйте современные широкоформатные мониторы. Например, 1680x1050.

Важно! Чтобы значительно сократить время разработки проектов разрешение монитора разработчика проекта и конечного пользователя (оператора) должны совпадать.

Выбор операционной системы

MasterSCADA поддерживает работу с операционными системами ***Windows XP (SP3), Windows Vista, Windows 7.***

Важно! Windows Vista не рекомендуется к использованию из-за общего снижения производительности системы.

При использовании Windows Vista необходимо запускать процесс установки MasterSCADA, а также режимы разработки и исполнения от имени администратора. Также для использования сетевого обмена и доступа к удаленным OPC-серверам на данной ОС потребуется частичное отключение настроек безопасности.

Часто в целях экономии приобретают портативные компьютеры (ноутбуки и нетбуки) с предустановленными версиями ***Windows Home Edition.*** Специального тестирования с этими модификациями не проводилось, противопоказаний к использованию этих версий нет, но, возможно, могут возникнуть сложности с опросом устройств и сетевым обменом.

Важно! В 64-разрядных версиях Windows 7 MasterSCADA работает в режиме 32-разрядного приложения.

MasterSCADA также может работать на серверных версиях операционной системы **Windows Server 2003 (SP1), Windows Server 2008 (R2)**. Это наиболее актуально, когда на компьютере помимо MasterSCADA будет установлена какая-либо программа, требующая именно серверного исполнения **Windows**, например, **СУДБ MS SQL**.

Установка демонстрационной версии

Перед установкой убедитесь, что на компьютере отсутствуют другие версии MasterSCADA, а также программа для программирования PC-совместимых контроллеров MasterLogic. Если они обнаружатся, их необходимо удалить перед установкой новой версии.

Установка MasterSCADA ничем не отличается от большинства типовых установок программ. Запустите файл **setup.exe**¹ и следуйте указаниям программы установки. Этот процесс может занять несколько минут (зависит от производительности компьютера), он несложен и интуитивно понятен, но, несмотря на это, некоторые моменты требуют дополнительных комментариев.

¹Если установка осуществляется с фирменного диска, то файл **setup.exe** запускается из меню диска. *Основы проектирования в MasterSCADA. Методическое пособие.*

Важно! Для версии MasterSCADA 3.3 и выше требуется Microsoft .Net Framework 4.0. Многие пользователи ошибочно полагают, что если на компьютере уже установлена какая-либо версия данного приложения, более ранняя или более поздняя, то этого достаточно для MasterSCADA. Однако это не всегда так.

Если приложение **Microsoft .NET Framework** не найдется в списке программ компьютера, то инсталлятор MasterSCADA предложит установить его автоматически (Рисунок 1-1).

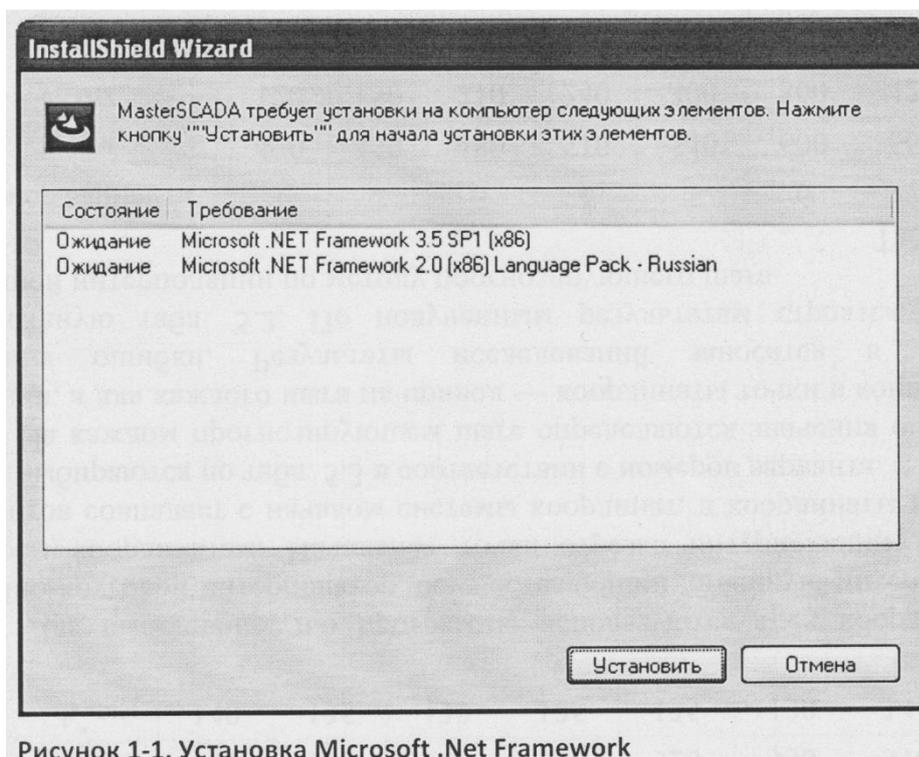


Рисунок 1-1. Установка Microsoft .Net Framework

Данное приложение распространяется бесплатно. Компания **ИНСАТ** не нарушает авторские права и правила распространения **Microsoft .NET Framework**. В этом можно убедиться, ознакомившись с лицензионным соглашением, представленном в окне инсталлятора (Рисунок 1-2)

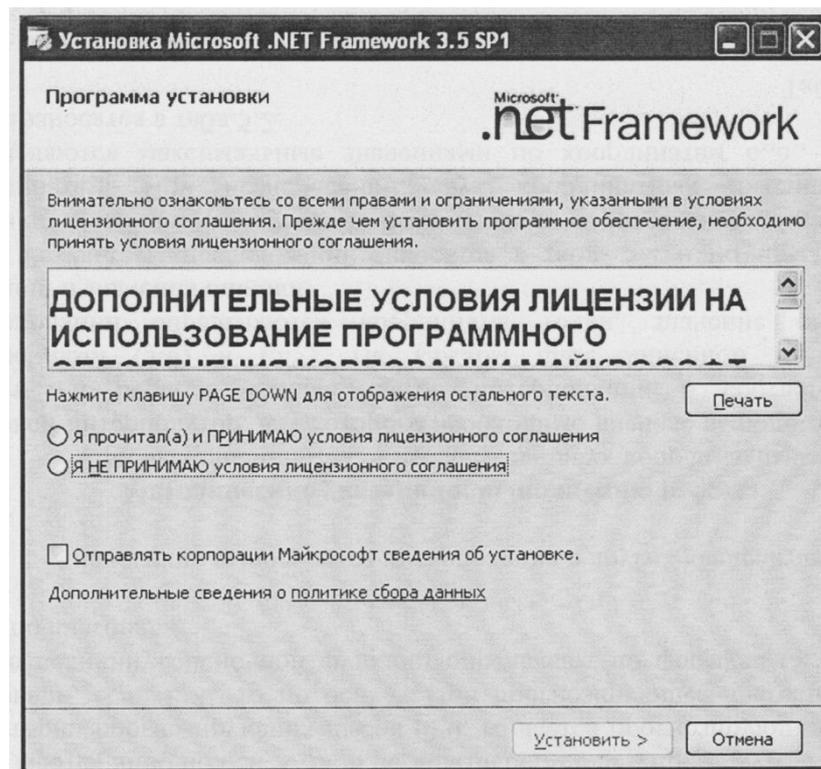


Рисунок 1-2. Лицензионное соглашение на Framework

Важно! При деинсталляции MasterSCADA приложение Microsoft .NET Framework не удаляется.

Перед тем как нажимать кнопку *Далее* в диалоговом окне, показанном на Рисунок 1-3,

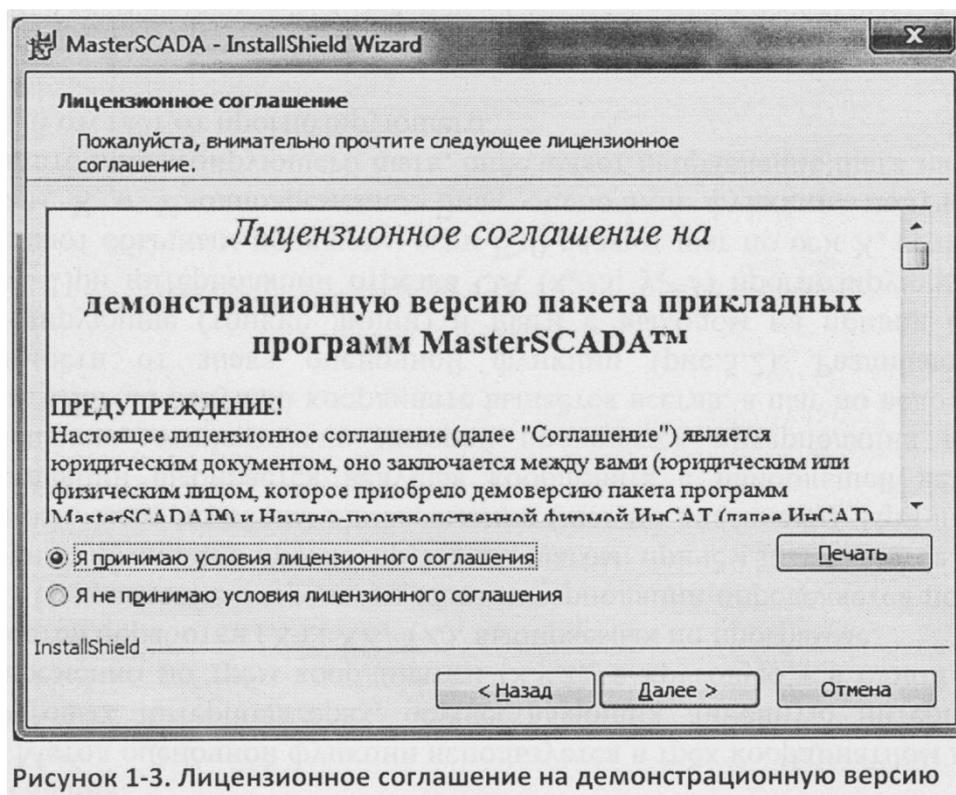


Рисунок 1-3. Лицензионное соглашение на демонстрационную версию

ознакомьтесь с текстом лицензионного соглашения на демонстрационную версию MasterSCADA. В нем содержится много полезной информации: правила использования демоверсии MasterSCADA, особенности взаимодействия со службой технической поддержки компании *ИНСАТ* и др.

Обратите особое внимание на Рисунок 1-4. Он определяет место, в котором по умолчанию будут сохраняться ваши проекты и библиотеки. Окно появляется только при первой установке MasterSCADA. В дальнейшем изменить место расположения рабочего каталога ***MasterSCADA Projects*** можно будет только из интерфейса MasterSCADA.

Важно! Папка проектов не удаляется при удалении MasterSCADA с компьютера. Она не изменяется при следующих установках MasterSCADA. Благодаря этому вы можете спокойно переустанавливать и обновлять

MasterSCADA, не беспокоясь за сохранность ваших проектов и библиотек.

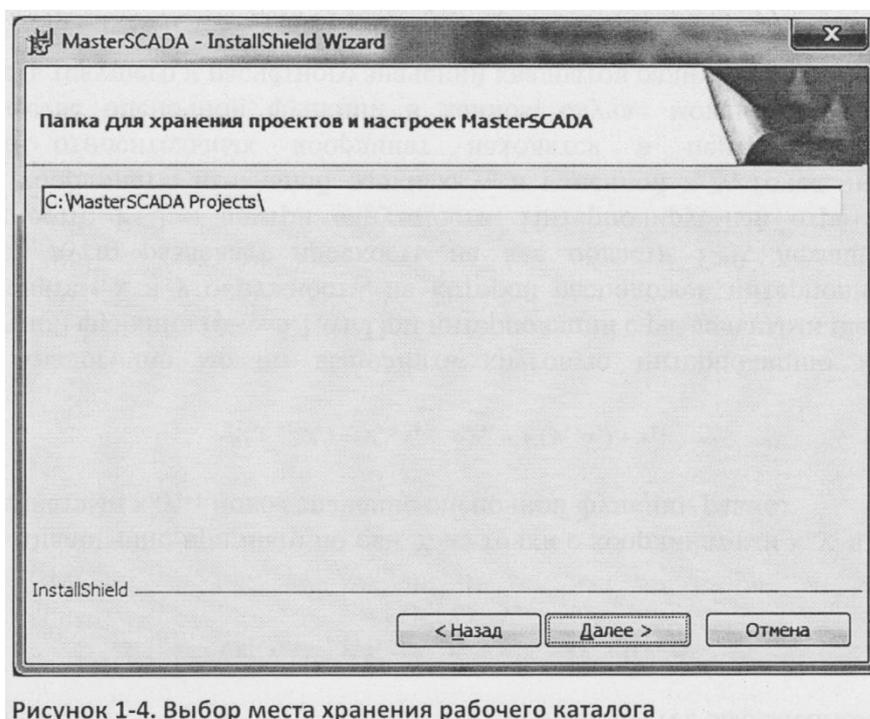


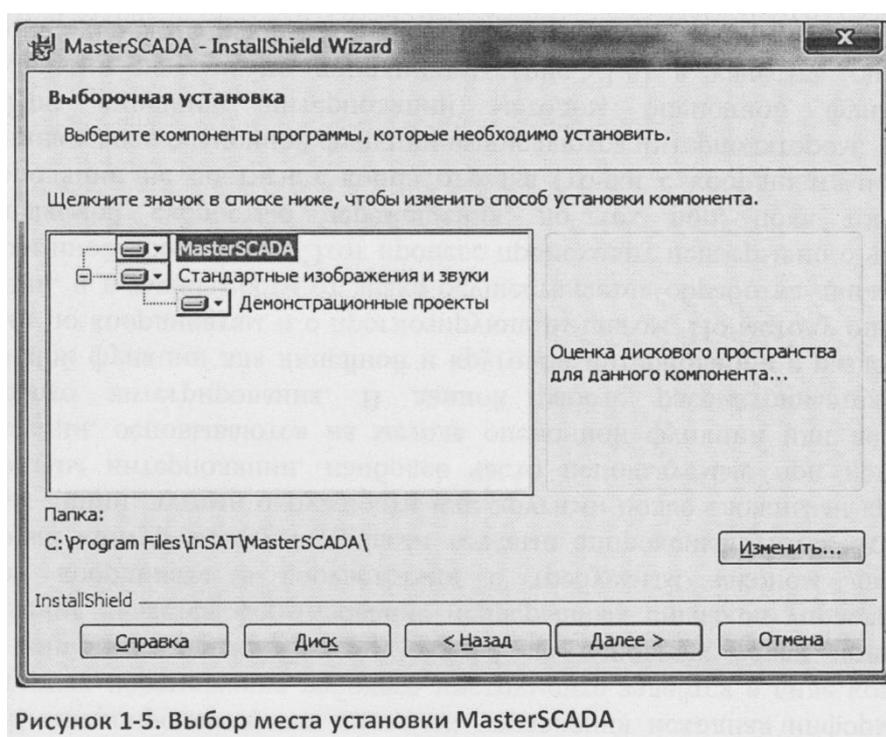
Рисунок 1-4. Выбор места хранения рабочего каталога

Задать место установки пакета программ MasterSCADA и определить, какие компоненты необходимо установить на компьютер можно в окне, показанном на Рисунок 1-5. Основной выбор сводится к тому, ставить или нет демонстрационные программы и дополнительные библиотеки. Если вы только начинаете работать с MasterSCADA, не пренебрегайте ими, если позволяет свободное место на диске. Оставьте лучше поле выбора компонентов программы без изменений.

В процессе установки программы папка *Insat²/MasterSCADA* по умолчанию будут создана в том каталоге, куда устанавливаются все приложения на компьютере. Вы можете изменить место установки, нажав на кнопку *Изменить* в диалоговом окне.

Важно! Желательно не изменять имена указанных директорий. Служба технической поддержки может запросить какую-либо информацию о файлах, находящихся в папке установки MasterSCADA, стандартные названия значительно упростят поиск нужной информации.

¹. В эту директорию по умолчанию устанавливаются все программные продукты компании *ИНСАТ*, например, OPC-серверы.



Завершает процесс установки MasterSCADA диалоговое окно, показанное на Рисунке 1-6. После нажатия на кнопку *Готово* можно приступить к изучению MasterSCADA.

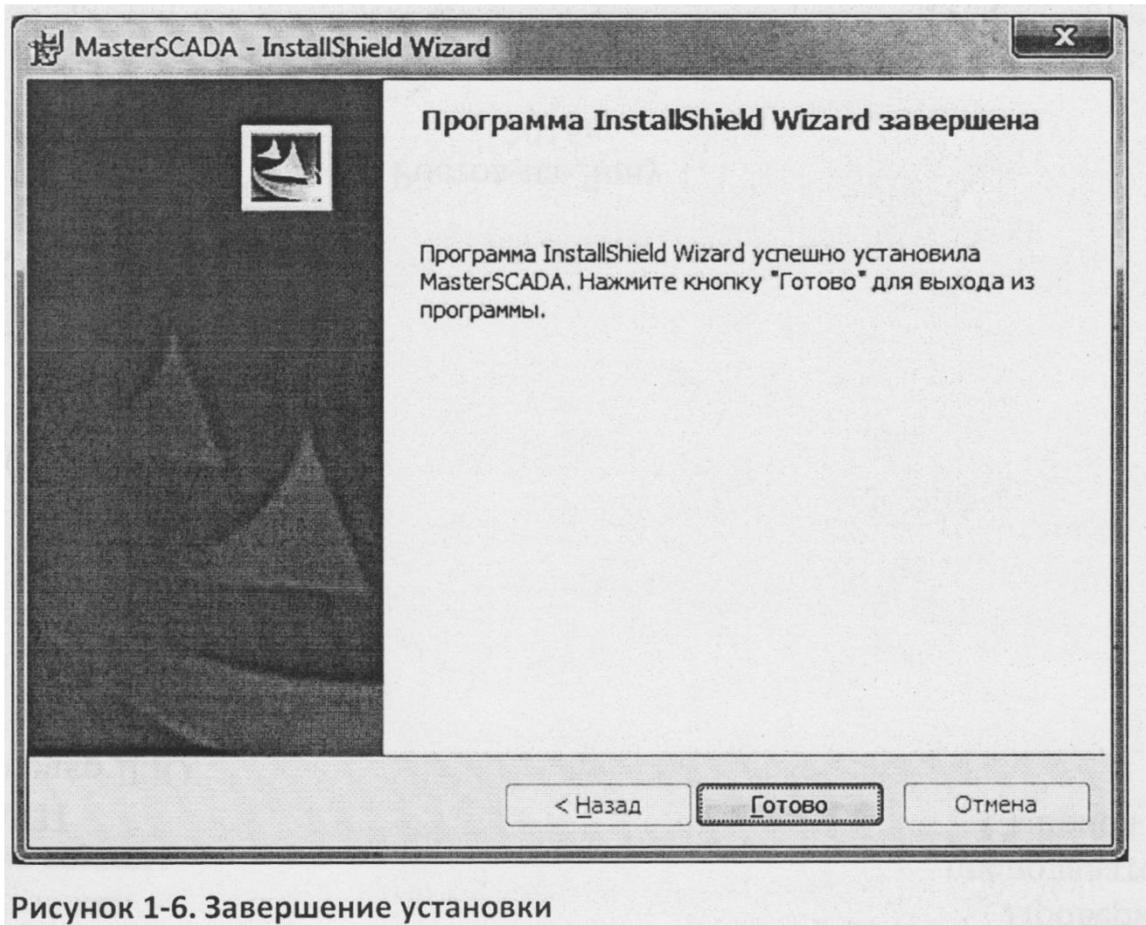


Рисунок 1-6. Завершение установки

Установка коммерческой версии

Процесс установки коммерческой версии внешне не отличается от установки демонстрационной. Единственное визуальное отличие - текст лицензионного соглашения будет иным.

При установке лицензионной версии MasterSCADA автоматически будет установлен драйвер для ключа защиты программного обеспечения.

Важно! Ключ защиты должен отсутствовать в USB-порту компьютера в момент установки MasterSCADA.

Удаление MasterSCADA

Удаление MasterSCADA происходит через **Панель Управления Windows**. Пункт **Установка/Удаление программ**.



Деинсталляция MasterSCADA не затрагивает программы драйвера ключа защиты и **Microsoft. NET Framework**. Они останутся на компьютере.

Важно! Папка для хранения библиотек и проектов (... \MasterSCADA Projects) не удаляется при удалении MasterSCADA.

2. Основные правила, действия и определения

Прежде чем приступить к изучению функций и возможностей MasterSCADA нам (разработчикам этой программы) с вами (ее будущим пользователем) необходимо научиться понимать друг друга. Очень важно научиться говорить на одном языке, в одни и те же термины вкладывать одинаковые понятия.

Неважно, какой проект вы хотите создать, используя MasterSCADA, будь то простой лабораторный стенд или сложная АСУТП на опасном производстве, в любом случае, все разработчики выполняют одни и те же действия, придерживаясь определенных правил: открывают проекты, редактируют, добавляют переменные, создают графические окна и многое-многое другое. Со временем часто повторяющиеся действия доходят до автоматизма и очень важно, чтобы с самого начала сформировались правильные привычки.

Вы узнаете о понятиях, принятых в MasterSCADA, и о тех действиях, которые выполняют все разработчики неоднократно в течение каждого рабочего дня.

Выбор версии для разработки проектов

Проект автоматизации с помощью SCADA-системы сначала разрабатывается, а уже потом используется в реальных «боевых» условиях. Во многих SCADA-системах для этого служат отдельные

программы - в одной разработчик создает проект (обычно, она так и называется, среда разработки), в другой - запускает проект на исполнение (соответственно и название - исполнительная система). В MasterSCADA для этих целей используется единая программа, для которой это просто два отдельных режима работы. В любой версии MasterSCADA (демонстрационной, коммерческой, клиентах с функциями управления и без них, за исключением интернет-клиента MasterSCADA) можно редактировать структуру существующих проектов и создавать новые. В этом случае у пользователя возникают вопросы, какая версия дает полное представление о возможностях пакета, какую версию выбрать для создания нового проекта?

Демонстрационная версия MasterSCADA - это полноценная среда разработки. В ней можно разработать любой проект любой сложности, используя все возможные модули и опции, за исключением узко специфических, поставляемых для специальных применений и отдельных отраслей. Такие редко используемые расширения не включены в демонстрационную версию просто, чтобы не загромождать ее пользовательский интерфейс. Ограничение демонстрационной версии заключается только в том, что проект в режиме исполнения проработает один час, по истечении которого выйдет сообщение о том, что время работы в режиме исполнения закончилось. Это вовсе не означает, что вы не сможете больше использовать данный экземпляр MasterSCADA, это говорит только о том, что необходимо вновь запустить проект на исполнение и продолжить его отладку.

Время создания проекта может сильно варьироваться. На это влияют многие факторы: сложность проекта, квалификация

разработчика, а зачастую и финансирование. В результате получается, что за время создания проекта MasterSCADA может измениться. Развитие MasterSCADA происходит непрерывно, но пользователь видит отдельные шажки-обновления, шаги-релизы, прыжки-версии. Эти обновления отражаются в нумерации продукта. Например, номер 3. 4. SP2 означает обновление 2 релиза 4 версии 3. Обновления, так называемые «исправленные» (ServicePack) версии, выходят с периодичностью примерно раз в полтора месяца. В каждом таком обновлении исправляются ошибки, а также учитываются некоторые пожелания пользователей, как правило, не требующие больших изменений в программе, добавляются небольшие усовершенствования функций и расширения библиотек. В релиз, выпускаемый 1-2 раза в год, могут включаться уже достаточно серьезные дополнения, а новая версия, выходящая раз в несколько лет (примерно - раз в 3 года), всегда означает очень серьезное расширение возможностей продукта, вплоть до смены технологической платформы отдельных модулей или даже ядра.

Планируя работу над проектом, важно понимать, что переход с одной версии на другую может потребовать от вас дополнительных усилий по проверке того, как то, что разработано под старые возможности, будет сочетаться с новыми. Мы делаем все от нас зависящее, чтобы любые проекты конвертировались в новые версии, однако в таких ситуациях, как полная замена одного модуля на другой, может оказаться, что вместо простой прежней функциональности реализована новая более сложная, в которой старых настроек недостаточно для формирования необходимого вам

вида или поведения приложения. Пожалуйста, будьте внимательны в подобных ситуациях.

Такое подробное изложение особенностей развития MasterSCADA неслучайно. Важно, чтобы вы понимали, когда имеет смысл обновлять версию, а когда нет. Обновление программы в соответствии с графиком выхода релизов и обновлений пойдет только на пользу проекту, находящемуся в ранних стадиях разработки. В то же время переход на новую версию на последних перед внедрением этапах может потребовать определенных трудозатрат тогда, когда на использование вновь открывшихся существенных возможностей уже не хватает времени. Не забудьте также учесть, что политика компании **ИНСАТ**, как производителя MasterSCADA, - полноценная поддержка старых версий в течение года после появления новой. По окончании этого срока мы не откажем вам в советах, но обновлений уже ждать не придется.

Если же до внедрения более года, а до вас уже дошли слухи (следите за нашими новостями) о планируемом выпуске новой версии (именно версии, а не релиза), то с приобретением можно и повременить. Это не мешает вам начать разработку, потому что пользователи демонстрационных версий получают почти такую же консультационную поддержку, как и пользователи коммерческих версий. Мало того, они могут вносить свои пожелания о развитии функциональности MasterSCADA наравне с пользователями коммерческих версий. С высокой долей вероятности эти пожелания будут удовлетворены в очередных релизах или даже обновлении. Можете смело создавать проект в демонстрационной версии. А когда убедитесь, что пакет подходит для решения вашей задачи (в этом мы

не сомневаемся), приобретайте коммерческую версию, в которой уже будут удовлетворены ваши пожелания. Основное коммерческое преимущество такого подхода не отложенное расходование средств, как многие подумают, читая эти строки, а точный, без избыточности, выбор конфигурации MasterSCADA. Такой подход поможет избежать часто встречающиеся ошибки с выбором типа коммерческой Версии MasterSCADA и ее опций.

Важно! MasterSCADA может сама определить по разработанному проекту, какой комплект вам нужно будет приобрести. К этому вопросу мы обязательно еще вернемся, но уже после знакомства с MasterSCADA.

Демонстрационная версия MasterSCADA - это полноценный инструмент разработчика проектов, в дальнейшем все описания в этом тексте будут ссылаться именно на нее.

Запуск MasterSCADA в режим разработки

Запуск MasterSCADA в режим разработки (далее этот режим мы будем называть английской аббревиатурой DT - от термина Design Time, что в переводе и обозначает режим разработки) производится так же, как и для любой другой Windows-программы: через меню **Пуск**, с помощью ярлыка на рабочем столе или в панели быстрого запуска. Обратите внимание на то, что на рабочем столе или в панели быстрого запуска ярлык надо предварительно самостоятельно создать, перетащив туда правой клавишей мыши значок приложения MasterSCADA из меню **Пуск**.

Итак, запускаем MasterSCADA. Нажимаем главную кнопку Windows **Пуск** и выбираем **Все программы/ MasterSCADA/ MasterSCADA**.

В открывшемся диалоговом окне (Рисунок 2-1) необходимо указать, с каким проектом вы будете работать: новым, учебным или иным, ранее созданным.

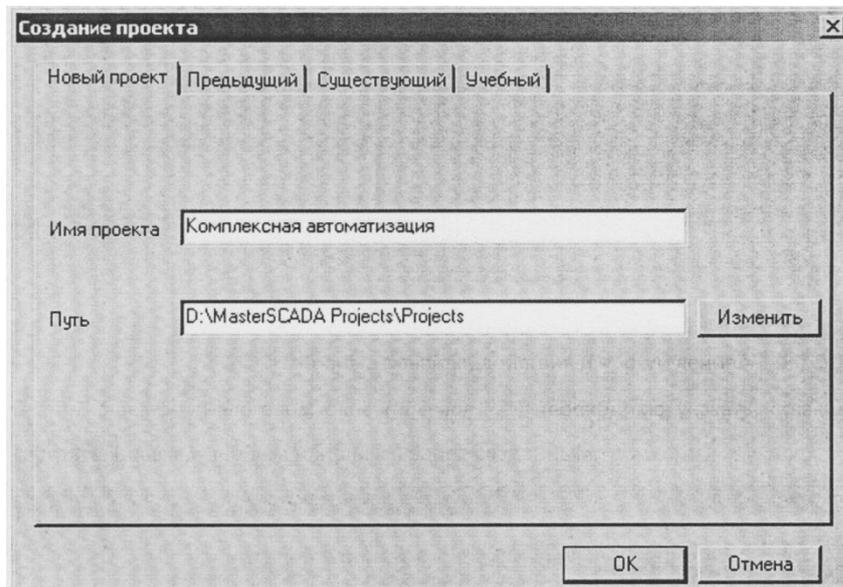


Рисунок 2-1. Открытие/создание проектов

Если вы создаете новый проект, то после создания и подтверждения его имени появится диалоговое окно, показанное на Рисунок 2-2.

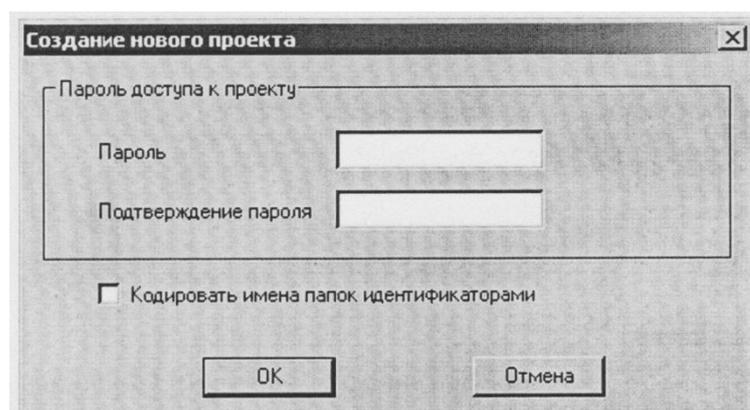


Рисунок 2-2. Установка пароля на разработку проекта

Это окно позволяет с помощью пароля запретить открытие проекта для редактирования всем, кто этого пароля не знает. Если вы оставите поля пустыми, то любой пользователь компьютера сможет открыть данный проект в режиме редактирования. При его повторном

открытии окно задания пароля больше появляться не будет, поэтому если вы захотите задать пароль на дальнейших этапах разработки, например, после ее завершения, то для этого можно воспользоваться пунктом главного меню программы **Проект/ Сохранить...** Установка пароля на разработку проекта поможет защитить вашу работу от неквалифицированных действий обслуживающего персонала, операторов, а также от происков конкурентов.

Важно! Если вы забудете комбинацию символов, вводимую в эти поля, то для восстановления данных придется переслать проект целиком в службу технической поддержки компании «ИнСАТ». Эта услуга оказывается только пользователям, у которых действует гарантийная или платная постгарантийная техническая поддержка.

Основной интерфейс программы - менеджер проектов

Итак, MasterSCADA готова к работе. После выполнения несложных действий, о которых мы только что рассказали, перед пользователем открывается основное поле его деятельности - менеджер проекта (Рисунок 2-3). В отличие от многих модульных программ MasterSCADA так устроена, что для выполнения самых разных действий и редактирования самых разных документов вам никуда не надо будет переключаться. Менеджер проекта работает по принципу единого окна в информационное пространство MasterSCADA.

Как и большинство Windows-приложений MasterSCADA имеет главное меню программы, а также панели инструментов. Они располагаются в верхней части экрана. Наверное, каждому пользователю знакомы эти понятия, и порядок работы с иконками и

пунктами меню описывать не нужно. Те детали, которые отличают MasterSCADA от других программ, мы еще обсудим в дальнейшем.

Рассматривая устройство окна программы, мы будем говорить о том расположении его частей, которое предлагается программой «по умолчанию». Но пользователь всегда может изменить их «под себя», исходя из формата своего монитора или собственных представлений об удобстве.

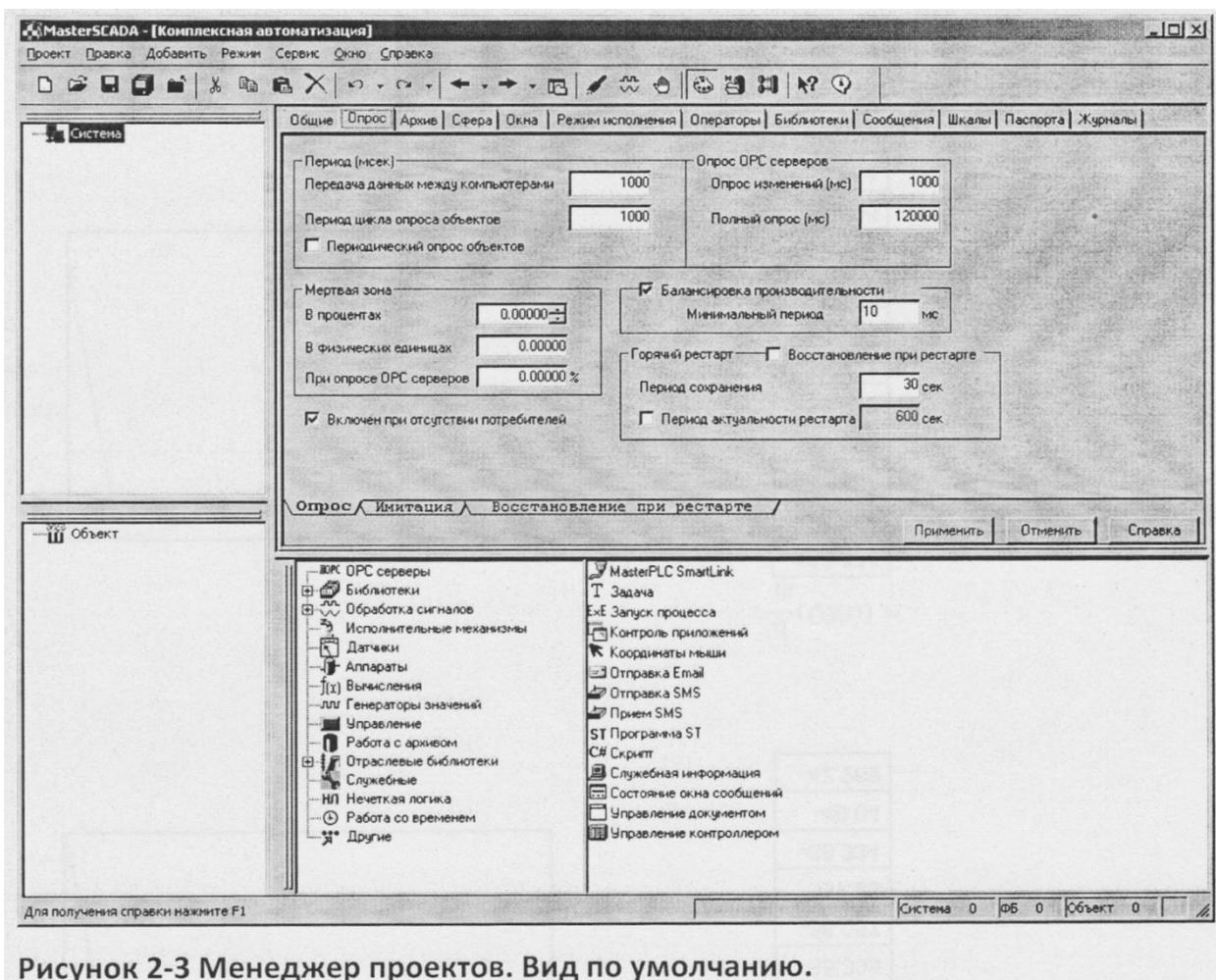


Рисунок 2-3 Менеджер проектов. Вид по умолчанию.

В левой части экрана находится главный навигатор по структуре проекта. Он состоит из двух частей - дерева Системы и дерева Объектов. Местоположение каждого из деревьев можно изменить в любой момент. Для этого нажмите ЛК³ на верхней кромке рамки

дерева (поле для нажатия обозначено двойной выпуклой линией) и, удерживая ее нажатой, перетащите окно.

В последнее время стали популярны широкоформатные мониторы, и все чаще пользователи выбирают способ размещения деревьев, показанный на Рисунок 2-4.

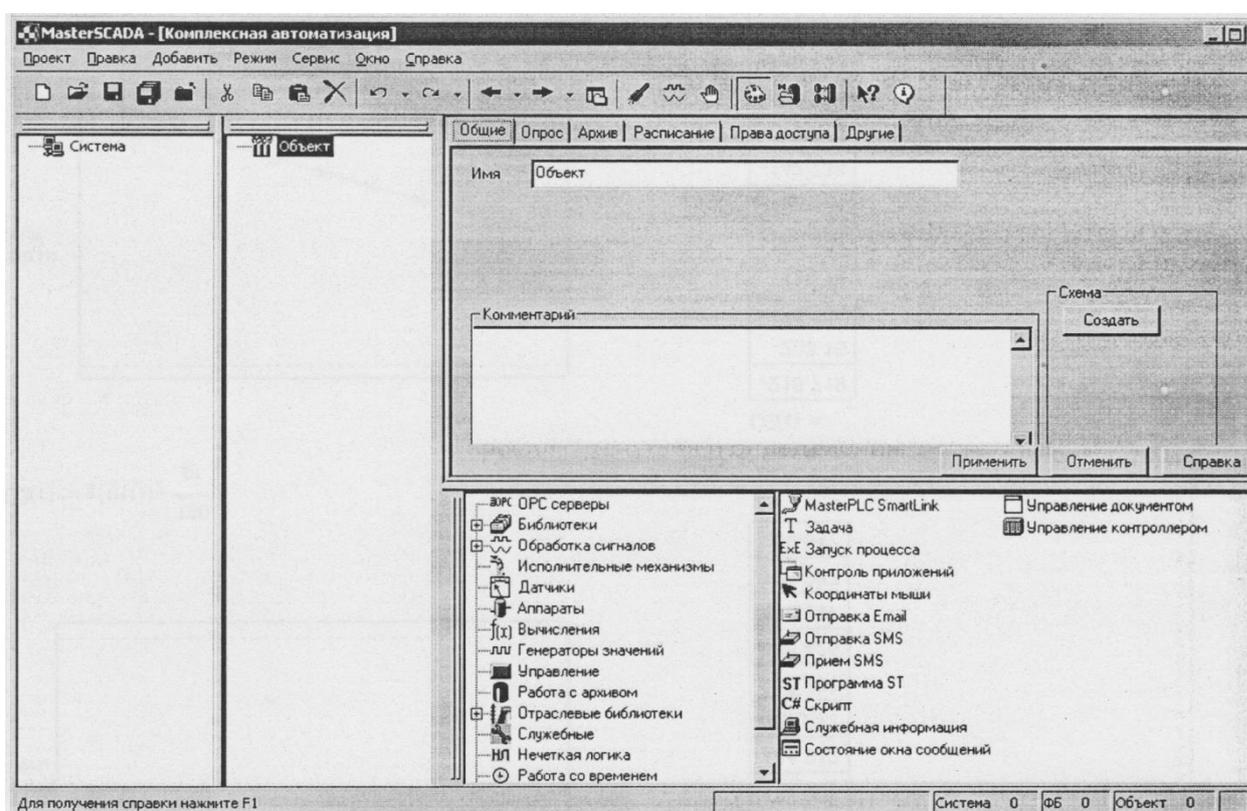


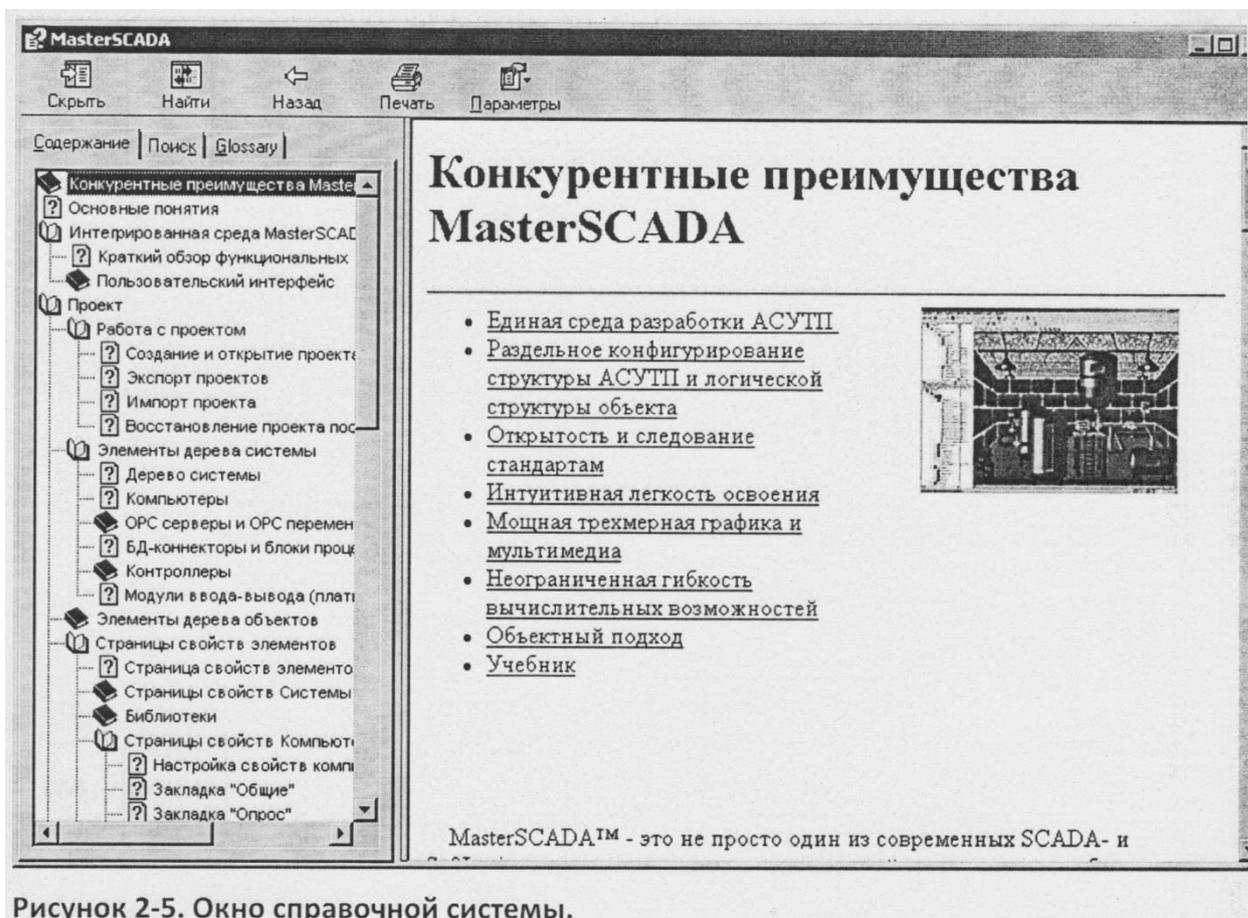
Рисунок 2-4. Менеджер проектов. Произвольный вид

Справа от деревьев находятся страницы свойств, содержимое которых относится к выбранному вами элементу дерева проекта. Состав страниц свойств будет изменяться в зависимости от того, какой элемент выделен.

«Нажмите правую кнопку мышки» - такую фразу неоднократно слышат пользователи, обратившиеся в службу технической поддержки, по различным вопросам. Действительно, это действие

любой разработчик выполняет неоднократно в течение рабочего дня. Нажав правую кнопку мыши, вы открываете контекстное меню элементов. Элементы MasterSCADA раскроют свои тайны быстрее, если ознакомиться с ними по следующей схеме: добавьте элемент в дерево, просмотрите его страницы свойств и контекстное меню. Как правило, этого бывает достаточно, чтобы понять назначение элемента и область его применения.

Но если это все же не помогло, то вызовите справку (функциональная клавиша *F1* на клавиатуре, либо пункт в контекстном меню, либо кнопка панели инструментов - этой стрелкой можно щелкнуть в непонятный элемент и получить разъяснение, см. Рисунок 2-5).



Наиболее часто контекстное меню элементов используют для формирования деревьев проекта. Пункты **Добавить** или **Вставить** подскажут, какие элементы могут быть использованы в том или ином месте. Например, если вы выделите элемент **«Система»** и нажмете правую кнопку мыши, то получите возможность добавить в проект Компьютер.

Помимо контекстного меню для формирования деревьев используют также палитру функциональных блоков MasterSCADA, которая находится под страницами свойств (Рисунок 2.6).

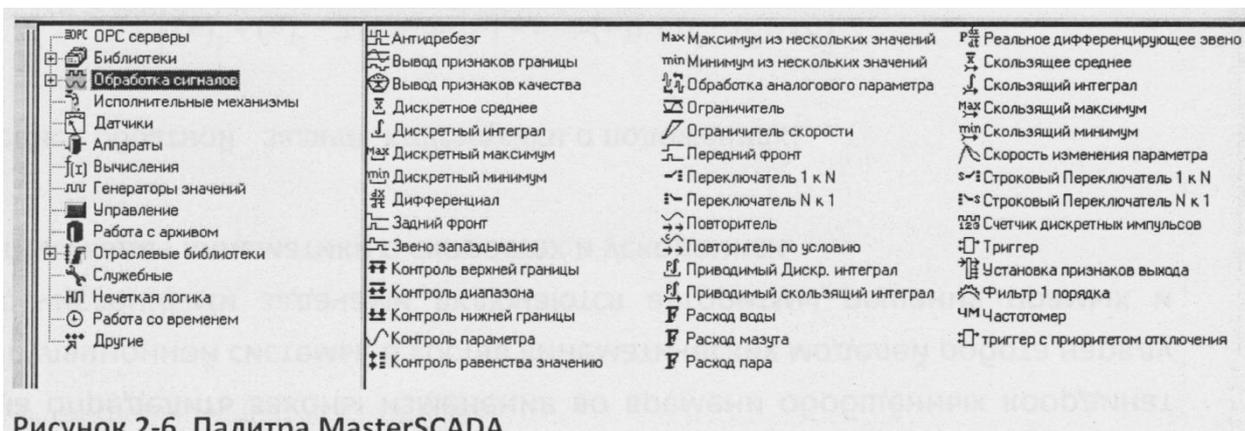


Рисунок 2-6. Палитра MasterSCADA

В ней хранятся различные ресурсы для формирования дерева проекта, как стандартные, так и создаваемые самими пользователями. Для того чтобы добавить элемент из палитры в дерево достаточно выполнить следующие действия: щелкнуть по элементу палитры и отпустить кнопку, курсор приобретет вид стрелки с иконкой выбранного элемента (), второй раз нужно щелкнуть на тот элемент дерева, в который должен быть вставлен выбранный элемент. Если добавить элемент в то или иное место нельзя, то система сообщит об этом диалоговым окном (Рисунок 2-7)

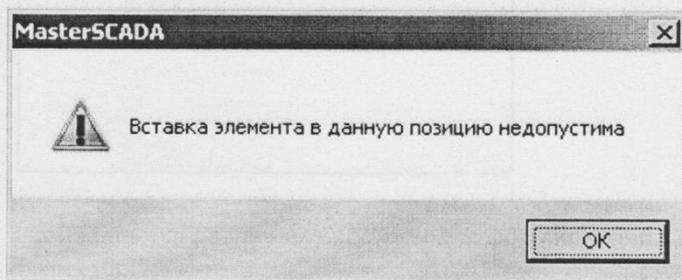


Рисунок 2-7. Сообщение о некорректной работе с палитрой MasterSCADA

Статистическую информацию о проекте можно получить в строке статуса, она традиционно располагается в самой нижней части экрана.

Важно! Информация, находящаяся в данном поле, не указывает о том, какую коммерческую версию MasterSCADA необходимо использовать для работы проекта.

Дерево Системы

Изучая дерево Системы готового проекта можно определить, какую архитектуру реализовал разработчик, какое количество компьютеров будут взаимодействовать в системе, какой способ был выбран для подключения внешних устройств, модулей ввода-вывода, является ли система вертикально-интегрированной (то есть контроллеры тоже программируются в этом же проекте), какое количество внешних сигналов MasterSCADA будет обрабатывать. По сути, дерево Системы - это своеобразный вид структурной схемы автоматизации.

Построение дерева Системы начинается с элемента Компьютер. Физический компьютер даже в самом простом проекте выполняет несколько функций, например:

- к нему подключается оборудование нижнего уровня
- он является рабочим местом оператора, технолога и т. п.
- он передает информацию в приложения других компьютеров

С уверенностью можно сказать, что элемент Компьютер - это точка пересечения реальных элементов создаваемой системы автоматизации и виртуальных. Без этого элемента не может существовать ни один проект MasterSCADA.

Компьютер может содержать дочерние элементы (Рисунок 2-8), представляющие собой

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

понятия внешнего мира, с которым взаимодействует MasterSCADA, установленная на данном реальном компьютере: Контроллер (), Модуль ввода/вывода (), OPC-сервер (), MasterLink (), БД-коннектор (). Рассмотрим эти понятия подробнее.

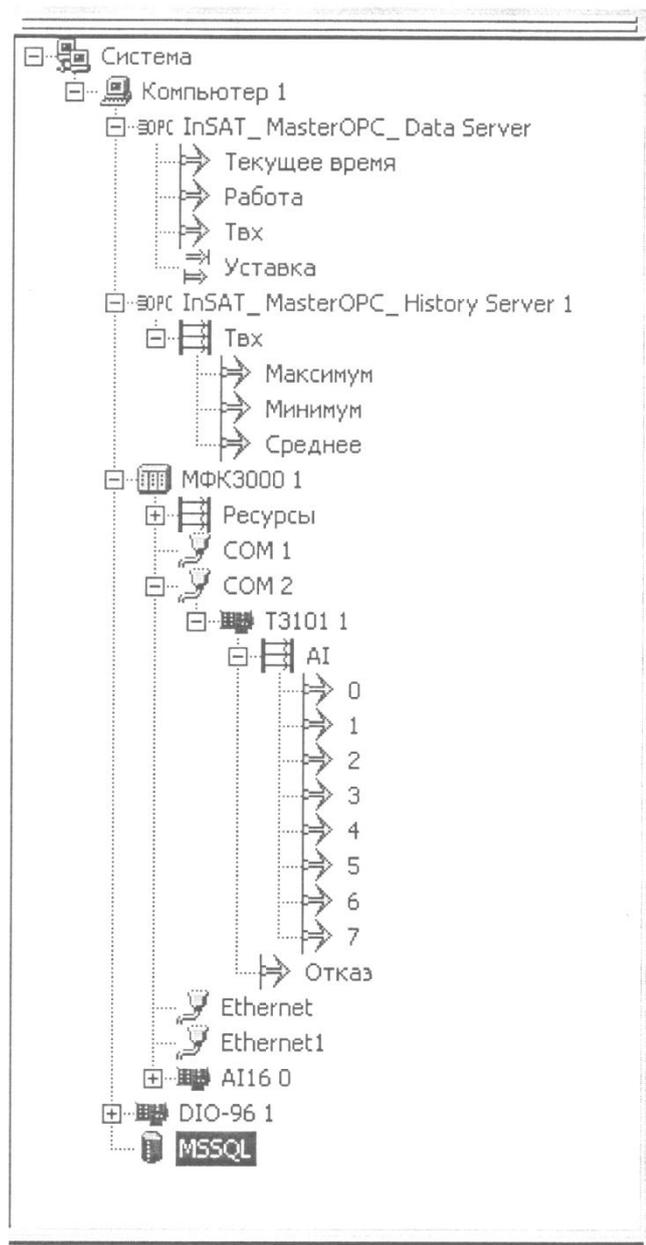


Рисунок 2-8. Дерево системы

Обращаться к пункту контекстного меню Компьютера **Вставить/Контроллер** следует, если вы планируете средствами самой MasterSCADA программировать контроллер с открытой архитектурой, совместимый с исполнительной системой для

контроллеров **MasterPLC**, входящий в комплекс программ MasterSCADA. В дальнейшем, мы будем их обобщенно называть **MasterPLC- контроллерами**. Список таких контроллеров можно найти на сайте MasterSCADA.ru, либо уточнить в службе технической поддержки **ИнСАТа**.

Важно! Отсутствие интересующего вас типа контроллера в списке доступных для вставки в демонстрационной или, тем более, коммерческой версии MasterSCADA, еще не означает отсутствие его поддержки. Возможно, она поставляется дополнительно.

При использовании **MasterPLC-контроллеров** они реализуют заданную в том же проекте логику контроля и управления, а MasterSCADA в режиме исполнения будет получать по различным каналам связи текущие и архивные данные с нижнего уровня напрямую (с помощью встроенных драйверов по фирменным протоколам), без участия других программных средств.

Для вставляемых в компьютер плат ввода-вывода в MasterSCADA предусмотрен элемент, модуль ввода/вывода. Список поддерживаемых плат определяется потребностями пользователей. Интерфейс для добавления новых плат открыт для самостоятельной разработки их драйверов. Однако, в MasterSCADA такой способ подключения оборудования считается второстепенным, поэтому широкого набора драйверов не предусмотрено, а в качестве примера в демонстрационной версии представлен модуль дискретного ввода-вывода **DIO-96**.

Если контроллер запрограммирован не средствами MasterSCADA (а, например, с помощью фирменного ПО производителя) или в

рамках другого проекта MasterSCADA, то чтобы обеспечить его работу с MasterSCADA, потребуется OPC-сервер.

Элемент OPC DA сервер используется для работы с внешними физическими устройствами, модулями ввода-вывода, контроллерами, а также с различными программами по стандарту OPC DA. Этот стандарт описывает получение текущих данных. Фактически, OPC является описанием стандартного программного интерфейса для драйверов различных протоколов. Эти драйверы могут быть разработаны независимыми производителями, но, благодаря стандартизации совместимы с большинством современных SCADA-пакетов, включая, разумеется, и MasterSCADA, которая поддерживает OPC в полном объеме.

Если из прибора нужно получить архивные данные, то необходимо остановить свой выбор на OPC-сервере, который поддерживает стандарт OPC HDA.

Важно! Передача архивных данных через OPC DA сервер потребует большое число переменных и очень трудоемкую обработку (квалификация разработчика - программист) полученных данных в проекте.

При выборе архивного OPC-сервера в дерево системы добавляется элемент OPC HDA сервер. Как правило, этот элемент используется для решения задачи получения достоверных (в том числе с точки зрения точного указания метки времени события, или измерения значений) данных в системах коммерческого и технического учета.

Важно! Некоторые OPC-серверы одновременно поддерживают стандарты DA и HDA, но в проект MasterSCADA они вставляются, как два отдельных элемента.

Элемент MasterLink фактически является встроенным драйверным интерфейсом MasterSCADA, для которого реализованы драйверы, как для передачи мгновенных значений, так и архивов по различным каналам связи. Список поддерживаемых драйверов включает широко распространенные протоколы **Modbus, Dcon**, собственный протокол MasterSCADA для связи с **MasterPLC-контроллерами**, принадлежащим другим проектам, а также ряд протоколов распространённых счетчиков коммерческого учета ресурсов.

Важно! Драйверный интерфейс MasterLink открыт, и вы можете написать собственные драйверы.

Несмотря на то, что мы предоставляем возможность написания собственных драйверов для MasterLink, мы все же считаем, что в большинстве случаев правильнее использовать OPC-серверы, так как это более универсальный с системной точки зрения способ создания систем автоматизации.

Важно! Быстродействие при обмене данными через OPC-серверы и MasterLink практически не отличается, так как OPC также является стандартным встроенным драйверным интерфейсом MasterSCADA.

Элемент БД-коннектор служит для организации работы с такими базами данных как **MSSQL, Oracle, Sybase, Interbase/Firebird, MySQL, DB2** и др. В настоящий момент, используя элемент БД-коннектор можно реализовать следующие задачи:

- хранение архивов MasterSCADA во внешней базе данных⁴
- экспорт данных
- чтение и запись в базу данных значений переменных, используя хранимые процедуры
- получение данных для формирования отчетов с помощью SQL-запросов

Стоящая перед вами задача определит, какие настройки необходимо выполнить на страницах свойств и в контекстном меню контроллеров, OPC-серверов и других элементов. В результате этих настроек в дереве Системы появятся переменные.

Обратите внимание на маркировку переменных в дереве Системы. В зависимости от иконки переменной в дереве можно понять, является ли она входом или выходом.

Обозначение  в дереве Системы говорит разработчику о том, что данная величина является выходным параметром для внешнего источника сигналов (устройства или программы), а для MasterSCADA такая переменная будет считаться входом. Обозначение  сигнализирует об обратном - для внешнего устройства эта переменная будет входом, а для MasterSCADA выходом.

Бывают переменные, которые работают и на чтение и на запись. Такие переменные обозначены .

Вносить изменения в дерево Системы можно на любом этапе разработки проекта.

Об OPC-технологии и OPC-серверах

Понятия OPC-сервер, OPC-технология, стандарт OPC давно вошли в лексикон инженеров по автоматизации и хорошо им знакомы. OPC-

сервер в его широком понимании - это Windows- приложение (иногда, служба), выполняющая функции драйвера для обмена информацией с внешними источниками или приемниками данных (контроллерами, модулями ввода-вывода сигналов, специализированными программами и др.) по какому-либо протоколу. Для каждого протокола - свой OPC-сервер. Благодаря тому, что OPC-серверы имеют одинаковый, определенный стандартом OPC, программный интерфейс (точнее, набор интерфейсов), с ними могут работать любые программные клиенты (например, SCADA-пакеты, также поддерживающие этот интерфейс). К сожалению, некоторые из серверов поддерживают не совсем полный комплект интерфейсов, заданных стандартом, что приводит к необходимости дополнительных настроек MasterSCADA для исключения из работы тех интерфейсов, которые не поддерживаются конкретным сервером.

¹ В настоящий момент эта возможность реализована для MSSQL, Oracle, Firebird.

Производители SCADA-пакетов, в которых имеются встроенные драйверные системы, иногда утверждают, что при опросе устройств через OPC-сервер появляется дополнительная задержка по времени, из-за того, что в работу включается лишнее приложение. По их мнению, SCADA-пакеты, которые работают с нижним уровнем через встроенные драйверы, получают данные быстрее. В их случае - это действительно так, поскольку для работы с OPC-серверами они вынуждены производить преобразование OPC-интерфейсов в интерфейс внутренней драйверной системы и конвертировать пришедшие данные во внутренний формат. Для MasterSCADA это не так, поскольку технология OPC реализована внутри самой

MasterSCADA. MasterSCADA не переводит данные из стандарта OPC в собственный, поэтому и дополнительной задержки по времени практически не возникает.

Важно! Использование OPC-серверов для опроса внешних источников данных совместно с MasterSCADA не приводит к снижению быстродействия системы.

Будем различать два понятия: OPC-сервер, как отдельное приложение, и *OPC-сервер*, как элемент проекта MasterSCADA. Для того чтобы начать работать с данным элементом в *дереве Системы*, необходимо установить приложение на компьютер и настроить его⁵. При обмене данными через OPC-сервер, MasterSCADA воспроизводит данные в том виде, с теми отметками времени и с теми признаками достоверности, которые были получены из OPC-сервера.

Важно! Если по каким-то причинам данные не приходят, то начинать искать причину неудач нужно именно с программы OPC-сервера.

В предыдущем разделе мы говорили, что разработчик может добавлять в проект, в *Компьютер, OPC PA* или *OPC HDA серверы*. Но внимательный читатель заметит, что при первом открытии MasterSCADA пунктов **Добавить OPC-сервер** и **Вставить HDA OPC-сервер** нет. Чтобы пользователь получил такую возможность, необходимо выполнить пункт *контекстного меню Компьютера* **Поиск OPC DA серверов** или **Поиск OPC HDA серверов**, либо пункт *главного меню* **Сервис/Организатор/OPC DA (HDA) серверов**.

¹OPC-сервера разных производителей могут настраиваться по-разному. Перед использованием лучше ознакомиться с сопроводительной документацией на сервер.

Важно! Для использования OPC-серверов, расположенных на других компьютерах сети, необходимо на этих компьютерах запустить утилиту OPC Enum и настроить протокол Microsoft DCOM. Подробнее это описано в сопроводительной документации на MasterSCADA.

Еще раз напоминаем, что в MasterSCADA разделены элементы OPC RA и OPC HDA серверов. Даже, если вы установили на компьютер одно приложение, в котором реализованы оба эти стандарта, то в MasterSCADA необходимо добавлять два отдельных элемента.

Дерево Объектов

Дерево Объектов расскажет о технологии. В нем, как в зеркале отражается реальный технологический объект. От мастерства разработчика зависит, будет ли это зеркало прямым или искажающим действительность, потому что в нашем субъективном мире оно показывает объект глазами разработчика проекта. Один разработчик видит объект через призму его организационной иерархии, другой опирается на последовательность технологических переделов, а третий (он, как правило, заблуждается - этот подход хуже всех) раскладывает все по формальному признаку однотипности приборов КИПиА (насосы к насосам, датчики давления к датчикам давления).

Объект в MasterSCADA — это основная единица разрабатываемой системы, соответствующая (мы в этом примере опираемся на первый, наиболее наглядный подход) реальному технологическому объекту (цеху, участку, аппарату, насосу, задвижке, датчику и т. п.), управляемому разрабатываемой с помощью MasterSCADA системой. С другой стороны, это и традиционный с точки зрения

программирования объект, обладающий стандартными для программных объектов качествами.

Объект может внутри себя содержать другие объекты, а также переменные и функциональные блоки (служебные библиотечные объекты, предназначенные для контроля и управления, - иногда они соответствуют объектам реального мира, например, насос или задвижка, а иногда выполняют только одну функцию контроля или управления, например, регулятор). Любой из объектов MasterSCADA имеет свойства и документы, представляющие его для оператора. Можно создавать свои окна с динамической графикой (мнемосхемы), графики изменения параметров во времени (тренды), отчеты, журналы сообщений и другие документы.

Изучение MasterSCADA и проектирование в ее среде будет гораздо проще, если вы будете четко представлять перед собой, какой результат хотите получить. Это позволит вам вести проектирование по самой правильной методике: от общего к частному, или, как говорят программисты: «сверху вниз». На раннем этапе разработки проекта необходимо разбить реальный технологический объект на составные части, подобъекты. Например, мы автоматизируем на заводе цех, по производству продукта X. Посмотрим, какая иерархия объектов будет в этом случае. Есть главный объект — это Завод, заходим на его территорию и видим наш объект автоматизации — Цех. У этого объекта должно быть свое графическое окно - мнемосхема, куда будут вынесены все важные параметры, характеризующие ход технологического процесса и состояние оборудование. Обычно, мнемосхема отображает технологическую схему объекта, на которой оборудование представлено с помощью мнемонических или

«жизнеподобных» изображений, изменение цвета, положения или формы которых характеризует их состояние, а параметры представлены в виде числовых значений или «щитовых» приборов. На уровне цеха показывается только важнейшее оборудование и основные параметры. Излишняя детализация здесь вредна. Для цеха важно также построить отчеты, чтобы отследить какое количество сырья поступило, и сколько продукции было изготовлено. Разумеется, мы должны видеть изменение этих параметров во времени, а для этого, как мы уже упомянули выше, предназначен такой документ, как тренд. Впрочем, его возможности гораздо шире, в чем мы еще в дальнейшем убедимся. В частности, он может показывать и зависимость одного параметра от другого. И, наконец, еще один вид необходимых нам документов - это журналы сообщений, с помощью которых мы можем отслеживать события на объекте: как технологические, например, начало и конец технологических циклов и операций, так и внеплановые, аварийные: выход параметра за контрольную границу, несрабатывание задвижки и т. п. Обратите внимание, что документов каждого вида может быть несколько, в зависимости от того, как вы хотите структурировать представляемую информацию. Но одна мнемосхема всегда будет главной, это лицо объекта. Ее, обычно удобно использовать для расположения на ней кнопок вызова других документов.

Двигаемся дальше. На территории цеха можно увидеть несколько технологических участков (или линий), каждый из которых отвечает за свой технологический передел. Для участка мы можем создать такой же набор документов, но уже с большей детализацией. В результате

подобных рассуждений мы получаем дерево объектов, показанное на Рисунок 2-9.

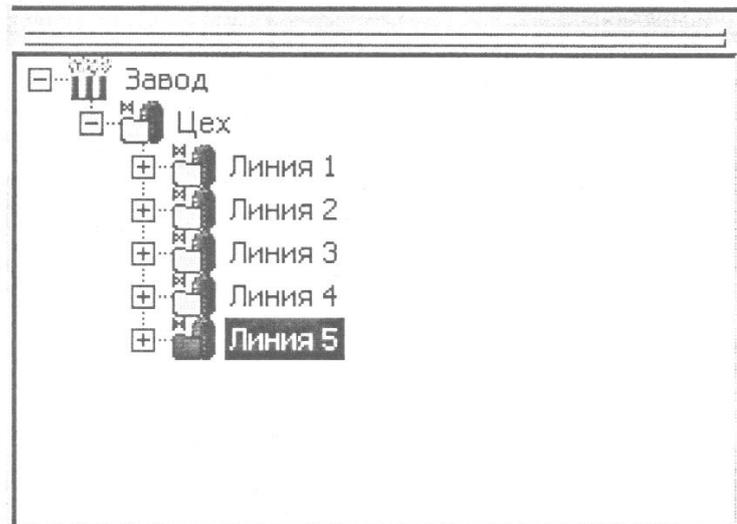


Рисунок 2-9. Дерево объектов

Итак, деление на подобъекты нужно производить до тех пор, пока соблюдаются два условия:

- Можно выделить логически связанную группу переменных и функциональных блоков
- Нужно создать для выделенной группы какие-либо документы, характеризующие ее как единое целое.

Важно! В настройках каждого объекта (Страница свойств Общие, поле Компьютер) нужно определить на каком компьютере он будет выполняться. Если эта настройка не сделана, то это равносильно тому, что объекта в исполняемом проекте не существует.

Если необходимо по смыслу проекта объединить несколько переменных MasterSCADA, но при этом они не требуют никаких документов и никакой совместной обработки, то в этом случае лучше создать не дополнительный объект, а группу переменных.

Проект, как правило, на 80 процентов состоит из переменных объектов MasterSCADA (есть еще и переменные дерева Системы).

Казалось бы, их всего четыре типа: значение (→), расчет (→), событие (→), команда (→),

но, несмотря на это, они позволяют решать практически любые задачи современной автоматизации.

Расчет - используется для обработки данных с помощью математических формул, включающих, кроме действий и функции из обширной встроенной библиотеки. Наряду с выполнением математических и логических (включая побитовые) действий над переменными (в том числе и с их архивными значениями), расчет позволяет работать со временем, с признаками качества и нарушения границ переменных. Формула обработки в текстовом виде и список обрабатываемых переменных визуально задаются (Рисунок 2-10) на странице свойств **Формула**, а у переменной расчет в дереве объектов в режиме исполнения показывается результат.

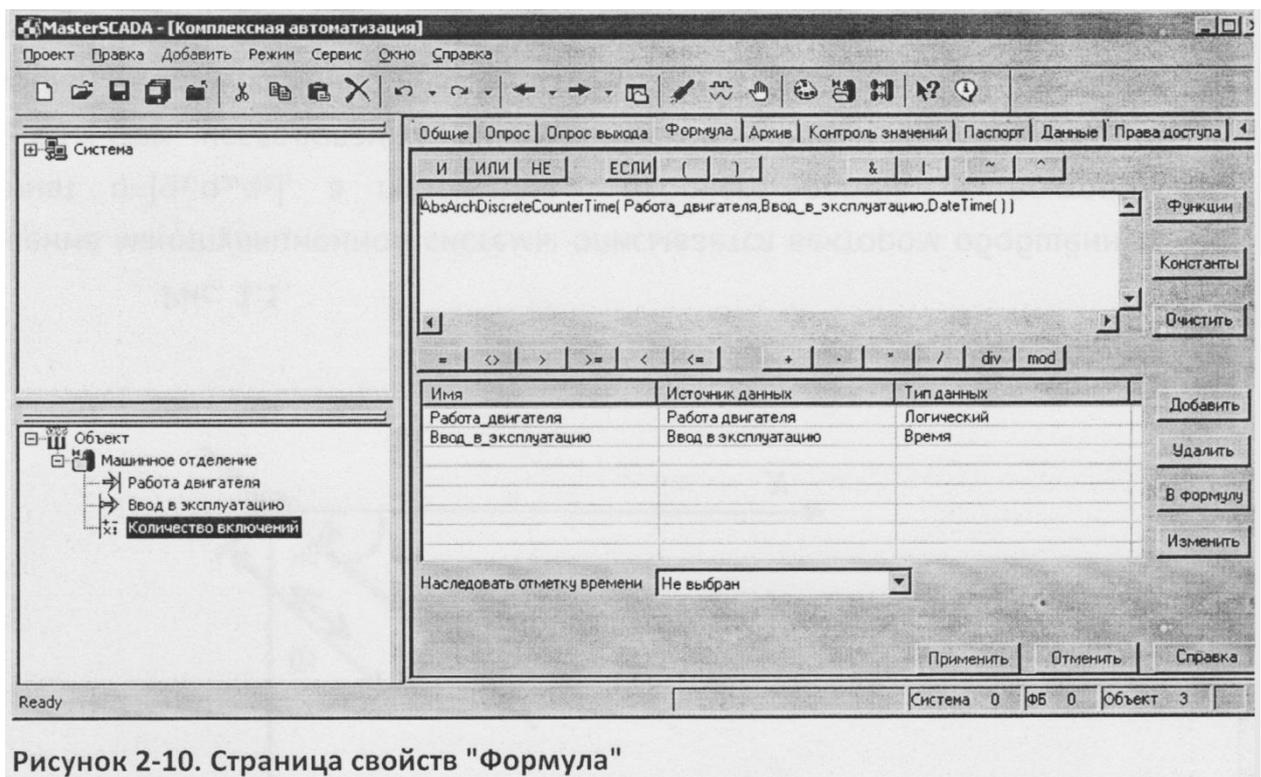


Рисунок 2-10. Страница свойств "Формула"

Значение - входная переменная MasterSCADA. С ней можно связать для передачи в нее данных любую выходную переменную. Это любая другая переменная MasterSCADA, кроме другого **значения** или **выхода** (переменной **дерева системы**). Применяется только для единичного использования переменной в проекте - для расчетов и отображения полученной информации на трендах и мнемосхемах. Если необходимо использовать это значение в дальнейшей обработке данных с помощью функциональных блоков, то **значение** не подойдет, так как оно не имеет «выхода», то есть не может быть соединена связью с потребителями значений. Если же перед отображением на **мнемосхеме** или **тренде**, необходимо произвести обработку данных, или использовать полученное значение в нескольких местах проекта, то данную переменную лучше заменить **функциональным блоком Повторитель**, который находится в категории **палитры** MasterSCADA

Обработка сигналов. В отдельных случаях для этого можно использовать и переменную расчет.

Команда - переменная, предназначенная для передачи значения, заданного оператором или присвоенного ей в результате выполнения действий (об этом мы подробно расскажем позднее) в другие переменные - например, в значения, выходы (в дереве системы) или расчеты. С помощью команды можно вводить уставки, включать или отключать оборудование, менять коэффициенты в формулах расчетов и т. п. Дискретная (0 или 1) Команда позволяет на специальной странице свойств сформировать список действий, которые необходимо произвести, когда она сменит значение с 0 на 1.

Событие - отличается от расчета только тем, что результатом вычислений будет не число, а факт изменения логического значения из состояния **Ложь** (значение 0) в состояние **Истина** (значение 1). Момент перехода (как говорят в автоматике: «передний фронт сигнала») порождает необходимые действия или выдачу сообщения, заданных разработчиком на страницах свойств этой переменной. Событие имеет формулу, как расчет, страницу свойств Действия, как команда, но сообщение есть только у события. Именно поэтому основное назначение события - это порождение действий и сообщения при обнаружении какого-либо реального события в реальном мире.

Расчеты, команды и события - это выходы MasterSCADA. Их значения можно передавать по связям на входы, например, значениям, входам ОПС-сервера или входам Контроллера в дереве Системы. В последних двух случаях данные из дерева объектов будут передаваться в дерево Системы и далее на нижний уровень, к устройствам.

Функциональные блоки

Наряду с переменными MasterSCADA для создания логики работы проекта, обработки сигналов и решения других задач в дереве объектов используют функциональные блоки.

Функциональный блок⁶ имеет набор входов, выходов и встроенную логику работы, т. е. в режиме исполнения элемент обрабатывает поступившие на его входы данные по заданной программе, а результат отображается на его выходах. Некоторые функциональные блоки имеют также свое динамическое отображение в графических окнах (мнемосхемах), список генерируемых сообщений и ряд других свойств объектов - их мы будем называть визуальными функциональными блоками⁷. Для удобства разработчиков ФБ разделены по умолчанию на несколько категорий.

Категории **Обработка сигналов** и **Вычисления** служат для обработки аналоговых, дискретных и строковых величин. Большая часть ФБ, относящихся к категории **Вычисления** дублируют возможность вычислений, реализованные в формулах переменных расчет и событие, поэтому используются только, когда процесс вычислений требуют визуального представления в виде графической схемы функциональных блоков (об этом мы еще поговорим в дальнейшем), однако, обратите внимание на то, что формулы не поддерживают обработки строк. В этом случае соответствующие ФБ будут единственным вариантом обработки, за исключением написания программ на языках высокого уровня (и об этом тоже далее).

Исполнительные механизмы - в этой категории нашли свое место наиболее часто встречаемые в АСУТП исполнительные механизмы: задвижки, клапаны, насосы и т. п. Элементы

представлены как в классическом мнемоническом виде, так и в псевдонатуральной графике. На первый взгляд может показаться, что данная категория немногочисленная, а перечень реального оборудования, чью логику работы должны описывать эти элементы намного шире. Однако, благодаря гибким настройкам один ВФБ MasterSCADA из категории **Исполнительные механизмы** может заменить десятки элементов. В некоторых ВФБ вид изображения выбирается из списка доступных (например, одну из разновидностей клапанов - муфтовый, фланцевый, диафрагменный и т. п.), но есть и универсальные, где выбор изображения остается целиком за пользователем - это ВФБ **Двухпозиционный исполнительный механизм с выбором изображения**, а также ВФБ **Динамический ИМ**.

Датчики и **Аппараты** содержат ВФБ, которые удобно использовать при создании мнемосхем. По численности и востребованности они значительно уступают другим категориям палитры MasterSCADA, так **Датчики** фактически дублируют визуальные возможности обычных переменных MasterSCADA, а **Аппараты** часто сложнее представленных простейших случаев. Реальные аппараты реализуются возможностями объектов MasterSCADA и сохраняются разработчиками в их пользовательских библиотеках.

Очень часто развитие пакета зависит от высказанных пожеланий пользователей, если у вас есть необходимость в новых элементах, то, пожалуйста, обращайтесь к нам с любыми предложениями. Не забывайте, что интерфейсы создания новых ФБ открыты, и вы можете

сделать их самостоятельно. Во многих случаях проще создать и сохранить в библиотеке объекты проекта.

Бывают ситуации, когда реальный сигнал необходимо заменить значением, изменяющимся по тому или иному закону. И, хотя такая возможность предоставлена средствами формирования значений самих переменных (см. страницу свойств **Опрос**), тем не менее, иногда нагляднее использовать в решении этой задачи поможет категория **Генераторы значений**.

ФБ группы **Работа со временем** помогут определить метку времени переменной, выдать импульс в определенный момент времени и много другое.

В системах, где MasterSCADA выполняет функции регулирования и управления, разработчики широко используют ФБ из категории **Управление: Циклограмма, Регулятор, Задатчик**.

Возможности записи и чтения из файлов, обращения к любому значению, сохраненному MasterSCADA, реализуются ФБ из категории **Работа с архивом**.

Для решения отраслевых задач в палитре функциональных блоков имеется категория **Отраслевые библиотеки**, которая включает в себя подразделы: **Теплоэнергетика, Вентиляция и кондиционирование, Электроэнергетика**. Безусловно, эта категория еще будет развиваться и пополняться новыми разделами.

Неограниченные возможности открывает перед разработчиком категория **Служебные**. ФБ этой категории позволяют не только определить, какой оператор работает в режиме исполнения в настоящий момент, сохранить какие-либо документы проекта или запустить внешнее приложение из интерфейса MasterSCADA, но и

расширить стандартные возможности при помощи языков программирования **ST**(стандарт МЭК 61131-3) или **Ctt (ФБ Скрипт)**.

Важно! Функциональные блоки Скрипт и Программа ST созданы для опытных пользователей с навыками программирования.

Для любителей нестандартных решений или студентов ВУЗов может быть интересна категория **Нечеткая логика**.

Вспомогательные ФБ и те, которые не нашли свое место по смыслу в других категориях, будут находиться в разделе **Другие**.

Важно! Одни и те же функциональные блоки могут находиться в нескольких категориях одновременно.

Конечно, иногда встречаются задачи, которые сложно решить стандартными способами, но даже в этих непростых ситуациях мы не оставляем наших клиентов без поддержки. Если пользователь имеет достаточный опыт в программировании и время, то мы рекомендуем создавать свои собственные функциональные блоки, основываясь на документации, которая устанавливается совместно с любой версией MasterSCADA. Ее можно найти по адресу **Пуск/ Все программы/MasterSCADA/ Документация/ Руководство по разработке ФБ и драйверов**. Если же у разработчика авральная ситуация, то мы можем и сами разработать под вашу задачу ФБ на доступных условиях⁸.

Пользователь может перераспределить элементы между категориями по своему усмотрению при помощи пункта главного меню программы **Сервис/Организер/ФБ...**

Важно! Прежде, чем задействовать в работе ФБ убедитесь, что поставленную задачу нельзя решить при помощи стандартных переменных MasterSCADA.

Общая структура проектов

Давайте подведем итог вышесказанному, чтобы выработать верный взгляд на разработку проектов, прежде, чем увязнем в мелких деталях. Системный подход именует такую «правильную» разработку методикой «сверху вниз».

Как мы уже говорили, проекты MasterSCADA состоят из двух разделов.

Первый из них называется Система или для наглядности дерево системы. Он служит для описания состава, связей и настройки всех технических и системных программных средств, реализующих создаваемую нами систему автоматизации.

Второй раздел называется - Объект или дерево объекта. И хотя он практически состоит из элементов всего двух видов - папок-объектов с комплектом принадлежащих им документов и настроек и переменных, его роль в проекте является ключевой. Главное назначение дерева объекта - описание нашего представления об автоматизируемом объекте, логических и функциональных связях между его частями, а значит и логики контроля и управления этим объектом.

Сможем ли мы структурировать это представление - проявить настоящий системный и одновременно объектный подход? Именно от этого, в первую очередь, зависит то, хороший ли получится проект,

будет ли он легко понятен кому-либо, кроме автора, насколько трудоемкой окажется его разработка.

Здесь важнее всего следовать принятому в программировании принципу самодостаточности элементов проекта (инкапсуляции), который в применении к предмету нашего разговора означает что количество внешних связей любой папки объекта следует стремиться сделать минимальным. Такая минимизация чаще всего достигается при простом следовании реальной организационной или технологической структуре нашего автоматизируемого объекта.

Рассмотрим пример организационной структуры в порядке иерархической подчиненности: завод - цех - участок (линия) - агрегат - исполнительный механизм (датчик). Попытка построить проект по функциональному признаку, например, сгруппировать все аналоговые параметры в одну папку почти всегда приводит к избыточным связям между частями проекта, а, следовательно, его неэффективности. Мало того, жизнь показывает, что функциональный подход приводит еще и к огромным сложностям в развитии и модифицировании проектов. В то же время, отдельная папка- объект в хорошо структурированном по объектному принципу дереве объекта автономна в такой степени, что может быть перенесена без изменений в любой другой проект, где возникнет необходимость в работе с подобным объектом. Например, однажды реализовав в качестве элемента проекта группу насосов, мы сможем переносить ее вместе со всей логикой контроля и управления, со всеми сигналами и документами в любой другой проект, где она потребуется. Единственное, что останется сделать, - это восстановить связи с источниками и приемниками реальных физических сигналов, а

также организовать вызов документов этого объекта из мнемосхем более высокого уровня.

Но подробнее обо всем этом в дальнейшем.

Выбор порядка разработки системы: от объекта или от системы

Этот выбор не является жестким, но от него зависит удобство и скорость разработки проекта. Разработка структуры технических средств в проекте целесообразна только тогда, когда вы полностью определились с нею в жизни, когда известно, по каким каналам связи передаются данные, какие выбраны контроллеры и модули расширения, какой физический сигнал к какому входу или выходу подключен. Но, если все перечисленное находится еще в сыром виде, ничего страшного - вы можете начать разработку проекта, стартовав от структуры автоматизируемого объекта, его функциональных связей, логики его контроля и управления, то есть формируя дерево объекта. MasterScada позволяет разрабатывать проект в любом порядке, в том числе, и параллельно. Если это делают разные разработчики на разных компьютерах, то удобнее, чтобы «головной» проект, в который будут потом копироваться отдельно разработанные части, находился у того, кто отвечает за дерево системы. Не забудьте, что проектирование - это итерационный процесс и «стыковать» имеет смысл только полностью законченные и отлаженные части.

Важно! Не тиражируйте однотипные части проекта до полного окончания их разработки и отладки.

Отдельно разработанные части проекта требуют установления связей друг с другом. О передаче данных по связям мы сейчас и поговорим.

Особенности создания связей между деревом системы и деревом объектов

Связи, как и большинство других действий в MasterSCADA, настраиваются «мышью». Различают два типа связей - прямые, когда данные от переменной-выхода без какой-либо обработки сразу же поступают к переменной-входу, и косвенные, например, когда одна переменная является источником для аргументов формулы расчета или СОБЫТИЯ.

Итак, чтобы организовать прямую связь между переменными проекта MasterSCADA нужно перетянуть, удерживая ЛК, одну переменную на другую. В месте, где связь может быть установлена, обозначение манипулятора примет вид /, отпустив ЛК, вы увидите, что к стандартному обозначению переменной добавится розовая вертикальная черта, это говорит о том, что связь установлена
(Рисунок 2-11).

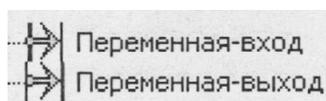


Рисунок 2-11. Обозначение прямых связей

В случае, если разработчик проекта пытается установить связь, при которой возможна потеря точности, например, между вещественным двойной точности выходом дерева объекта и входом дерева системы целого типа, то MasterSCADA отследит это и выдаст предупреждение.



Для того чтобы разорвать прямую связь, достаточно нажать ПК⁹ на переменной и в появившемся контекстном меню выполнить пункт *Разорвать связь*.

Если необходимо связать переменную любого из деревьев с аргументом формулы события или расчета, то в этом случае алгоритм будет таким:

- Выделите переменную событие или расчет в дереве объектов.

Важно! Один вход напрямую можно соединить только с одним выходом, а один выход может быть связан с несколькими входами.

¹ ПК-здесь и далее правая кнопка мыши

- Перейдите на страницу свойств **Формула**
- Перетащите ЛК нужную переменную в таблицу страницы свойств.

После этого вы сможете использовать значение переменной в формуле. Способ создания формул рассмотрим далее.

Удалив переменную из таблицы страницы свойств **Формула** вы тем самым разорвете связь.

Чтобы оперативно определить, какие связи имеет та или иная переменная, достаточно выделить ее в дереве и перейти на страницу свойств **Список связей**. На данной странице отображаются как прямые связи, так и косвенные.

Создание связей в проекте - очень важная задача, и, самое главное, решая ее, не допустить ошибок! MasterSCADA позволяет «перетаскивать» переменную в дереве объектов из дерева системы несколько раз. На первый взгляд, это может показаться разработчику удобным, но правильно ли это? Давайте разберем ситуацию: проект

готов к внедрению. Но в момент пусконаладки отказывает какой-либо модуль ввода-вывода. Экстренно производится замена, но вместо используемого модуля устанавливают сходный по свойствам прибор другого производителя. Это повлечет за собой смену конфигурации ОПС-сервера и, как следствие, изменение дерева системы. Если каждая переменная дерева системы будет связана с несколькими переменными дерева объектов, то для того чтобы восстановить проект, потребуется значительно больше времени.

Важно! Связь между переменной дерева Системы и переменной дерева Объектов должна быть только одна! Внутри объектов ограничений по связям нет.

При копировании, вставке из палитры переменных или объектов, в случае если они имеют внешние связи, то автоматически появится окно восстановления связей.

Основа построения логики контроля и управления в MasterSCADA - это передача данных по связям между переменными. Например, от аналогового входа модуля (дерево системы), к которому подключен физический датчик уровня в баке, значение передается в блок первичной обработки параметра, принадлежащий объекту **«Бак»** (дерево объекта), а от этого блока в документы данного объекта (мнемосхему, тренд, журнал сообщений и т. п.).

Еще раз обратим внимание, что для успешной разработки каждого проекта очень важно как можно быстрее понять, какие связи являются устойчивыми, а какие могут меняться в процесс разработки или модификации проекта.

Вернемся к нашему примеру. Значение уровня необходимо отображать на мнемосхеме бака, а при его выходе за установленные

границы формировать сообщения. Отсюда следует, что все вышеперечисленное должно принадлежать объекту **«Бак»**. А вот источник сигнала в виде аналогового входа модуля может меняться - сейчас мы подключились к одному входу, а при его неисправности можем «перекинуть концы» от физического датчика уровня и на соседний свободный вход. Отсюда вывод, что такая связь является внешней и должна легко устанавливаться в одном единственном месте. Если бы мы связали сигнал от аналогового входа модуля отдельно с каждой обработкой или документом, где он используется, то процедура замены стала бы трудоемкой. Но мы сделаем в рамках объекта одну единственную переменную **«Уровень»**, которая и будет отвечать за связь с реальным источником сигнала, а остальные его потребители получат значение уже от нее. Тем самым замена сигнала, используемого во многих обработках или документах, сведется к замене единственной связи, если мы изначально правильно сгруппировали объекты и переменные.

Базовые документы объектов

На страницах учебника неоднократно говорилось, что для каждого объекта можно создавать мнемосхемы (графические окна), тренды, журналы сообщений, отчеты (рапорты). В дальнейшем мы отдельно подробнее поговорим про каждый документ. Цель этого раздела - дать вам общий обзор. MasterSCADA имеет, как predetermined types of documents, так и возможность создавать на базе некоторых из них (мнемосхем, журналов сообщений) типизированные новые виды окон пользовательского интерфейса.

Начнем с графических окон. Поскольку в реальных проектах одному и тому же объекту необходимо для разных целей иметь

несколько графических окон (мнемосхему, окно управления, окно настроек и т.п.), программа предоставляет возможность их типизации в рамках проекта. На странице свойств **Окна** корневого узла дерева системы (Рисунок 2-12) определяются полный список типов графических документов и их базовые настройки: размер по умолчанию (задается в пикселях), способы открытия и отображения окна в режиме исполнения.

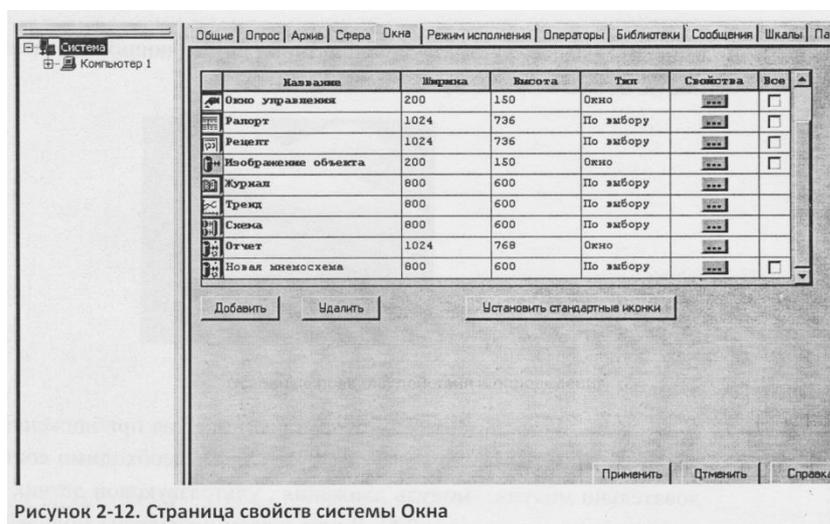


Рисунок 2-12. Страница свойств системы Окна

Когда мы захотим сделать графическое окно для конкретного объекта, то на его странице свойств **Окна** мы сможем выбрать нужный (по свойствам - размеру, способу вызова и отображения) тип окна. Изначально, для примера задано несколько типов. Это, разумеется, **Мнемосхема**, а также **Окно объекта**, **Окноуправления** и др. документы, список

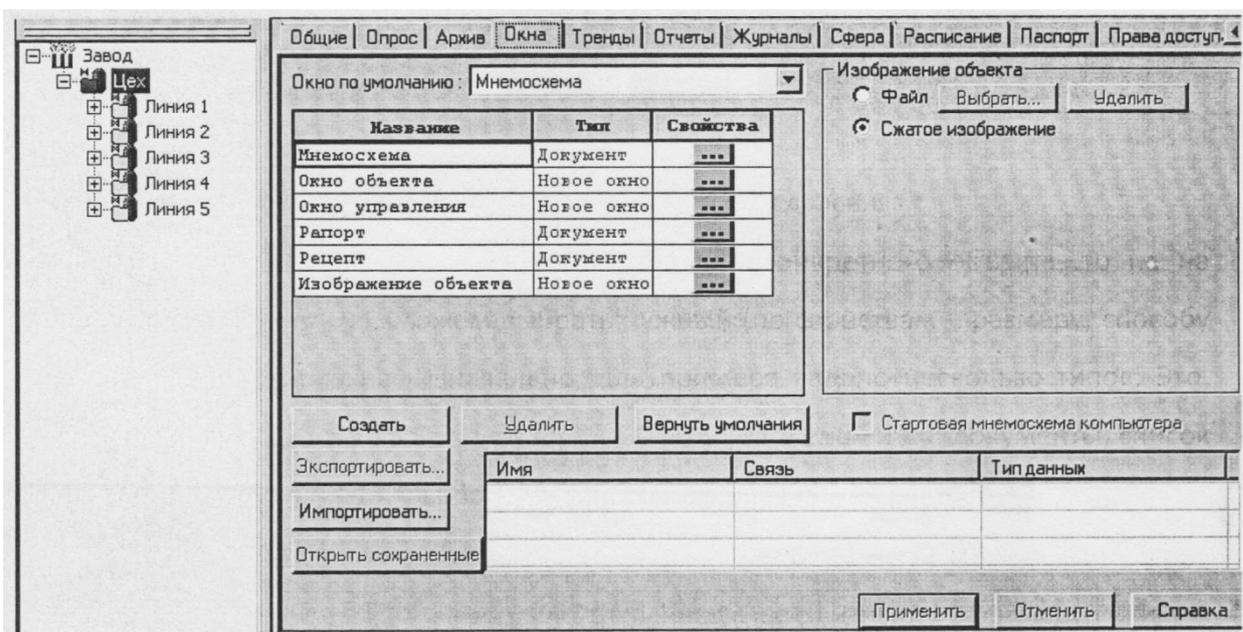


Рисунок 2-13. Страница свойств объекта Окна

Наиболее часто разработчик начинает с создания мнемосхемы. Итак, чтобы создать мнемосхему объекта, необходимо перейти на страницу свойств Окна, выделить ЛК в таблице нужный документ и нажать кнопку **Создать**. Если мнемосхема уже была создана ранее, то, чтобы ее открыть, нажмите кнопку **Редактировать**.

Интерфейс изменился (Рисунок 2-14) - по-прежнему видны два дерева, но вместо страниц свойств появилось белое поле, на котором и будет создаваться картинка мнемосхемы, над этим полем появилась дополнительная панель инструментов, а справа показались пять вспомогательных панелей: **Элементы, Входы, Выходы, Палитр», Свойства**.

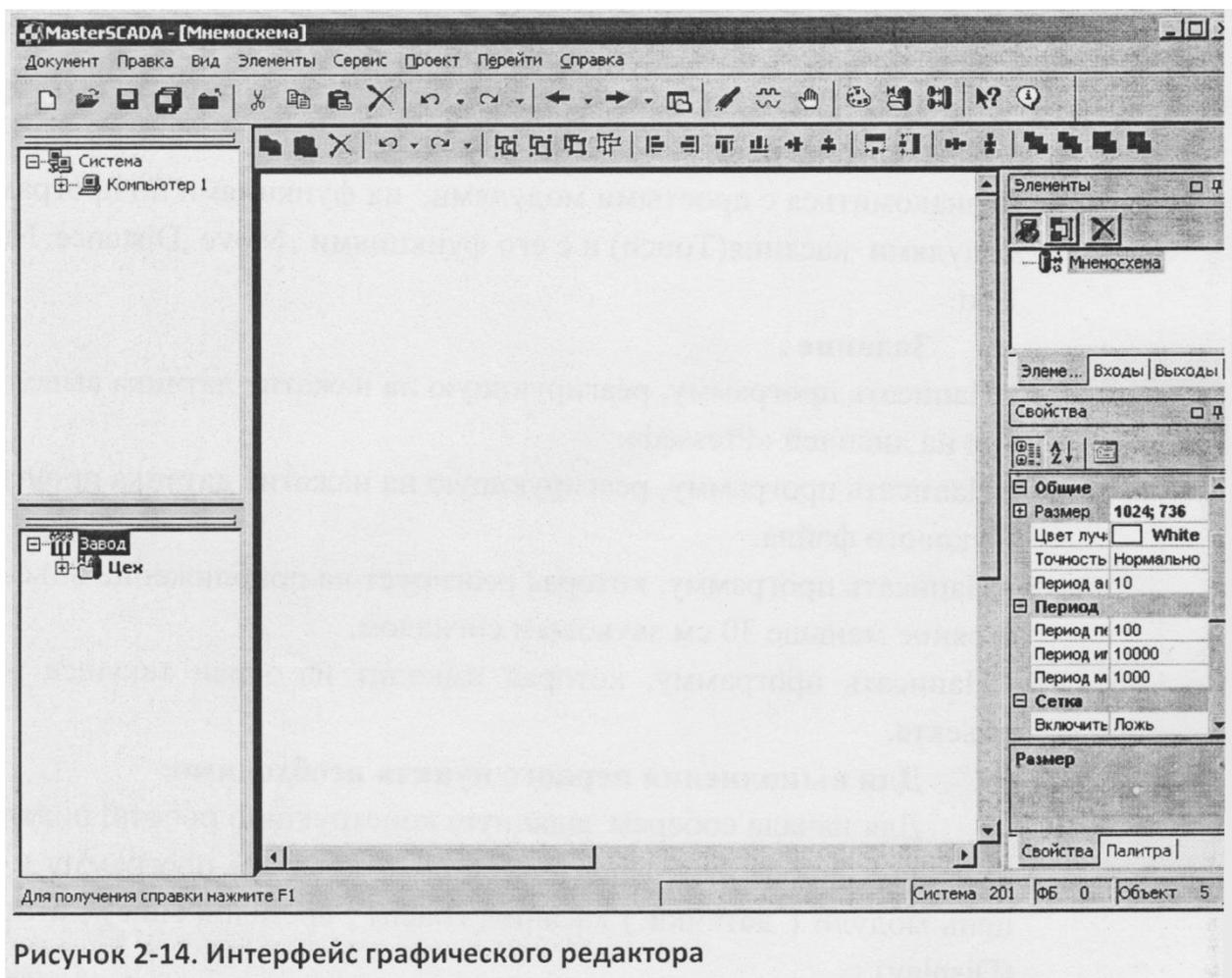


Рисунок 2-14. Интерфейс графического редактора

Особенность взаимодействия графредактора с менеджером проектов заключается в том, что в большинстве случаев для создания динамической картинка-мнемосхемы достаточно перетащить в поле редактора элементы проекта: переменные, ВФБ, объекты. Если выполнить перенос из дерева на мнемосхему ЛК, то тогда элемент примет вид по умолчанию. Если правой кнопкой мыши, то в зависимости от типа элемента MasterSCADA предложит выбор графического отображения. Никакой настройки после перетаскивания не требуется.

Чтобы создать полноценную мнемосхему с изображением объекта и сколь угодно сложными способами динамизации поведения элементов изображения в зависимости от изменения значения

переменных воспользуемся панелью графического редактора **Палитра** и средствами динамизации любых свойств элементов мнемосхемы. Но подробнее об этом в дальнейшем.

Вернемся к вопросу типизации документов системы. Рассмотрим теперь журнал сообщений. Если посмотреть на список типов журналов на одноименной странице корневого узла дерева системы, где уже есть полный журнал, журналы активных и неактивных сообщений, то может показаться, что их достаточно, но фантазия заказчиков автоматизированных систем неисчерпаема, поэтому возможность создать еще несколько типов по его вкусам никогда не будет лишним. А отличие нового типа будет прежде всего в том, какие сообщения попадут в этот журнал, а какие пролетят мимо. Создав новый тип, в дальнейшем, как и в случае с новым типом окна, мы сможем использовать его в любом объекте. Как не сложно догадаться, чтобы создать для объекта журнал сообщений нужного типа, нужно перейти на страницу свойств объекта Журналы, выбрать тип и нажать кнопку **Создать**. По большому счету, никаких дополнительных настроек можно больше не делать. В режиме исполнения в этот журнал будут попадать сообщения, удовлетворяющие условиям фильтрации заданным нами для данного типа журналов.

Важно! Журналы также существуют у Системы и Компьютера. В эти журналы будет попадать информация со всех объектов. Они создаются автоматически, в отличие от журналов объектов.

Рассмотрим еще один тип документов - тренды или графики параметров.

Чтобы создать такой график необходимо на странице свойств объекта **Тренды** нажать кнопку **Добавить** и перетащить в открывшееся поле тренда нужные переменные. Для трендов нет пользовательской типизации - только предустановленные уровни сложности. Но каждый отдельный тренд можно подогнать «под себя», выбрав **Продвинутый** уровень, на котором доступно использование всех настроек, позволяющих полностью преобразовать внешний вид и функциональность тренда.

Важно! Тренды, журналы и таблицы значений за период времени - это взаимосвязанные виды документов, которые имеют возможность синхронизированного просмотра, взаимного переключения и другого взаимодействия, основанного на доступе к сохраненным данным за прошедшее время.

Современные системы автоматизации, не говоря уже об учете ресурсов, не обходятся без такого типа документов, как отчет. Для создания отчетов можно воспользоваться, как встроенным редактором отчетов MasterSCADA , так и **MS Excel**. В этом можно убедиться на странице свойств

объекта **Отчеты**. Возможности встроенного генератора отчетов MasterSCADA не уступают ведущим специализированным продуктам этого назначения, поэтому при постановке задачи можно не задумываться о возможности ее решить - не сомневайтесь, что средства для этого вполне достаточны.

Важно! Тренды, Отчеты, Журналы в MasterSCADA это средства просмотра архивных данных в удобном для пользователя виде. Чтобы они отображали информацию, необходимо убедиться, что установлены корректные значения параметров архивирования на страницах свойств «Архив» проекта.



Про создание различных документов можно говорить бесконечно, потому что количество создаваемых форм не ограничено, но все же в дальнейшем мы постараемся раскрыть все тайны графического редактора, модуля для создания трендов и журналов и, конечно же, редактора отчетов.

Помимо базовых документов, создаваемых встраиваемыми редакторами MasterSCADA, объекты могут иметь и другие документы, для работы с которыми используются программы других производителей, открывающиеся в интерфейсе MasterSCADA наравне с ее собственными редакторами (для этого они должны соответствовать программным спецификациям OLE Document). Например, оператор может просмотреть паспорт оборудования в формате **Adobe Acrobat**, чертеж в **Autocad**, схему в **Visio**, сделать заметки в **Word**, просмотреть пошаговую инструкцию, разработанную в **PowerPoint**. Причем для этого не потребуется знать имя файла или место хранения документа - все они будут привязаны к объектам по своим типам. Для такой привязки необходимо сначала подключить внешние программы к системе, для чего воспользоваться пунктом главного меню **Сервис/Организатор/ Документов...** и определить типовые названия для документов подключаемых программ - например, назвать документ **Autocad «Чертежом»**. Далее на страницах свойств объектов **Другие** вы получите возможность создавать и подключать к объекту документы тех типов, которые вы определили, а вызывать эти документы в режиме исполнения оператор сможет с помощью всего арсенала средств вызова документов в MasterSCADA.

Запуск режима исполнения

Создание проекта, дело конечно интересное, но ничто не вдохновляет инженера так, как вид собственного творения в работающем виде. Насладиться проделанной работой можно в режиме исполнения MasterSCADA, а заодно и отладить разработанный проект, прежде чем запустить его в рабочем режиме контроля и управления технологическим процессом. Режимом исполнена называют состояние, когда проект, который вы создали, начинает работать, используя созданную структуру и настройки для интерпретирующих их программных модулей MasterSCADA.

В MasterSCADA различают три типа режима исполнения: **Отладка, Имитация, Пуск.**

В процессе разработки наиболее часто используется режим **Отладки.** Он позволяет запустить программу на исполнение максимально быстро на любом этапе создания проекта. При старте не требуется идентификации оператора. Проект запускается полностью на одном компьютере, даже в случаях, когда предполагается сложная распределённая архитектура. Этим режимом можно воспользоваться только из среды разработки. Наиболее часто для запуска проекта из DT используют панель инструментов. Для запуска режима **Отладка** необходимо нажать на иконку  .

Рабочий режим исполнения проекта называется **Пуск**, для его запуска из среды разработки используйте иконку  . При запуске потребуется инициализация оператора. Этот режим необходимо запускать на всех компьютерах системы. Программа производит реальный опрос и формирование команд. Режим **Пуск** можно запустить и минуя среду разработки, например, создав ярлык на

рабочем столе, из командной строки (команды **Выполнить** среды **Windows**) или заранее сформировав командный файл **Windows**. В строке запуска нужно прописать путь к файлу запуска MasterSCADA (**MasterSCADA.exe**) и путь к исполняемому файлу проекта (**[Имя проекта].vav**). Синтаксис команды будет таким: **<путь к MasterSCADA.exeхпуть к файлу проектапараметры>**¹⁰. Если необходимо запускать проект на исполнение сразу же после загрузки компьютера, то нужно ярлык поместить в группу автозапуска (**Пуск/Все программы/Автозагрузка**)

Режим **Имитация** (иконка ) используется в ситуациях, когда проект уже практически создан, но есть еще ряд незадействованных связей. Он запускается только из среды разработки и полностью подобен режиму **Пуск**, за исключением того, что все «оборванные» связи заменяются имитационными сигналами. Вид сигнала будет зависеть от типа переменной и выбора закона имитации (по умолчанию предлагается синусоида для аналогового сигнала и пульсатор для дискретного).

Интерфейс MasterSCADA в режиме исполнения будет зависеть от выбранного режима, а также от настроек проекта.

¹⁰Со списком возможных параметров можно ознакомиться в разделе справочной системы «Работа в режиме исполнения/Запуск проекта из командной строки»

В режиме **Отладка** вы увидите деревья MasterSCADA и страницы СВОЙСТВ. Рядом с деревьями появится колонка, в которой можно отследить изменения переменной, значения переменных будет отображаться напротив названия переменной (Рисунок 2-15). Кликнув ЛК, вы сможете задать любое значение любой переменной. В процессе

создания проекта это допустимо, т. к. позволяет например, посмотреть вид параметра в режиме исполнения на мнемосхеме или посмотреть, как работают формулы расчетов.

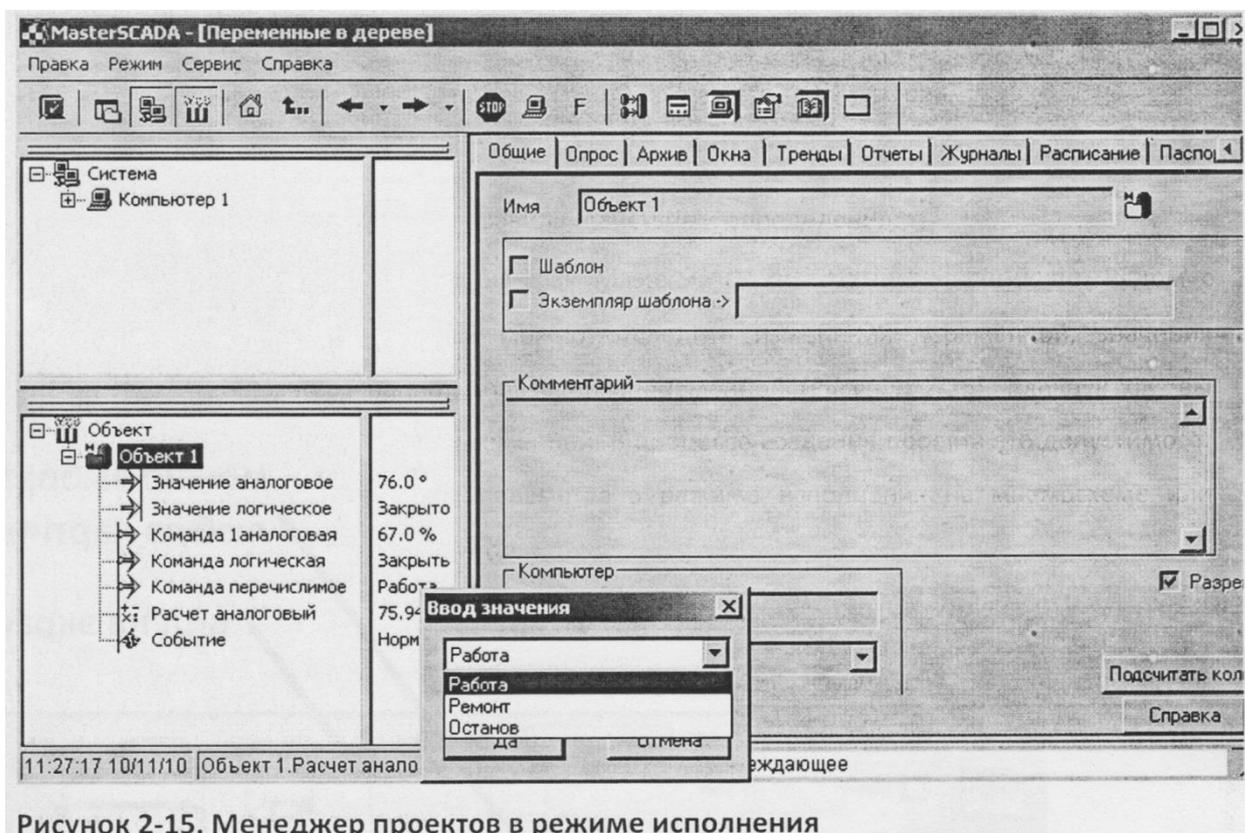


Рисунок 2-15. Менеджер проектов в режиме исполнения

Важно! В режиме исполнения колонка со значениями переменных перерисовывается не чаще, чем раз в секунду. Поэтому отследить реальное значение, а также скорость изменения переменной в данном поле нельзя. Самую точную информацию о периоде изменения переменной, значениях, которые были при каждом изменении за последние несколько минут, и о ее признаке качества можно получить на странице свойств «Данные выхода»

Переход к любым документам объектов можно осуществлять через контекстное меню или страницы свойств.

Интерфейс после старта режимов **Пуск** и **Имитация** будет зависеть от тех настроек, которые вы сделали на странице свойств системы или компьютера **Режим исполнения** (Рисунок 2-16).

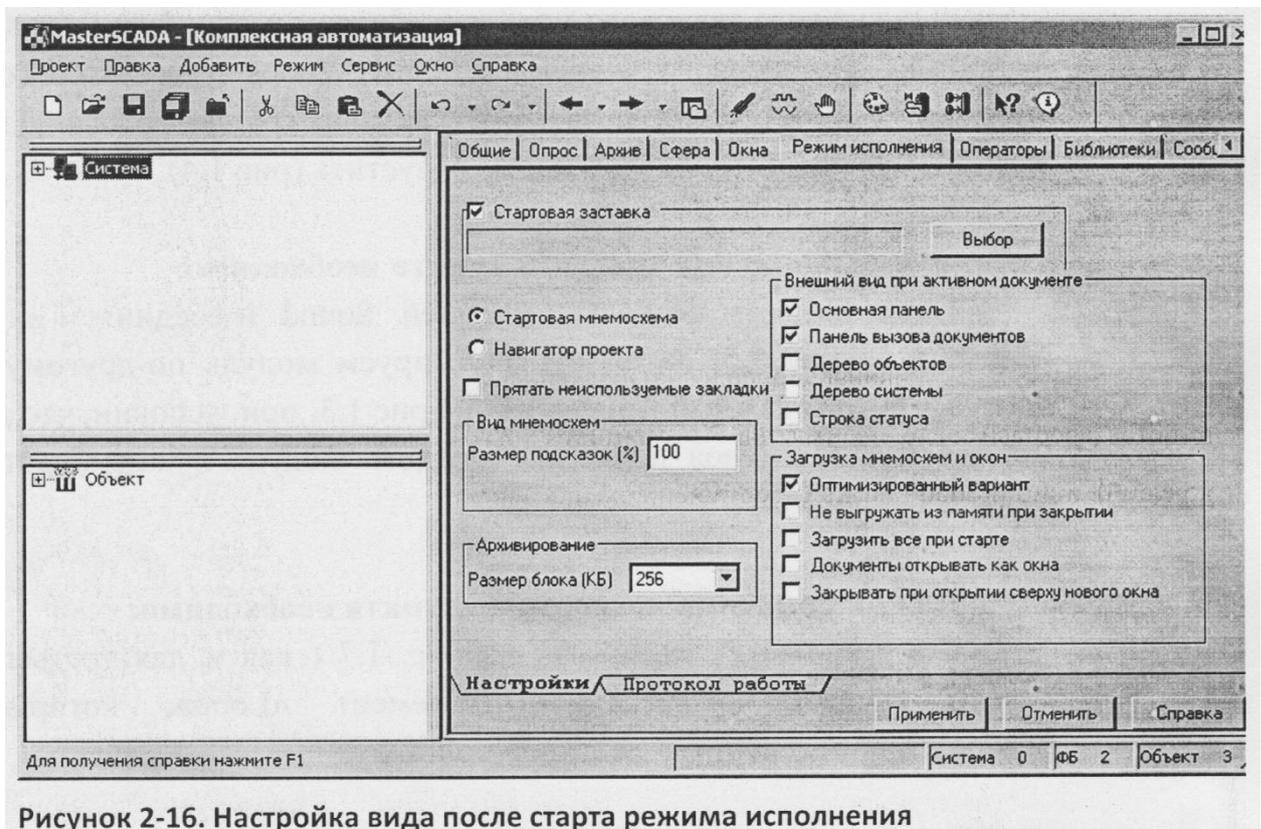


Рисунок 2-16. Настройка вида после старта режима исполнения

Как правило, для старта используют вариант с отображением стартовой мнемосхемы, которая может быть индивидуальной для каждого компьютера в системе. Эта мнемосхема загрузится сразу же после запуска системы на исполнение. Хотя возможен и такой же вид после старта, как и в режиме **Отладка**. Однако, этот интерфейс может быть небезопасным, так как оператор сможет изменить через деревья значения переменных, а также увидят все внутреннее

содержание проекта. Обычно такой вариант запуска используют только для пуско-наладчика или инженера, обслуживающего систему.

В любом из режимов, даже, получив доступ к содержимому проекта, его можно только просматривать без изменения - нельзя изменять формулы расчетов, добавлять или удалять переменные, изменять периоды опросов объектов, ОРС-серверов и т. п. поэтому страницы свойств в режиме исполнения не активны, палитра функциональных блоков в режиме исполнения не отображается.

Стартовую мнемосхему компьютера можно создать специально на его собственной странице **Окна**, но чаще в качестве стартовой назначают одну из мнемосхем объектов, которые принадлежат данному компьютеру.

Очень важным для работы в режиме исполнения является способ навигации по проекту, то есть способ вызова его документов. Для этого есть как системные возможности, так и кнопки вызова, созданные пользователем на мнемосхемах в соответствии с собственной логикой. Но об этом мы поговорим подробнее позже.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ 3.6.4. ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ АСМ

ВОПРОСЫ

1. Автоматизированное моделирование и расчет надежности программно-логического контроллера АСУТП.
2. Автоматизированное моделирование и расчет безопасности заправочной операции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизированное структурно-логическое моделирование и расчет надежности и безопасности АСУ ТП и оборудования на стадии проектирования. СПб., 2003.

1. Автоматизированное моделирование и расчет надежности программно-логического контроллера АСУТП

Этап 1. Постановка задачи и построение СФЦ

Первичное описание структуры рассматриваемого в Примере 1 программно-логического контроллера (ПЛК) выполнено с помощью структурно-функциональной схемы, изображенной на рис.3.

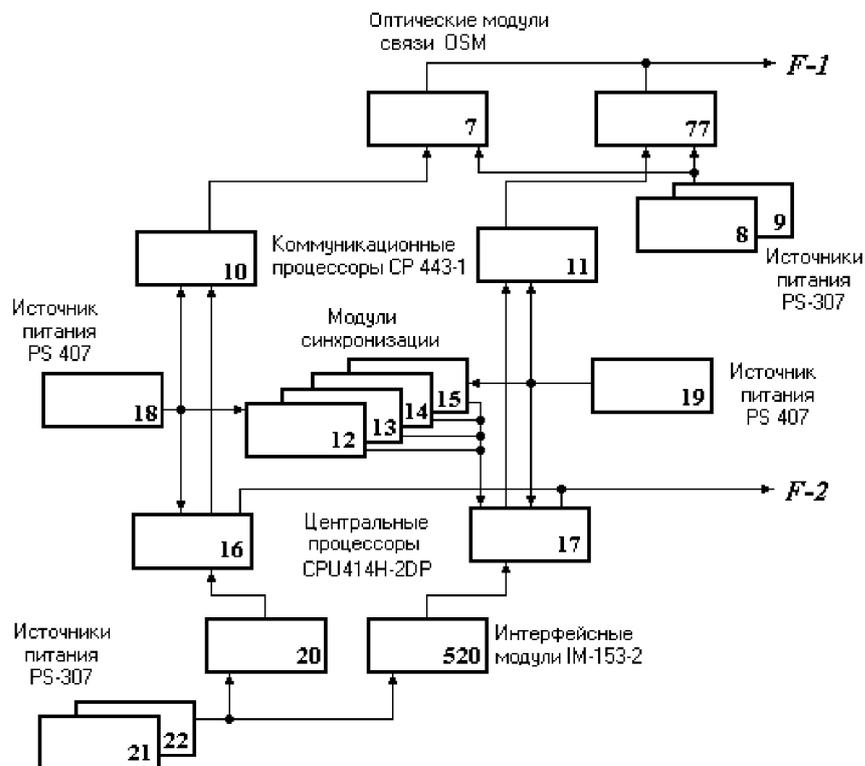


Рис.3. Функциональная схема ПЛК

В табл.1 приведен перечень всех элементов ПЛК и заданны параметры их надежности.

Таблица 1

Параметры надежности элементов ПЛК

№	Тип элемента	Обознач. на схеме	Кол-во	T_{oi} (год)	T_{ei} (час)
1	Интерфейсный модуль IM 153-2	20, 250	2	47.60	2
2	Центральный процессор CPU414H-2DP	16,17	2	14.70	4
3	Коммуникационный процессор CP 443-1	10,11	2	20.60	3
4	Оптический модуль связи OSM	7, 77	2	33.60	4
5	Модуль синхронизации	12,13,14,15	4	150.00	2
6	Источник питания PS 307	8,9,21,22	4	148.00	0.5
7	Источник питания PS 407	18, 19	2	71.50	0.5

Параметрами надежности элементов, заданными в табл.1, являются: T_{oi} — средняя наработка элемента до отказа в годах; T_{ei} — среднее время восстановления элемента в часах.

В дополнение к функциональной схеме, приведенной на рис.3, сформулированы описания логических условий реализации элементами ПЛК их выходных функций. Эти данные позволяют осуществить последовательное построение СФЦ ПЛК, основные этапы которого представлены на рис. 4.

а) Основные функции контроллера реализуются с помощью четырех элементов - интерфейсного модуля 20, центрального процессора 16, коммуникационного процессора 10 и оптического модуля связи 7. На рис.4.а эти элементы представлены функциональными вершинами $i = 20, 16, 10$ и 7 разрабатываемой СФЦ. Эти вершины обозначают в СФЦ события (состояния) безотказной работы X_{20}, X_{16}, X_{10} и X_7 соответствующих элементов контроллера.

б) Основные элементы контроллера имеют следующие логические условия реализации выходных функций в системе. Оптический модуль связи 7 реализует свою функцию Y_7

если, во-первых, сам не отказал (x_7), и, во-вторых, если его работа обеспечивается

выходной функцией y_{10} коммуникационного процессора 10. В свою очередь, функция y_{10} определяется собственной работоспособностью коммуникационного процессора x_{10} , а также выходной функцией y_{16} центрального процессора 17. Тот, в свою очередь, обеспечивается функцией y_{20} интерфейсного модуля 20. Эта последовательность функционального подчинения представлена графически в СФЦ на рис.4.б.

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

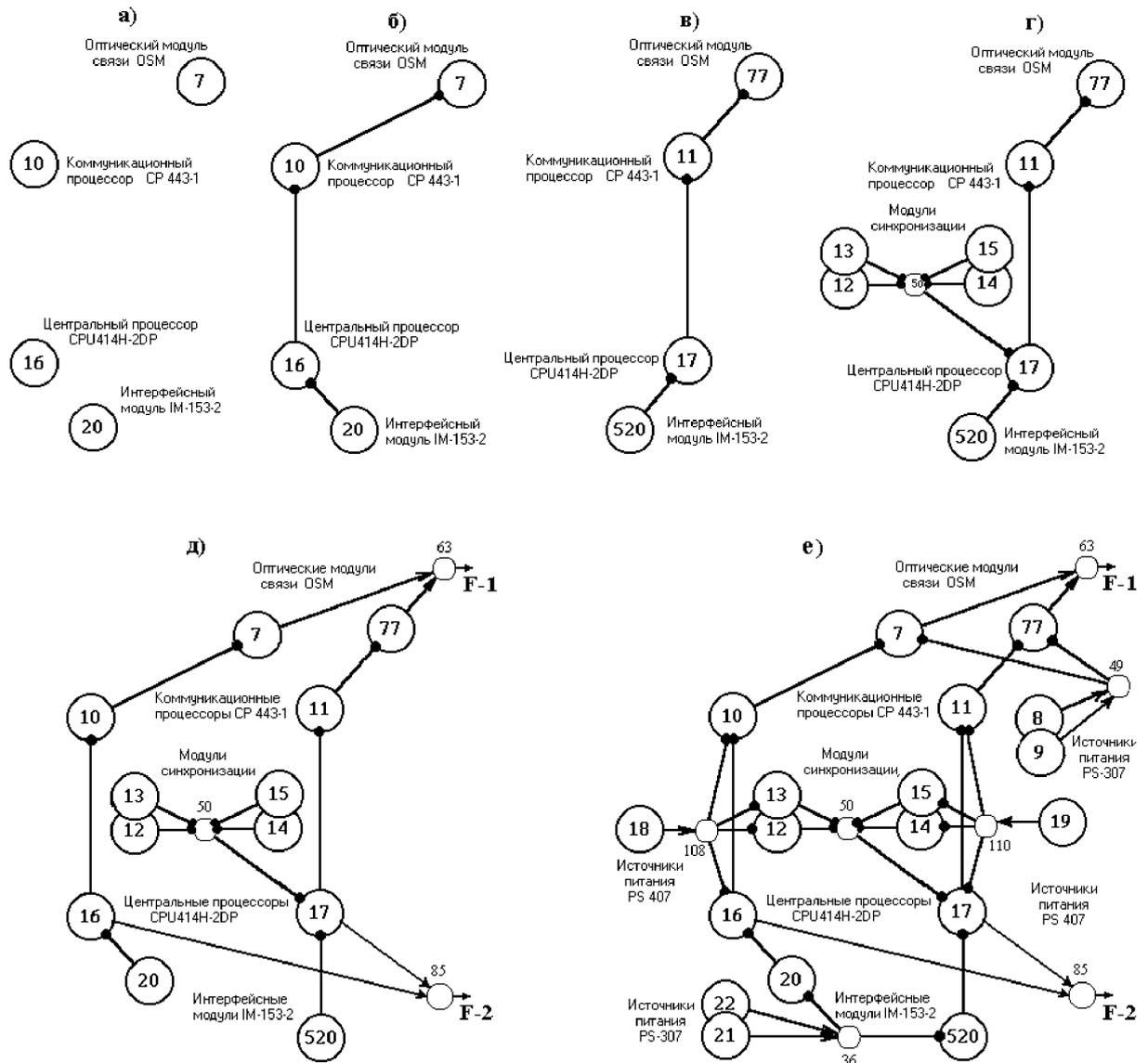


Рис.4. Этапы построения схемы функциональной целостности ПЛК

в) Для увеличения надежности в контроллере реализовано групповое резервирование главной последовательности элементов (см рис.4.б) резервной последовательностью (см. рис.4.в) с элементами 520, 17, 11 и 77 соответственно (см. также рис.1). Логические условия функционирования элементов резервной последовательности в

системе аналогичны уже рассмотренным условиям работы основных элементов. На рис.4.в изображен фрагмент СФЦ резервной группы элементов контроллера.

г) Согласованная работа резервной группы элементов контроллера обеспечивается непрерывной безотказной работой одновременно четырех модулей синхронизации 12, 13, 14, и 17. Непосредственное обеспечение синхронизации работы резервной цепи осуществляется в контроллере через центральный процессор 17 (см. рис.3). В СФЦ условие безотказной работы одновременно всех модулей синхронизации представлено на рис.4.г с помощью четырех конъюнктивных дуг (заканчиваются точками), заходящих в фиктивную вершину с номером 50. Конъюнктивная дуга из фиктивной вершины 50 в функциональную вершину 17 представляет условие синхронизации работы резервного центрального процессора 17 и, следовательно, всей резервной цепи элементов контроллера.

д) Контроллер реализует две выходные функции. Функция $F-1$ управления технологическими процессами реализуется при условии функционирования хотя бы одного из двух оптических модулей связи 7 (основной режим) или 77 (резервный режим). Функция $F-2$ управления противоаварийной защитой реализуется при функционировании хотя бы одного из двух центральных процессоров 16 (основной режим) или 17 (резервный режим). Эти условия реализации контроллером своих функций представлены в СФЦ на рис.4, д. с помощью двух дизъюнктивных дуг (заканчиваются стрелками) представляют реализованные в контроллере возможности основного и резервного режимов работы.

е) Для обеспечения гарантированного питания в ПЛК реализовано групповое и поэлементное дублирование трех независимых групп источников питания (см. рис. 3 и рис. 4,е):

383. коммуникационные процессоры и модули синхронизации основной (16, 10, 12, 13) и резервной (17, 11, 14, 15) цепей элементов контроллера обеспечиваются отдельными источниками автономного питания 18 и 19 типа PS-407;

384. интерфейсные модули 20 и 520 обеспечиваются питанием от двух дублированных источников 8 и 9 типа PS-307;

385. оптические модули связи 7 и 77 обеспечиваются питанием от двух других дублированных источников 21 и 22 типа PS-307.

Сформулированные условия обеспечения питанием элементов контроллера представлены в СФЦ с помощью фиктивных вершин 108, 110, 49 и 37. Заходящие в них дизъюнктивные дуги обозначают режимы нагруженного резервирования источников питания. Исходящие из этих вершин конъюнктивные дуги охватывают те элементы контроллера, которые обеспечиваются питанием от соответствующих источников.

Окончательный вариант СФЦ контроллера изображен на рис.4, е. Логическими критериями функционирования контроллера являются:

$$Y_{F-1} = y_{63} - \text{условие реализации функции } F-1 \text{ управления} \quad (11)$$

технологическими процессами;

$$Y_{F-2} = y_{85} - \text{условие реализации функции } F-2 \text{ управления} \quad (12)$$

автоматической противоаварийной защитой (ПАЗ).

Этап 2. Применение ПК АСМ для оценки надежности и безопасности ПЛК

2.1. Моделирование и расчет показателей надежности ПЛК

После завершения подготовки исходных данных, они вводятся в ПК АСМ. На рис.5 изображено типовое окно подготовки и ввода графа СФЦ и параметров надежности элементов (см. табл.1) рассматриваемого ПЛК.

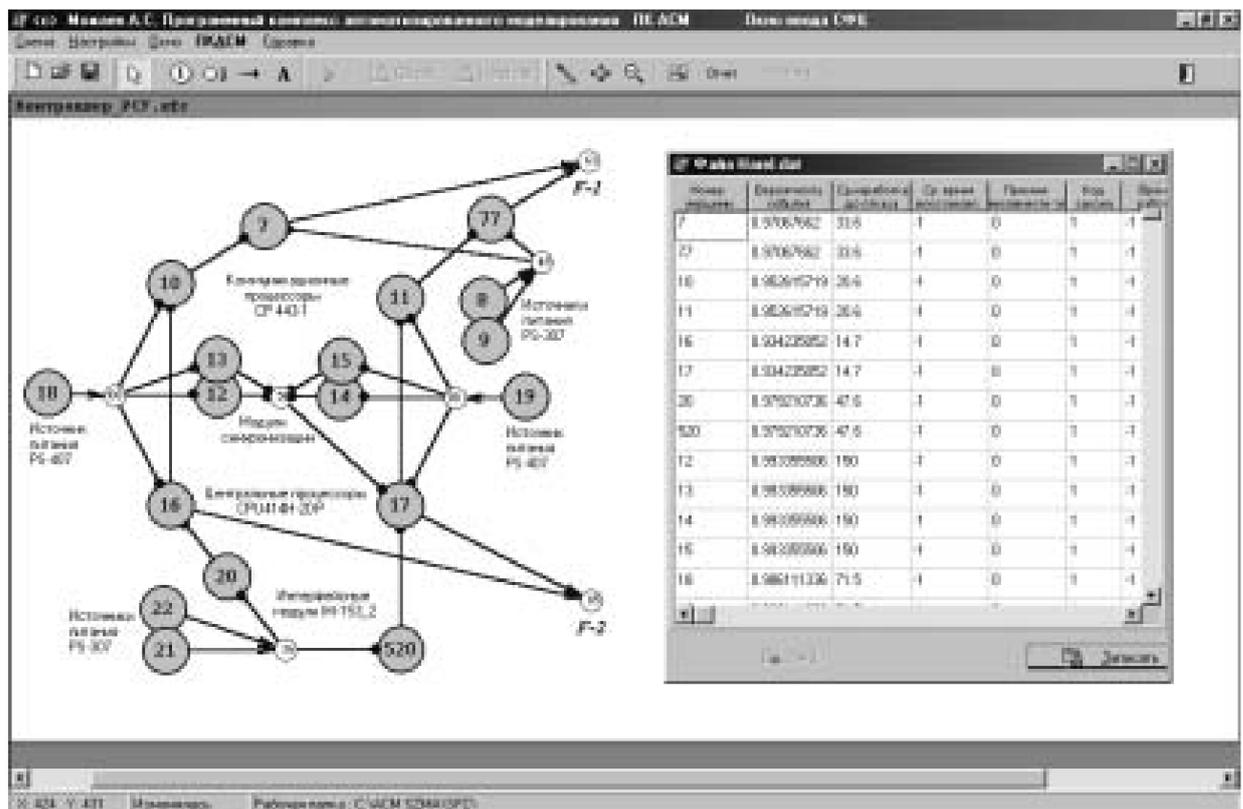


Рис.5. Окно ввода исходных данных типового ПК АСМ

После ввода в ПК АСМ графа СФЦ и параметров элементов все последующие этапы моделирования и расчетов показателей надежности выполняются автоматически. На рис.6 изображено типовое окно автоматизированного моделирования и расчетов ПК АСМ.

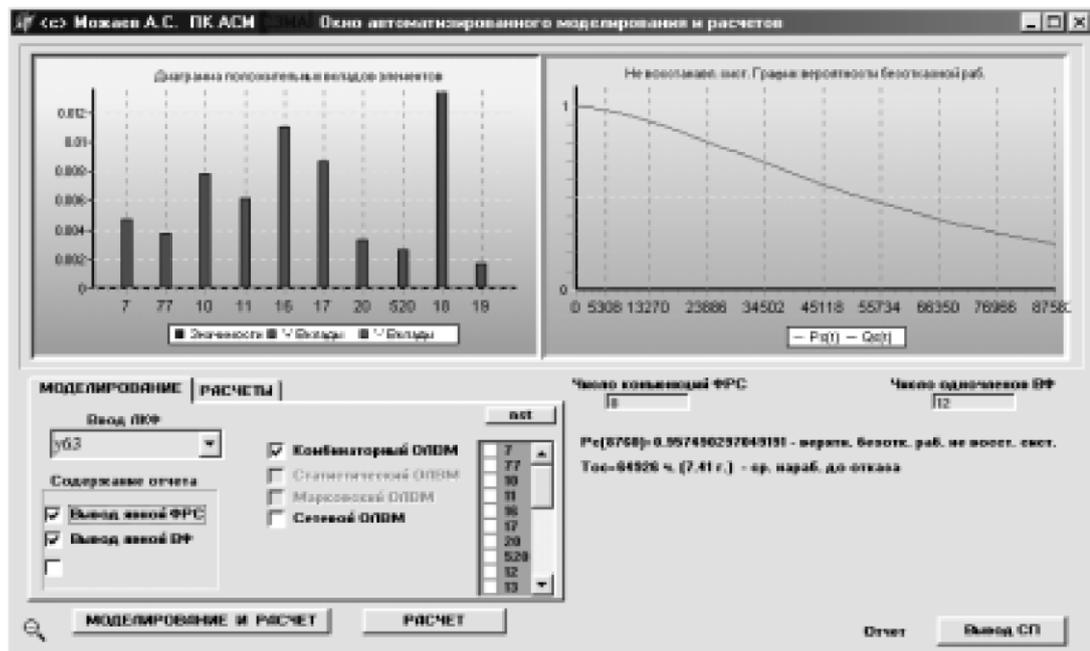


Рис.6. Окно моделирования и расчетов ПК АСМ

В окне на рис.6 приведены основные результаты моделирования надежности ПЛК по критерию (11) $Y_{F-1} = y_{63}$ - реализации функции F-1

Полные результаты автоматизированного моделирования и расчетов показателей надежности ПЛК составляют:

1) Логическая функция работоспособности ПЛК по $F-I$, которая включает 8 конъюнкций (кратчайших путей успешного функционирования)

$$\begin{aligned}
 Y_{F-1} = y_{63} = & x_7 \cdot x_{10} \cdot x_{16} \cdot x_{20} \cdot x_{18} \cdot x_8 \cdot x_{22} \vee \\
 & \vee x_7 \cdot x_{10} \cdot x_{16} \cdot x_{20} \cdot x_{18} \cdot x_9 \cdot x_{22} \vee \\
 & \vee x_7 \cdot x_{10} \cdot x_{16} \cdot x_{20} \cdot x_{18} \cdot x_8 \cdot x_{21} \vee \\
 & \vee x_7 \cdot x_{10} \cdot x_{16} \cdot x_{20} \cdot x_{18} \cdot x_9 \cdot x_{21} \vee \\
 & \vee x_{77} \cdot x_{11} \cdot x_{17} \cdot x_{520} \cdot x_{12} \cdot x_{13} \cdot x_{14} \cdot x_{15} \cdot x_{18} \cdot x_{19} \cdot x_8 \cdot x_{22} \vee \\
 & \vee x_{77} \cdot x_{11} \cdot x_{17} \cdot x_{520} \cdot x_{12} \cdot x_{13} \cdot x_{14} \cdot x_{15} \cdot x_{18} \cdot x_{19} \cdot x_9 \cdot x_{22} \vee \\
 & \vee x_{77} \cdot x_{11} \cdot x_{17} \cdot x_{520} \cdot x_{12} \cdot x_{13} \cdot x_{14} \cdot x_{15} \cdot x_{18} \cdot x_{19} \cdot x_8 \cdot x_{21} \vee \\
 & \vee x_{77} \cdot x_{11} \cdot x_{17} \cdot x_{520} \cdot x_{12} \cdot x_{13} \cdot x_{14} \cdot x_{15} \cdot x_{18} \cdot x_{19} \cdot x_9 \cdot x_{21}
 \end{aligned} \tag{13}$$

Логическая ФРС (13) получена в ПК АСМ на основе преобразования СФЦ, изображенной на рис.5, по ЛКФ (11) с помощью специального универсального графоаналитического метода, алгоритма и программы логического моделирования, разработанных в ОЛВМ.

2) Многочлен расчетной вероятностной функции безотказности управления технологическими процессами, который состоит из 12 одночленов.

$$\begin{aligned}
 P_{F-1}(t) = & p_{77} p_{11} p_{17} p_{520} p_{12} p_{13} p_{14} p_{15} p_{18} p_{19} q_8 p_9 q_{22} p_{21} + \\
 & + p_7 p_{10} p_{16} p_{20} p_{18} q_8 p_9 q_{22} p_{21} + \\
 & + p_{77} p_{11} p_{17} p_{520} p_{12} p_{13} p_{14} p_{15} p_{18} p_{19} q_8 p_9 p_{22} + \\
 & + p_{77} p_{11} p_{17} p_{520} p_{12} p_{13} p_{14} p_{15} p_{18} p_{19} p_8 q_{22} p_{21} + \\
 & + p_7 p_{10} p_{16} p_{20} p_{18} q_8 p_9 p_{22} + \\
 & + p_7 p_{10} p_{16} p_{20} p_{18} p_8 p_9 q_{22} p_{21} + \\
 & + p_{77} p_{11} p_{17} p_{520} p_{12} p_{13} p_{14} p_{15} p_{18} p_{19} p_8 p_{22} + \\
 & + p_7 p_{10} p_{16} p_{20} p_{18} p_8 p_{22} - \\
 & - p_7 p_{77} p_{10} p_{11} p_{16} p_{17} p_{20} p_{520} p_{12} p_{13} p_{14} p_{15} p_{18} p_{19} p_8 p_{22} - \\
 & - p_7 p_{77} p_{10} p_{11} p_{16} p_{17} p_{20} p_{520} p_{12} p_{13} p_{14} p_{15} p_{18} p_{19} p_8 q_{22} p_{21} - \\
 & - p_7 p_{77} p_{10} p_{11} p_{16} p_{17} p_{20} p_{520} p_{12} p_{13} p_{14} p_{15} p_{18} p_{19} q_8 p_9 p_{22} - \\
 & - p_7 p_{77} p_{10} p_{11} p_{16} p_{17} p_{20} p_{520} p_{12} p_{13} p_{14} p_{15} p_{18} p_{19} q_8 p_9 q_{22} p_{21}
 \end{aligned} \tag{14}$$

Многочлен (14) получен в ПК АСМ на основе специального комбинированного метода, алгоритма и программы преобразования ФРС (13).

3) Все параметры $p_i = p_i(t)$, подставляемые в многочлен (14) являются функциями времени. Значение $t = 1 год = 8760 час.$ одинаковое для всех параметров и составляет заданное время работы всего ПЛК (наработку). Результаты расчетов показателей надежности

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

невосстанавливаемого ПЛК по функции $F-1$ управления технологическими процессами, составляют:

$$\begin{aligned} P_{F-1}(1z) &= 0.958 - \text{вероятность безотказной работы контроллера по } F-1; \\ T_{oF-1} &= 7.41 \text{ год.} - \text{средняя наработка до отказа по } F-1; \end{aligned} \quad (15)$$

В верхней части рис.6 приведены диаграмма положительных вкладов отдельных элементов контроллера в надежности реализации функции $F-1$ и график закона распределения времени безотказной работы.

4) Результаты расчетов показателей надежности восстанавливаемого контроллера, по функции $F-1$ управления технологическими процессами, полученные в ПК АСМ на основе ВФ (14) с учетом среднего времени восстановления каждого элемента (см. табл.1 столбец T_{Bi}) составили:

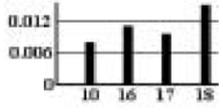
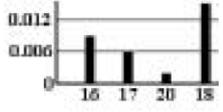
$$\begin{aligned} KГ_{F-1} &= 0.99999839 - \text{коэффициент готовности}; \\ T_{HOF-1} &= 71.37 \text{ г.} - \text{средняя наработка на отказ}; \\ T_{BF-1} &= 1 \text{ ч.} - \text{среднее время восстановления}; \\ P_{BF-1}(1z) &= 0.986. - \text{вероятность безотказной работы}. \end{aligned} \quad (16)$$

Автоматическое моделирование и расчет показателей надежности контроллера по функции $F-2$ управления противоаварийной защитой выполняется по аналогичной методике на основе критерия (12) $Y_{F-2} = y_{85}$.

Общие результаты моделирования и расчета показателей надежности ПЛК по функциям $F-1$ и $F-2$ приведены в табл.2.

Таблица 2

Сводные результаты проектного расчета надежности ПЛК

F	$\frac{\Phi PC}{B\Phi}$	Не восстановл. ПЛК		Восстанавливаемый ПЛК			Графики положительных вкладов элементов
		$P_F(t)$	T_{oF}	$KГ_F$	$T_{нюF}/T_{вF}$	$P_{всF}(t)$	
$F-1$	$\frac{8}{12}$	0.957	7.41 г.	0.9999984	$\frac{71.37 \text{ ч.}}{1.0 \text{ ч.}}$	0.986	
$F-2$	$\frac{4}{6}$	0.976	12.28 г.	0.9999986	$\frac{71.46 \text{ ч.}}{1.0 \text{ ч.}}$	0.986	

2.2. Моделирование и расчет вероятностей аварийных ситуаций ПЛК

Государственным стандартом ГОСТ 24.701-86 для обеспечения требуемого уровня безопасности АСУТП предусмотрен вероятностный анализ возможных аварийных ситуаций. Это соответствует требованиям п.2.6 РД 03-418-01 определения вероятности или частоты аварийной ситуации, и является частью оценки риска аварии. В технологии АСМ этот анализ может производиться путем вычисления вероятностей возникновения исключительных (аварийных, критических) ситуаций.

Для каждой аварийной ситуации в проектируемой АСУТП Заказчик формулирует условия ее возникновения. Эти условия описываются соответствующим логическим критерием $Y_{AC}(\{y_i\})$. Например, если в качестве аварийной ситуации в рассматриваемом ПЛК определен одновременный отказ первой $F-1$ и второй $F-2$ функций, то соответствующий логический критерий составит

$$Y_{AC} = \bar{y}_{63} \cdot \bar{y}_{85} \quad (17)$$

Методика вероятностного анализа безопасности АСУТП для заданной аварийной ситуации аналогична методике автоматизированного моделирования и расчета надежности. Сначала логические критерии аварийных ситуаций вводятся в ПК АСМ, затем автоматически определяются соответствующие логические ФРС, многочлены ВФ и выполняются расчеты.

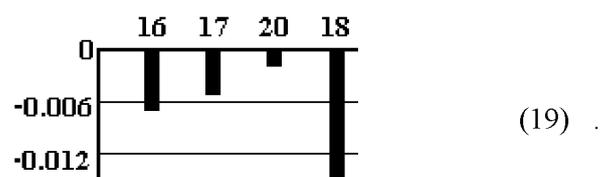
Полученная с помощью ПК АСМ логическая ФРС для критерия (17) имеет вид

$$Y_{AC} = \bar{y}_{63} \cdot \bar{y}_{85} = \bar{x}_{18} \vee \bar{x}_{22} \bar{x}_{21} \vee \bar{x}_{20} \bar{x}_{14} \vee \bar{x}_{20} \bar{x}_{15} \vee \bar{x}_{20} \bar{x}_{12} \vee \bar{x}_{20} \bar{x}_{13} \vee \bar{x}_{20} \bar{x}_{19} \vee \bar{x}_{20} \bar{x}_{520} \vee \bar{x}_{17} \bar{x}_{20} \vee \bar{x}_{16} \bar{x}_{14} \vee \bar{x}_{16} \bar{x}_{15} \vee \bar{x}_{16} \bar{x}_{12} \vee \bar{x}_{16} \bar{x}_{13} \vee \bar{x}_{16} \bar{x}_{19} \vee \bar{x}_{16} \bar{x}_{520} \vee \bar{x}_{16} \bar{x}_{17} \quad (18)$$

ФРС (18) представляет 16 минимальных сечений (комбинаций) отказов элементов, каждый из которых достоверно приводит к возникновению указанной аварийной ситуации.

Вероятностная функция, полученная в ПК АСМ путем преобразования ФРС (18), включает 30 одночленов. Вычисленные на ее основе нижние оценки вероятности возникновения аварийной ситуации (без учета восстановлений элементов) и наибольшие вклады элементов контроллера составляют

$$P_{AC}(t = 8760 \text{ час}) = 0.024$$



Вычисленное в ПК АСМ верхнее значение вероятности этой аварийной ситуации (с учетом восстановлений элементов) равна

$$P_{вАС}(t = 8760 \text{ час.}) = 0.014 \quad (20)$$

2.3. Моделирование и анализ отказоустойчивости ПЛК

Кроме вероятностной оценки возможности возникновения аварийных ситуаций для обеспечения и управления безаварийностью АСУТП часто требуется определение наиболее опасных сочетаний (комбинаций и/или последовательностей) отказов или поражений элементов, которые непосредственно приводят к возникновению аварийной ситуации. Решение указанной задачи называют анализом отказоустойчивости АСУТП.

Анализ отказоустойчивости является важной дополнительной детерминированной характеристикой надежности и безопасности АСУТП. В технологии АСМ он выполняется в два этапа:

- для множества всех выходных функций F системы задаются противоположные логические критерии их не реализации (функционального отказа) и определяются, с помощью ПК АСМ, соответствующие ФРС (множества минимальных сечений отказов);
- на основе сравнительного анализа этих множеств по всем функциям F определяют наиболее опасные сечения отказов, которые приводят к тяжелым последствиям или вызывают множественные отказы функций АСУТП. Далее эти данные могут использоваться для обоснования проектных и управленческих решений по обеспечению (повышению) надежности и безопасности АСУТП.

Пример анализа отказоустойчивости рассматриваемого ПЛК выполнен по следующим критериям отказов двух его функций:

$$\bar{Y}_{F-1} = \bar{y}_{63}; \quad \bar{Y}_{F-2} = \bar{y}_{85}. \quad (21)$$

С помощью ПК АСМ определены соответствующие минимальные сечения отказов:

$$\begin{aligned} \bar{Y}_{F-1} = \bar{y}_{63} = & \bar{x}_{18} \vee \bar{x}_{20} \bar{x}_1 \vee \bar{x}_{16} \bar{x}_{14} \vee \bar{x}_{10} \bar{x}_{14} \vee \bar{x}_7 \bar{x}_{14} \vee \bar{x}_{20} \bar{x}_{15} \vee \bar{x}_{16} \bar{x}_{15} \vee \bar{x}_{10} \bar{x}_{15} \vee \bar{x}_7 \bar{x}_{15} \vee \\ & \vee \bar{x}_{20} \bar{x}_{12} \vee \bar{x}_{16} \bar{x}_{12} \vee \bar{x}_{10} \bar{x}_{12} \vee \bar{x}_7 \bar{x}_{12} \vee \bar{x}_{20} \bar{x}_{13} \vee \bar{x}_{16} \bar{x}_{13} \vee \bar{x}_{10} \bar{x}_{13} \vee \bar{x}_7 \bar{x}_{13} \vee \\ & \vee \bar{x}_{20} \bar{x}_{19} \vee \bar{x}_{16} \bar{x}_{19} \vee \bar{x}_{10} \bar{x}_{19} \vee \bar{x}_7 \bar{x}_{19} \vee \bar{x}_{22} \bar{x}_{21} \vee \bar{x}_{20} \bar{x}_{520} \vee \bar{x}_{16} \bar{x}_{520} \vee \bar{x}_{10} \bar{x}_{520} \vee \\ & \vee \bar{x}_7 \bar{x}_{520} \vee \bar{x}_{17} \bar{x}_{20} \vee \bar{x}_{16} \bar{x}_{17} \vee \bar{x}_{10} \bar{x}_{17} \vee \bar{x}_7 \bar{x}_{17} \vee \bar{x}_{11} \bar{x}_{20} \vee \bar{x}_{11} \bar{x}_{16} \vee \bar{x}_{10} \bar{x}_{11} \vee \\ & \vee \bar{x}_7 \bar{x}_{11} \vee \bar{x}_8 \bar{x}_9 \vee \bar{x}_{77} \bar{x}_{20} \vee \bar{x}_{77} \bar{x}_{16} \vee \bar{x}_{77} \bar{x}_{10} \vee \bar{x}_7 \bar{x}_{77} \end{aligned} \quad (22)$$

$$\begin{aligned} \bar{Y}_{F-2} = \bar{y}_{85} = & \bar{x}_{18} \vee \bar{x}_{16} \bar{x}_{14} \vee \bar{x}_{20} \bar{x}_{15} \vee \bar{x}_{16} \bar{x}_{15} \vee \bar{x}_{20} \bar{x}_{12} \vee \bar{x}_{16} \bar{x}_{12} \vee \bar{x}_{16} \bar{x}_{13} \vee \bar{x}_{20} \bar{x}_{13} \vee \bar{x}_{20} \bar{x}_{19} \vee \\ & \vee \bar{x}_{16} \bar{x}_{19} \vee \bar{x}_{22} \bar{x}_{21} \vee \bar{x}_{20} \bar{x}_{520} \vee \bar{x}_{16} \bar{x}_{520} \vee \bar{x}_{17} \bar{x}_{20} \vee \bar{x}_{16} \bar{x}_{17} \vee \bar{x}_7 \bar{x}_{17} \end{aligned} \quad (23)$$



Сравнительный анализ конъюнкций (22) и (23) показывает, что к отказу одновременно двух функций контроллера приводят 16 минимальных комбинаций отказов элементов. При этом наибольшую опасность представляет элемент 18 (источник питания PS 407). Одиночный отказ (уничтожение, повреждение) только одного этого элемента нарушает работоспособность контроллера сразу по всем его функциям, т.е. вызывает возникновение аварийной ситуации (17).

Следующими по уровню опасности являются все парные отказы элементов, составляющие функцию (23). Они также приводят к отказу всех функций контроллера. Остальные сечения из (22) приводят к отказу только одной функции $F-1$.

Этап 3. Использование результатов автоматизированного моделирования для повышения надежности и безопасности ПЛК

На основе результатов выполненного автоматизированного моделирования и расчетов (см. табл.2, (18), (19), (22) и (23)) можно заключить, что наибольшее увеличение надежности и безопасности проектируемого ПЛК, при минимальных затратах на дополнительное оборудование, можно получить путем введения в структуру системы еще одного резервного источника питания PS 407 для элемента 18. На рис.7 приведена СФЦ нового варианта структуры ПЛК с резервным блоком питания 118.

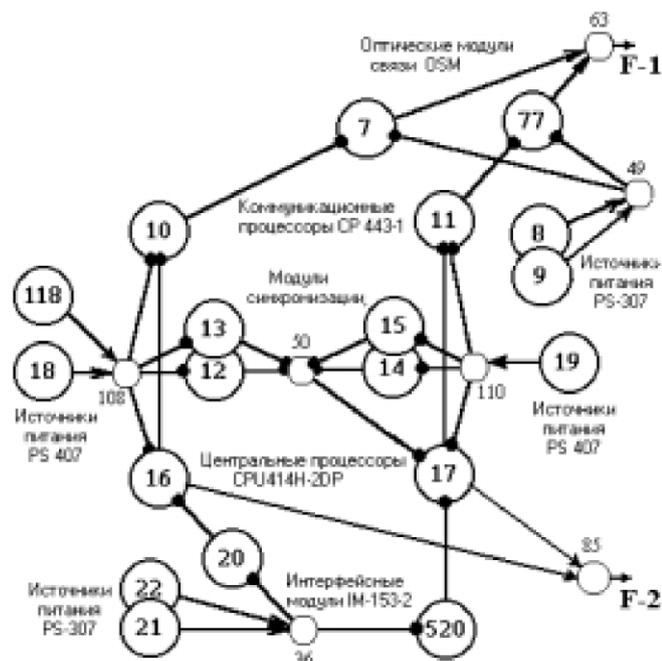


Рис.7. СФЦ ПЛК с дополнительным блоком питания 118

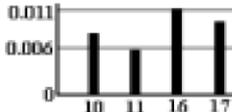
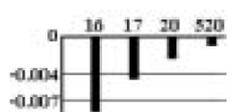


ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

Общие результаты автоматизированного моделирования и расчетов показателей надежности и безопасности нового варианта ПЛК приведены в табл.3.

Таблица 3

Результаты расчета надежности нового варианта ПЛК

F	$\frac{\Phi PC}{B\Phi}$	Не восстанавлив. ПЛК		Восстанавливаемый ПЛК			Графики положительных вкладов элементов
		$P_F(t)$	T_{oF}	$KГ_F$	$T_{ноF}/T_{вF}$	$P_{всF}(t)$	
F-1	$\frac{16}{24}$	0.971	7.98 г.	0.9999999954	$\frac{38243 \text{ з.}}{1.63 \text{ ч.}}$	0.999974	
F-2	$\frac{8}{12}$	0.976	12.28 г.	0.9999999984	$\frac{116523 \text{ з.}}{1.60 \text{ ч.}}$	0.9999914	
АС	$\frac{8}{16}$	$P_{АС}(t)=0.011$		$P_{вАС}(t)=0.0000086$			

Сравнение этих результатов с данными, приведенными в табл.2, и формулах (19) и (20) показывают, что добавление элемента 118 привело к существенному увеличению надежности и безопасности проектируемого ПЛК.

Пример 2. Автоматизированное моделирование и расчет безопасности заправочной операции

На рис.8 изображено "дерево отказа" заправочной операции, приведенное в РД 03-418-01 "Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов" Госгортехнадзора России. Смысловое содержание и вероятности свершения исходных событий, заданные в РД 03-418-01, указаны в табл.4

Вершинами заданного дерева представлены исходные события $i = 1, 2, \dots, 13$ сценария возможных вариантов возникновения аварийной ситуации в ходе выполнения заправочной операции. Комбинации событий 1-6 определяют условия отказа подсистемы автоматической противоаварийной защиты, событий 7-11 – ошибки оператора, события 12, 13 – отказ технических средств аварийного отключения насоса.

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

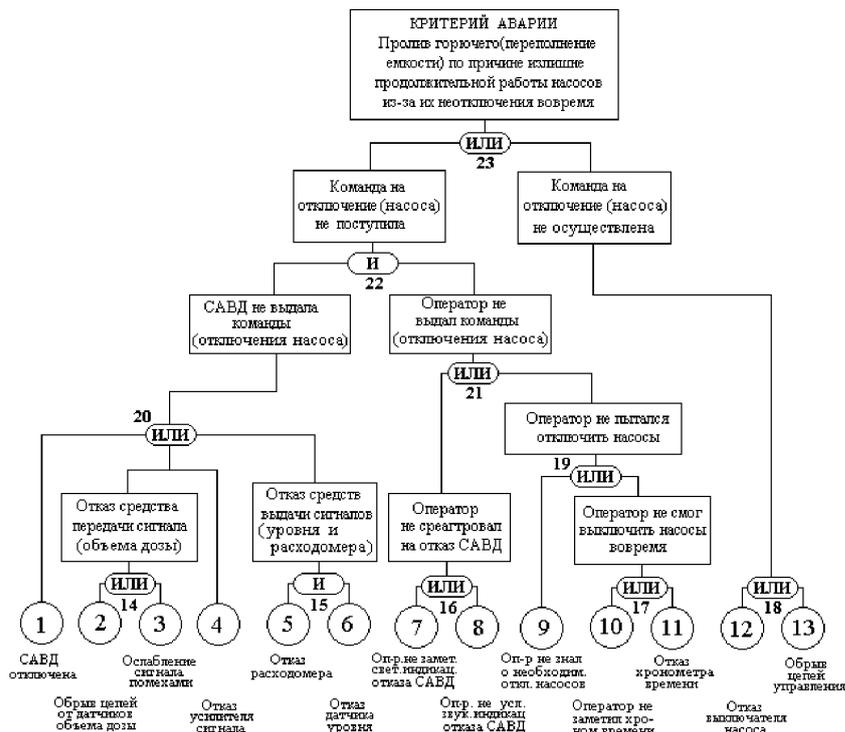


Рис. 8. "Дерево отказа" заправочной операции

Таблица 4

№ <i>i</i>	Исходные события "дерева отказа" заправочной операции	Вероятн. <i>P_i</i>
1	Система автоматической выдачи дозы (САВД) оказалась отключенной	0,0005
2	Обрыв цепей передачи сигнала от датчиков объема дозы	0,00001
3	Ослабление сигнала выдачи дозы помехами	0,0001
4	Отказ усилителя-преобразователя сигнала выдачи дозы	0,0002
5	Отказ расходомера	0,0003
6	Отказ датчика уровня	0,0002
7	Оператор не заметил световой индикации о неисправности САВД	0,005
8	Оператор не услышал звуковой сигнализации об отказе САВД	0,001
9	Оператор не знал о необходимости отключения насоса по истечении заданного времени	0,001
10	Оператор не заметил индикации хронометра об истечении заданного времени заправки	0,004
11	Отказ хронометра	0,00001
12	Отказ автоматического выключателя электропривода насоса	0,00001
13	Обрыв цепей управления приводом насоса	0,00001

В данном примере рассматривается методика применения технологии и программного комплекса автоматизированного структурно-логического моделирования для вероятностного и детерминированного анализа безопасности автоматизированной системы управления заправочной операцией на опасном производственном объекте.

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

На рис.9 изображен вариант СФЦ тождественный дереву отказов, приведенному на рис.8.

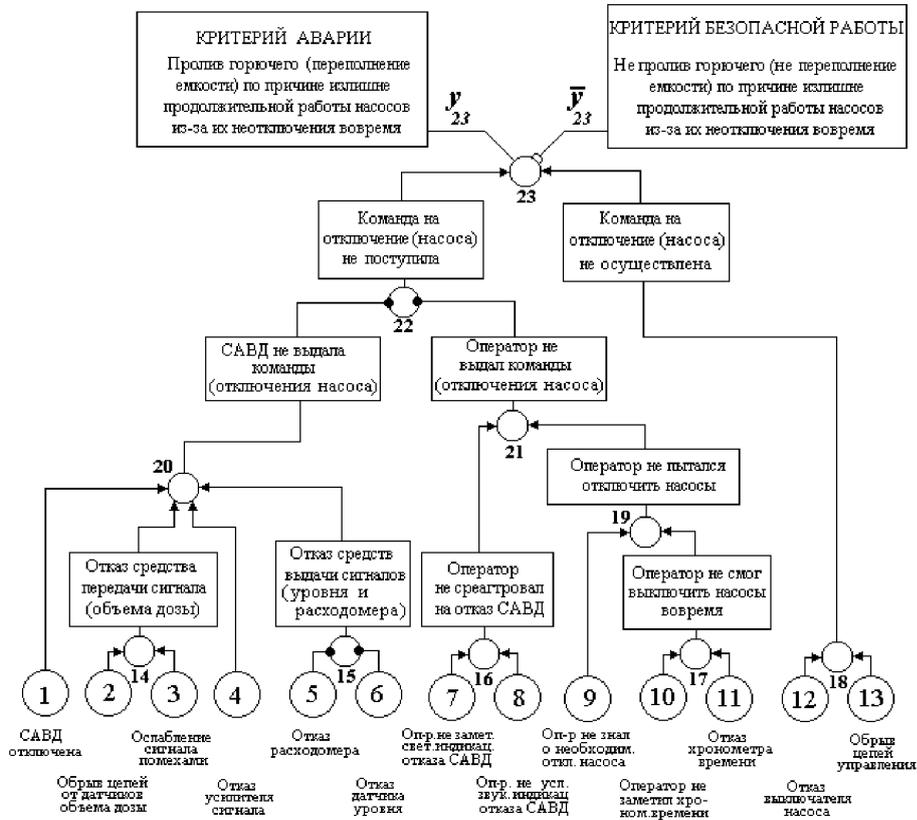


Рис.9. СФЦ заправочной операции

СФЦ на рис.9 подобна дереву отказов, приведенному на рис.8. Внешние отличия заключаются только в том, что логические связки "И" и "ИЛИ" дерева отказов (на рис.8 отмечены номерами 14-23) заменены в СФЦ на рис.9 фиктивными вершинами, с соответствующими конъюнктивными и дизъюнктивными заходящими дугами.

Универсальность аппарата СФЦ позволяет (в отличие от дерева отказов) использовать два выхода фиктивной вершины 23 – прямой y_{23} и инверсный \bar{y}_{23} . При этом, прямой выход y_{23} на рис.9 (как и верхнее событие в дереве отказов на рис.8) является критерием возникновения аварии ($Y_{AC} = y_{23}$), а инверсный выход \bar{y}_{23} - критерием противоположного функционального события – безаварийного (безопасного) выполнения заправочной операции ($Y_{безопасности} = \bar{y}_{23}$).

Полученные с помощью ПК АСМ логические ФРС составляют:

ОП.17 «Автоматические системы безопасности»

$$\begin{aligned}
 Y_{AC} = y_{23} = & x_1 \cdot x_7 \vee x_2 \cdot x_7 \vee x_3 \cdot x_7 \vee x_4 \cdot x_7 \vee x_5 \cdot x_6 \cdot x_7 \vee x_1 \cdot x_8 \vee x_2 \cdot x_8 \vee \\
 & \vee x_3 \cdot x_8 \vee x_4 \cdot x_8 \vee x_5 \cdot x_6 \cdot x_8 \vee x_1 \cdot x_9 \vee x_2 \cdot x_9 \vee x_3 \cdot x_9 \vee x_4 \cdot x_9 \vee \\
 & \vee x_5 \cdot x_6 \cdot x_9 \vee x_1 \cdot x_{10} \vee x_2 \cdot x_{10} \vee x_3 \cdot x_{10} \vee x_4 \cdot x_{10} \vee x_5 \cdot x_6 \cdot x_{10} \vee \\
 & \vee x_1 \cdot x_{11} \vee x_2 \cdot x_{11} \vee x_3 \cdot x_{11} \vee x_4 \cdot x_{11} \vee x_5 \cdot x_6 \cdot x_{11} \vee x_{12} \vee x_{13}
 \end{aligned} \tag{24}$$

$$\begin{aligned}
 Y_{\text{безопасности}} = \bar{y}_{23} = & \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_3 \cdot \bar{x}_4 \cdot \bar{x}_5 \cdot \bar{x}_{12} \cdot \bar{x}_{13} \vee \\
 & \vee \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_3 \cdot \bar{x}_4 \cdot \bar{x}_6 \cdot \bar{x}_{12} \cdot \bar{x}_{13} \vee \\
 & \vee \bar{x}_7 \cdot \bar{x}_8 \cdot \bar{x}_9 \cdot \bar{x}_{10} \cdot \bar{x}_{11} \cdot \bar{x}_{12} \cdot \bar{x}_{13}
 \end{aligned} \tag{25}$$

ФРС (24) включает в себя 27 минимальных пропусковых сочетаний, а ФРС (25) – три минимальных отсечных сочетаний, которые точно совпадают с результатами, приведенными в РД 03-418-01.

С помощью ПК АСМ определены многочлены ВФ и выполнены расчеты вероятностей возникновения аварии (технический риск) и безаварийного выполнения заправочной операции:

$$\begin{aligned}
 P_{AC} = & p1 p7 q12 q13 + q1 p2 p7 q12 q13 + q1 q2 p3 p7 q12 q13 + q1 q2 q3 p4 p7 q12 q13 + \\
 & + q1 q2 q3 q4 p5 p6 p7 q12 q13 + p1 q7 p8 q12 q13 + q1 p2 q7 p8 q12 q13 + q1 q2 p3 q7 p8 q12 q13 + \\
 & + q1 q2 q3 p4 q7 p8 q12 q13 + q1 q2 q3 q4 p5 p6 q7 p8 q12 q13 + p1 q7 q8 p9 q12 q13 + \\
 & + q1 p2 q7 q8 p9 q12 q13 + q1 q2 p3 q7 q8 p9 q12 q13 + q1 q2 q3 p4 q7 q8 p9 q12 q13 + \\
 & + q1 q2 q3 q4 p5 p6 q7 q8 p9 q12 q13 + p1 q7 q8 q9 p10 q12 q13 + q1 p2 q7 q8 q9 p10 q12 q13 + \\
 & + q1 q2 p3 q7 q8 q9 p10 q12 q13 + q1 q2 q3 p4 q7 q8 q9 p10 q12 q13 + \\
 & + q1 q2 q3 q4 p5 p6 q7 q8 q9 p10 q12 q13 + p1 q7 q8 q9 q10 p11 q12 q13 + \\
 & + q1 p2 q7 q8 q9 q10 p11 q12 q13 + q1 q2 p3 q7 q8 q9 q10 p11 q12 q13 + \\
 & + q1 q2 q3 p4 q7 q8 q9 q10 p11 q12 q13 + q1 q2 q3 q4 p5 p6 q7 q8 q9 q10 p11 q12 q13 + \\
 & + p12 + q12 p13 = \underline{0.000029}
 \end{aligned} \tag{26}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{безопасности}} = & q1 q2 q3 q4 q5 p6 q12 q13 + q7 q8 q9 q10 q11 q12 q13 + \\
 & + q1 q2 q3 q4 q6 q12 q13 - q1 q2 q3 q4 q6 q7 q8 q9 q10 q11 q12 q13 - \\
 & - q1 q2 q3 q4 q5 p6 q7 q8 q9 q10 q11 q12 q13 = \underline{0.999971}
 \end{aligned} \tag{27}$$

На рис.10 приведена диаграмма вкладов показателей надежности отдельных элементов в безопасность выполнения заправочной операции, полученная с помощью ПК АСМ.

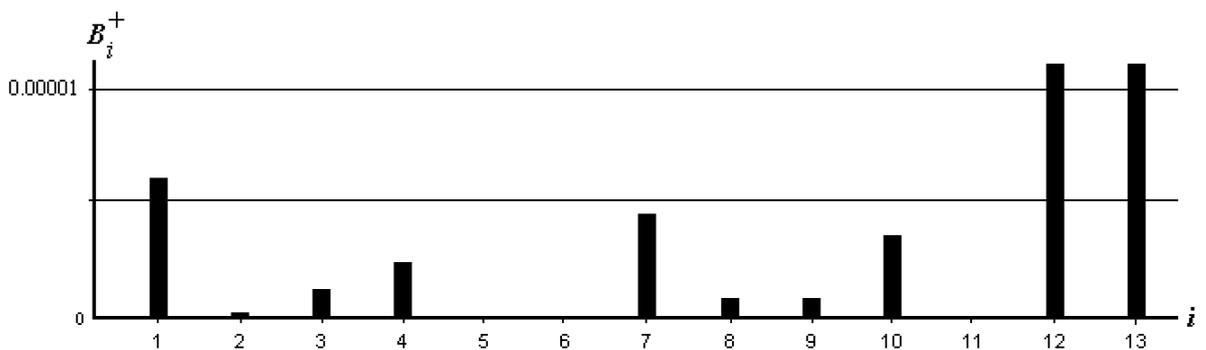


Рис.10. Диаграмма вкладов элементов в безопасность выполнения заправочной операции

