



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**

**Бойков В.И., Болтунов Г.И., Мансурова О. К.**

**ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И  
УПРАВЛЕНИЯ**

**Учебное пособие**



**Санкт-Петербург  
2010 г.**

Бойков В.И., Болтунов Г.И., Мансурова О. К.  
ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ  
– СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 162 с.

В целях повышения эффективности интегрированной автоматизированной системы, её построение осуществляется сквозным методом и обеспечивается совместимостью подсистем в едином информационном пространстве, в основе которого использование открытых архитектур международных стандартов.

В Раздел 1 включены темы по изучению функционального моделирования компонентов автоматизированного производства, а также конфигурирование структуры интегрированных систем управления процессами производства.

Раздел 2 посвящен изучению средств программного и аппаратного взаимодействия комплекса технических средств интегрированной системы, приведены соответствующие примеры.

В последующих разделах подробно рассматриваются функциональные программируемые контроллеры, оснащенные высокопроизводительными 16-битными или 32-битными процессорами, позволяющими решать задачи управления в масштабе реального времени, быстроту опроса и работу с сетевыми протоколами. Интегрированные автоматизированные системы имеют многоуровневую иерархическую структуру. Относятся к классу больших систем управления с клиент-серверной архитектурой по способу организации обработки данных: централизованная, распределённая и смешанная. В последнем разделе рассмотрены примеры построения систем автоматизации с использованием SCADA пакета «Круг 2000», MasterSCADA, iFIX. Пособие предназначено для студентов (магистров) технических вузов, обучающихся по направлению «Системный анализ и управление»-220100.68

Рекомендовано к печати Учёным советом Факультета КТ и У, 08.06.2010,  
протокол №11

В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет».

Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена Программа развития государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики» на 2009–2018 годы.



© Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, 2010

© Бойков В.И., Болтунов Г.И., Мансурова О. К, 2010

## **Содержание**

|  |            |
|--|------------|
| <b>Введение.....</b>   | <b>4</b>   |
| <b>Раздел 1. Основы построения интегрированных автоматизированных производств.....</b>               | <b>14</b>  |
| 1.1.Функциональное моделирование компонентов автоматизированного производства.....                   | 14         |
| 1.2.Основные принципы управления интегрированных автоматизированных систем.....                      | 26         |
| 1.3.Типовая архитектура интегрированной автоматизированной системы.....                              | 31         |
| 1.4.Функции уровней управления интегрированной системы.....  | 34         |
| <br>   |            |
| <b>Раздел 2. Средства сетевой поддержки интегрированной автоматизированной системы.....</b>          | <b>39</b>  |
| 2.1.Промышленные сети. Технология обмена информации в сетях ИАС.....                                 | 39         |
| 2.2.Физические среды передачи информации в ИАС.....  | 50         |
| 2.3. Средства коммуникации узлов и компонентов в интегрированной системе.....                        | 56         |
| <br>   |            |
| <b>Раздел 3. Программно-технические устройства ИАС.....</b>  | <b>63</b>  |
| 3.1. Применение контроллеров в ИАС.....  | 63         |
| 3.2 Технические средства отображения информации.....   | 71         |
| 3.3. Обеспечение структурной надежности ИАС.....   | 77         |
| <br>   |            |
| <b>Раздел 4. Программное обеспечение интегрированной автоматизированной системы управления. ....</b> | <b>86</b>  |
| 4.1 Компоненты и основные возможности SCADA систем.....  | 86         |
| 4.2 Архитектура SCADA системы iFix.....  | 96         |
| 4.3. Примеры интеграции многоуровневых систем автоматизации....                                      | 111        |
| 4.4. SCADA-приложения для слежения за производственным процессом.....                                | 126        |
| <b>Заключение.....</b>   | <b>160</b> |
| <b>Литература.....</b>   | <b>161</b> |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Интегрированные автоматизированные системы (ИАС) управления машиностроительным производством – это новая концепция 21 века, ведущая к созданию и организации производства, сочетающая в себе современные технологии внедрения эффективных систем промышленной автоматизации, надежное управление и минимальные затраты на их содержание. Сущность новой концепции состоит в том, что она позволяет интегрировать, т.е. объединять в единую производственную систему составные автономные автоматизированные комплексы для технологических процессов, охватывающие все основные стадии и этапы производства изделия – от задания и проекта до выпуска готового изделия, или как говориться «под ключ».

Интеграция производства отличается от комплексной автоматизации тем, что при последней автоматизируются отдельные производственные процессы проектирования, материально-технического снабжения и учета, маркетинговые функции, оперативного управления производством, эксплуатация и сервиса оборудования и технических средств, другие вспомогательные и обслуживающие функции, но при этомстыковки и увязки автономных подсистем в единую систему управления производством затруднены и сталкиваются порой с проблемами закрытости технических структур и стандартизации в области совместного использования данных производства и информационного взаимодействия между собой.

В настоящее время развитие производственной деятельности в отрасли машиностроения происходит под эгидой частичной или полной интеграции, определяемой уровнем интеграции. Уровень интеграции – показатель количества производственных автоматизированных функций и процессов с возможностью их реализации в едином информационном пространстве.

Единое информационное пространство (ЕИП) – совокупность информационных средств и ресурсов, объединяемых в единую систему [1]. Информационные ресурсы – это автономные информационные вычислительные службы, включающие в себя программные компоненты, базы данных, файлы данных и компоненты существующих информационных систем. К информационным средствам относится системно организованная совокупность аппаратных, программных и транспортных средств и вычислительных ресурсов, включая организационную, методическую и правовую формы обеспечения.

В основе ЕИП лежит использование открытых архитектур, международных стандартов. Создаётся единое информационное

пространство с использованием международных и российских стандартов, среди которых можно выделить шесть групп:

- Функциональные стандарты;
- информационные стандарты;
- стандарты технического обмена;
- стандарты по защите информации;
- стандарты по электронной цифровой подписи;
- стандарты общего назначения.

**1) Функциональные стандарты** регламентируют процессы и методы формализации данных об изделии и технические руководства по применению автоматизированных технологий определённых ГОСТами 1-10, приведённых ниже.

1. ГОСТ Р ИСО 10303-1 – 99 «Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 1. Общие представления и основополагающие принципы».

2. ГОСТ Р ИСО 10303-21 – 99 «Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 21. Методы реализации. Кодирование открытым текстом структуры обмена».

3. ГОСТ Р ИСО 10303-41 – 99 «Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 41. Интегрированные обобщенные ресурсы. Основы описания и поддержки изделий».

4. ГОСТ Р ИСО 10303-11 – 2000 «Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 11. Методы описания. Справочное руководство по языку EXPRESS».

5. ГОСТ Р ИСО 10303-12 – 2000 «Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 12. Методы описания. Справочное руководство по языку EXPRESS-I».

6. ГОСТ Р ИСО 10303-45 – 2000 «Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 45. Интегрированные обобщенные ресурсы. Материалы».

7. Р 50.1.027 – 2001. «Информационные технологии поддержки ЖЦ продукции. Автоматизированный обмен технической информацией. Основные положения и общие требования».

8. Р 50.1.028 – 2001 «Информационные технологии поддержки ЖЦ продукции. Методология функционального моделирования».

9. Р 50.1.029 – 2001 «Информационные технологии поддержки ЖЦ продукции. Интерактивные электронные технические руководства. Общие требования к содержанию, стилю и оформлению».

10. Р 50.1.030 – 2001 «Информационные технологии поддержки ЖЦ продукции. Интерактивные электронные технические руководства. Требования к логической структуре базы данных».

**2) Информационные стандарты** описывают данные об изделии и процессах: представляют общие определения информационных элементов, отношений, защиты данных и доступности данных. Эти стандарты направлены на обеспечение единого представления текста, графики, информационных структур. STEP – стандарт общего описания элементов данных об изделиях и доступа к ним; PLIB – формирование библиотек данных о комплектующих изделиях; MANDATE – представление производственных данных; SGML – общее описание текстовой информации; CGM – стандарт представления графики; ISO 10303 STEP, ISO 10303-11 Express, ISO 8879 SGML, ISO 18876 – стандарты информационного описания объектов управления.

Стандартизация представления информации в процессах проектирования, обеспечения производства, изготовления продукции производства является основой создания единого информационного пространства.

**3) Стандарты технического обмена** контролируют хранение информации и процессы обмена между источником приемников данных, определяют общий набор правил для обмена информацией в цифровой форме. Стандарты технического обмена – это общие правила цифрового обмена информацией.

**4) Стандарты по защите информации** содержат общие требования к программным и аппаратным средствам защиты информации (в том числе путем применения электронной цифровой подписи, включая алгоритмы шифрования и управления ключами) в государственном масштабе, в корпоративном применении или в рамках предприятия. Закон РФ «Об информации, информатизации и защите информации» требует обязательной сертификации информационных систем государственных органов и организаций, которые обрабатывают информацию с ограниченным доступом.

**5) Стандарты по электронной цифровой подписи** обеспечивают информационную безопасность на основе методов и средств защиты информации, в том числе путем обязательного подтверждения целостности электронного документа и аутентификации подписи с использованием

различных алгоритмов для юридического решения вопросов совместного использования информации.

**6) Стандарты общего назначения** определяют правила и руководящие указания по формулировке определений данных, принципы присвоения имен и идентификацию элементов данных, регистрацию элементов данных.

Единое информационное пространство определяет основные особенности архитектуры современной интегрированной автоматизированной системы:

- единый проект для всех компьютеров и контроллеров;
- «прозрачная» распределенность, программная настройка связей узлов;
- открытость – обмен данными с любыми внешними программами.

Единое информационное пространство должно обладать следующими свойствами:

- 1) содержать информацию в электронном виде;
- 2) использовать стандарты электронного обмена данными;
- 3) содержать интегрированную модель бизнес процессов и распределенную базу данных.

Рассмотрим первое свойство ЕИП на примере механообрабатывающего производства, где системы с ЧПУ на производстве объединяются в цеховую производственную сеть, по которой в цех на СЧПУ передаются следующие производственно-технологические данные:

- 1) производственное задание;
- 2) технологические карты;
- 3) управляющие программы для станков с СЧПУ;
- 4) изображение эталонов деталей.

Чертежи поступают в цех не в бумажном виде, а в электронном и отображаются на мониторе оператора.

От СЧПУ передаются производственно-технологические данные:

- 1) наряды;
- 2) информация о текущем состоянии диагностики оборудования;
- 3) наименование обработанных деталей и их количество;
- 4) заявки на получение оснастки и инструментов;
- 5) результаты контроля геометрии деталей;
- 6) информация об использовании оборудования ;
- 7) информация о соблюдении заложенных в технологическом процессе параметров и режимов обработки;
- 8) опрос состояния оборудования.

Вся эта информация вносится в СЧПУ прямо на рабочем месте без создания промежуточных бумажных документов, т.е. реализуется принцип фиксации информации в электронном виде на рабочем месте в момент ее возникновения (рис. 1), а также электронный документооборот – автоматизированные процедуры прохождения документации между подразделениями, имеющими отношение к действиям, предписанных в документах.

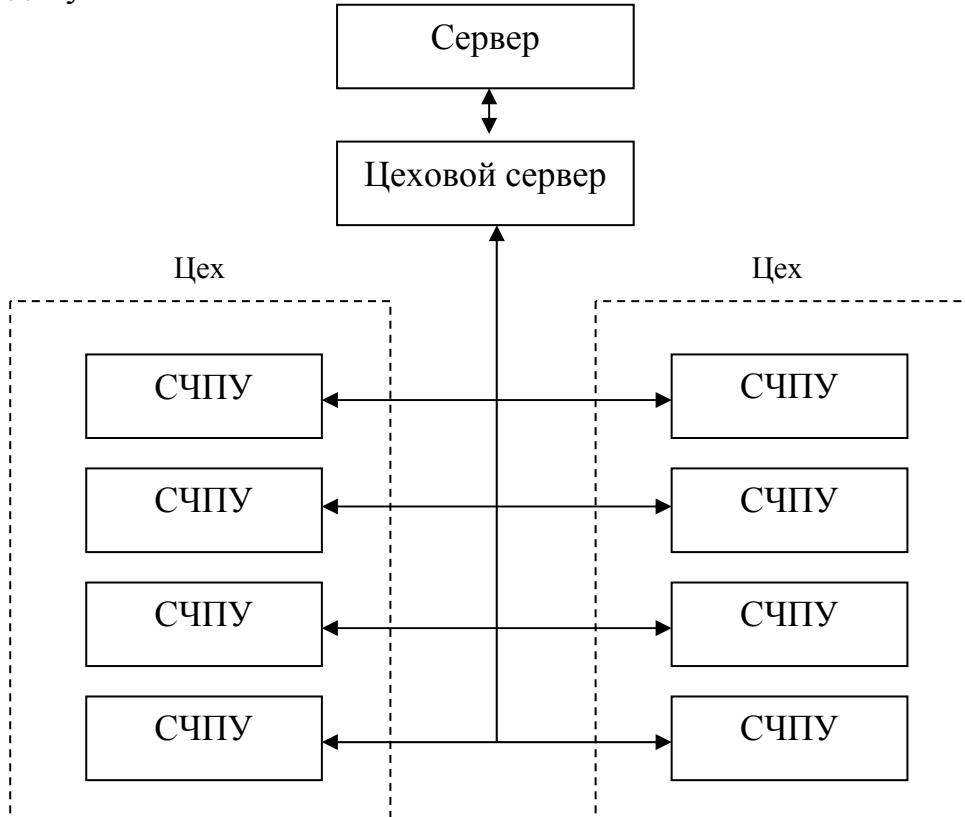


Рис. 1. Передача данных по цеховой сети

Важность этого принципа можно уяснить при анализе 2-х информационных потоков, представленных на рисунках 2 и 3.

Обозначения, принятые на рис. 2 и 3:

- 1 - источник информации
- 2 - потребитель информации
- 3 - крупный отдел с численностью до 100 и более человек, которые обеспечивают преобразование информации из бумажного вида в электронный, обработку и передачу ее в бумажном виде потребителю

На рис. 2 информация из цеха поступает в бумажном виде, затем возникает необходимость из бумажной подачи информации преобразовать в электронную.

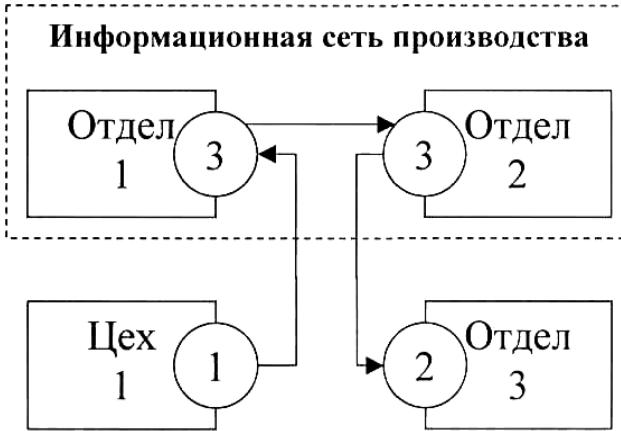


Рис. 2. Схема передачи данных

Переход к ЕИП требует, чтобы создавались рабочие места в производственных подразделениях для преобразования информации в источниках ее возникновения или потребления, как показано на схеме рисунка 3.



Рис. 3. Схема передачи данных в электронном виде

В рамках ЕИП используется понятие интегрированная модель.

Интегрированная модель – иерархическое организованная модель, содержащая все информацию об изделии, требуемую на любом из этапов жизненного цикла (ЖЦ) изделия. При построении каждого из фрагментов интегрированной модели используют единые средства и методы построения [2]. Для формирования интегрированной модели используются CALC/ИПИ-технология [1], основными задачами которой являются:

- 1) структурирование и моделирование данных об изделиях и процессах;
- 2) обеспечение эффективного управления и обмена данными между всеми участниками ЖЦ изделий;
- 3) создание и сопровождение документации, необходимой для поддержки всех этапов ЖЦ изделий.

Наряду с рассмотренными основными свойствами, ЕИП должно иметь возможность постоянного развития и расширения. К достоинствам использования ЕИП следует отнести:

1. независимость работы специалистов различных профилей;
2. обеспечение целостности данных;

3. возможность организации доступа с любого рабочего места к данным географически удаленных участков ЖЦ изделия;
4. отсутствие потерь данных при переходе между этапами ЖЦ изделия;
5. изменения данных доступны одновременно всем участникам ЖЦ изделия;
6. преодоление информационных барьеров, недоступности к данным, что в свою очередь ведет к повышению эффективности взаимодействие между участниками производственного процесса, и, следовательно, к снижению материальных и временных затрат.

Стратегия CALS/ИПИ предусматривает двухэтапный переход к ЕИП:

1) Автоматизация отдельных процессов (или этапов) ЖЦ изделия и представление относящихся к ним данных в электронном виде (в соответствии с требованиями ЕИП). Предполагается, что на этом этапе обмен данными между исходными системами осуществляется отдельными файлами (электронными документами) либо на магнитных носителях, либо по сетям.

2) Интеграция в рамках ЕИП автоматизированных процессов и относящихся к ним данных, представленных в электронном виде. На этом этапе взаимодействие подсистем осуществляется с помощью программных средств в режиме реального времени, с параллельной работой исполнителей через единую сеть посредством стандартных протоколов и средств связи.

В настоящее время используется термин «электронный бизнес» (e-business), обозначающий, по сути, распространение концепции CALS на все виды производственной, организационной, управленческой и коммерческой деятельности, осуществляющейся в цифровом виде.

Реализация CALS/ИПИ на предприятии позволяет увеличить производительность труда своих сотрудников, сократить временные и общие материальные затраты и обеспечить общее повышение качества.

Концептуальная модель CALS/ИПИ включает в себя инвариантные понятия, которые применяют (полностью или частично) в течение ЖЦ изделия (рис. 4).

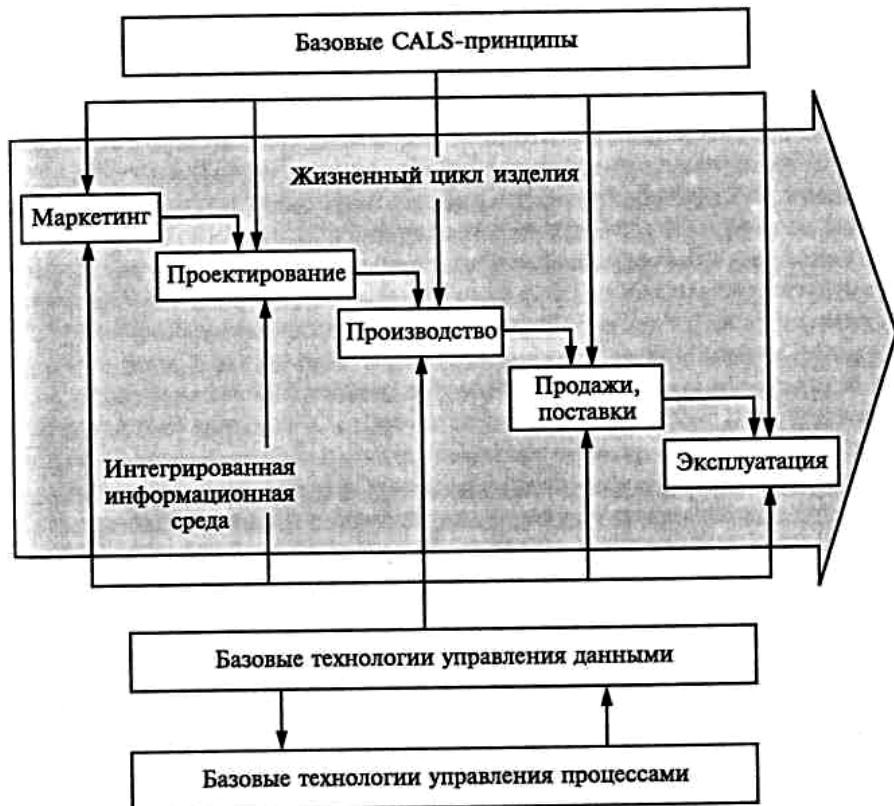


Рис.4. Концептуальная модель CALS/ИПИ

Эти инвариантные понятия условно можно разделить на три группы [1]:

- 1) базовые принципы CALS/ИПИ;
- 2) базовые технологии управления данными;
- 3) базовые технологии управления процессами.

Для снижения затрат на проектирование, сокращения времени разработки изделий, уменьшения доли брака, снижения затрат на разработку документации требуется не только организация безбумажного документооборота, но и максимальное использование компьютерных возможностей в организационных и технологических преобразованиях процессов, определяющих в совокупности деятельность предприятия. В этом случае необходимо использовать нормативную базу (стандарты, методические рекомендации) на основе отдельных элементов международных стандартов ISO 10000 и 140000.

Компонентами CALS/ИПИ-систем являются:

- 1) системы автоматизированного проектирования (CAD/CAM-системы);
- 2) автоматизированные системы управления производством независимо от места и времени их получения в общей системе, имеющей различные масштабы (вплоть до глобальных).

Таким образом, CALS/ИПИ-технологии позволяют обеспечить комплексное использование нормативной базы стандартизации, сертификации, каталогизации продукции, повышения ее качества на всех этапах ЖЦ и, следовательно, избежать неоправданных затрат и повысить эффективность организационных и производственных функций.

Следует отметить, что CALS/ИПИ-технологии не отвергают существующие автоматизированные системы проектирования и управления, а являются средством, обеспечивающим их эффективное взаимодействие. Поэтому интеграция автоматизированных систем на современных предприятиях должна быть основана на CALS/ИПИ-технологиях, внедрение которых требует освоения имеющихся технологий и стандартов, развития моделей, методов и программ автоматизированного проектирования и управления.

Идеология CALS/ИПИ рассчитана на полное применение нормативной базы, заложенной в стандартах FIPS, MIL, МЭК и ISO, значительная часть аналогов которых действует в Российской Федерации (например, ГОСТ Р ИСО 9000–2001).

Существующие отечественные стандарты, регламентирующие конструкторско-технологическую деятельность, такие как ЕСКД, ЕСТД, СРПП и им подобные, касаются только визуальной формы представления информации. Поэтому одной из первоочередных практических задач внедрения CALS/ИПИ является развитие стандартов ЕСКД дальнейшая разработка новых стандартов и спецификаций, регламентирующих электронную форму представления и обращения данных [4].

Различают два вида CALS/ИПИ-систем: для реального предприятия и виртуального предприятия.

CALS/ИПИ-система реального предприятия обеспечивает создание единой интегрированной системы управления созданием и использованием конструкторской, технологической, производственной информации по всем видам изделий, а также интеграцию с внешними информационными системами.

CALS/ИПИ-система виртуального предприятия обеспечивает интеграцию и управление информационными процессами при решении задач корпоративного, отраслевого, межотраслевого и межгосударственного сотрудничества. К таким системам относят средства категории PLM (Product Life Management – управление ЖЦ изделия), а также системы для проектов совместной разработки и создания изделия.

При автоматизации отдельных процессов ЖЦ изделия обычно используются существующие прикладные программные средства (САПР, АСУП и т.п.) при условии наличия стандартного интерфейса к представляемым им данным. При интеграции всех данных об изделии в рамках ЕИП применяются специализированные программные средства – системы управления данными об изделии PDM (Product Data Management).

Задачей PDM-системы является аккумулирование всей информации об изделии, создаваемой прикладными системами, в единую логическую модель. Процесс взаимодействия PDM-системы и прикладных систем строится на основе стандартных интерфейсов.

Одним из первых требований в процессе разработки ИАС является подготовка объектов автоматизации к объединению и интеграции с учетом выше изложенных принципов ЕИП.

Эффективность производства с интегрированными автоматизированными системами по мнению специалистов определяется следующими показателями:

- прямое уменьшение затрат на проектирование до 30%;
- уменьшением затрат на обслуживание и эксплуатацию;
- сокращение времени разработки изделий 1,5-2 раза;
- сокращение времени вывода новых изделий на рынок до 75%;
- уменьшение доли брака и затрат связанных с конструкторскими изменениями до 75%;
- сокращение затрат на подготовку технической документации до 40%;
- сокращение затрат на разработку эксплуатационной документации до 30%.
- точное соблюдение технологических нормативов и регламента;
- значительное уменьшение процента брака, автоматическое повышение качества;
- снижение простоев оборудования вызванное неравномерной загрузкой производственных мощностей;
- устранение ошибок допускаемых операторами путем полной автоматизации процессов управления;
- установление непосредственных взаимосвязей между производством, отделом планирования, складом и поставщиками;
- точный учет количества выпущенной продукции на всех стадиях производства, не зависящий от действий оператора;
- анализ использования, загрузки и обслуживания оборудования. Правильное и экономное распределение капитальных вложений;
- предупреждение аварий на производстве;
- комплексный статистический анализ причин, влияющих на качество выпускаемой продукции;

Внедрение систем мониторинга, управления и сбора данных обеспечивает:

- визуализацию технологических процессов в графическом режиме;

- управление системой при возникновении аварийных ситуаций;
- отслеживание графиков контролируемых параметров в реальном времени и доступ к архивным графикам;
- подготовку детализированных отчетов для специалистов разных профилей;
- статический контроль процесса.

Применение ИАС по данным специалистов дает:

- Прямое уменьшение затрат на проектирование до 30%.
- Сокращение времени разработки изделий 1,5-2 раза.
- Сокращение времени вывода новых изделий на рынок до 75%.
- Уменьшение доли брака и объема конструкторских изменений до 75%.
- Сокращение затрат на подготовку технической документации до 40%.
- Сокращение затрат на разработку эксплуатационной документации до 30%.

## **РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

### **1.1. Функциональное моделирование компонентов автоматизированного производства**

На этапе проектирования интегрированной автоматизированной системы управления производством моделируются функции и задачи, к которым относятся: конструкторские, технологические, заготовительные, инструментальные, транспортно-складские, организационно-экономические, программно-технические.

Перечисленный список функций обобщенный. В результате функционального моделирования производится конкретизация списка функций присущего конкретному производственному процессу в зависимости от базовых технико-экономических показателей. (рис. 4).

К основным показателям относятся:

- рентабельность,
- ликвидность,
- сумма покрытия,
- доля рынка,
- портфель заказов.

К функционально-ориентированным показателям относятся:

- маркетинг,

- снабжение,
- производство,
- логистика и т.д.

К дополнительным показателям, используемых в задачах анализа, относятся:

- факторы издержек,
- сбыта,
- производительности персонала.

К показателям для анализа внешней среды относятся:

- рынок труда,
- рынок капитала,
- рынок сбыта.



Рис. 4. Базовая система показателей

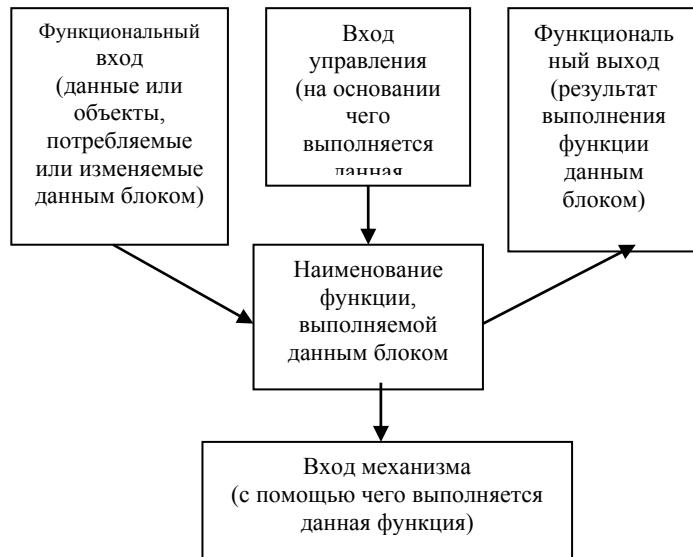


Рис. 5. Функциональный блок.

Каждая из сторон блока имеет определенное значение (роль): верхняя сторона – «Управление», левая сторона – «Вход», правая сторона – «Выход», нижняя сторона – «Механизм».

Вторым понятием метода является понятие интерфейсной дуги. Графическим отображением интерфейсной дуги является односторонняя стрелка (поэтому дуги часто называют стрелками, потоками). Каждая интерфейсная дуга должна иметь свое уникальное наименование (или метку стрелки), которое должно быть существительным. С помощью интерфейсных дуг отображают различные объекты, в той или иной степени определяющие процессы, происходящие в системе. Это могут быть элементы реального мира (люди, изделия, детали и др.), потоки данных и информации (документы, инструкции и др.). «Источником» (началом) и «приемником» (концом) каждой функциональной дуги могут быть только блоки, причем «источником» может быть только выходная сторона блока, а «приемником» – любые из трех оставшихся. Функциональный блок должен обязательно иметь управляющую и исходящую интерфейсные дуги, поскольку каждый процесс должен происходить по определенным правилам и давать некоторый результат (иначе его рассмотрение не имеет смысла). Входящие стрелки показывают, какие условия должны быть одновременно выполнены, чтобы осуществилась функция, описываемая блоком. В этом смысле стрелки в методе IDEF0 иногда называют ограничениями.

При построении IDEF-диаграмм важно отделять входящие дуги от управляющих. Например, в производственном процессе рабочий получает заготовку и технологические указания по ее обработке. Ошибочным является суждение, что и заготовка и указания – входящие объекты. Технологические указания (нормативы, правила техники безопасности)

следует изображать управляющей дугой, поскольку они регламентируют процесс. Когда технологические указания редактирует технолог, их изображают входящей дугой; управляющей дугой могут быть изображены новые стандарты.

При рассмотрении деятельности предприятий различают пять основных видов объектов: материальные потоки (детали, товары), финансовые потоки (наличные, безналичные), потоки документов (комерческие, организационные), потоки информации (данные о намерениях, распоряжения) и ресурсы (сотрудники, станки, машины). При этом входящими и исходящими дугами могут отображаться все виды объектов, управляющими – только потоки документов и информации, а дугами-механизмами – только ресурсы.

Третьим основным понятием метода IDEF0 является декомпозиция, т. е. разбиение сложной функции на ее составляющие. Декомпозиция позволяет представить модель в виде иерархической системы диаграмм, что делает ее менее перегруженной и легко усваиваемой.

В процессе декомпозиции функциональный блок в контекстной диаграмме подвергается детализации на другой диаграмме – дочерней. На ней фиксируются все функциональные дуги родительской диаграммы, за счет этого достигается структурная целостность модели. Связана также нумерация блоков и диаграмм: каждый блок имеет свой уникальный номер – цифра в правом нижнем углу, а цифры под правым углом – это номер дочерней для этого блока диаграммы (рис. 6)

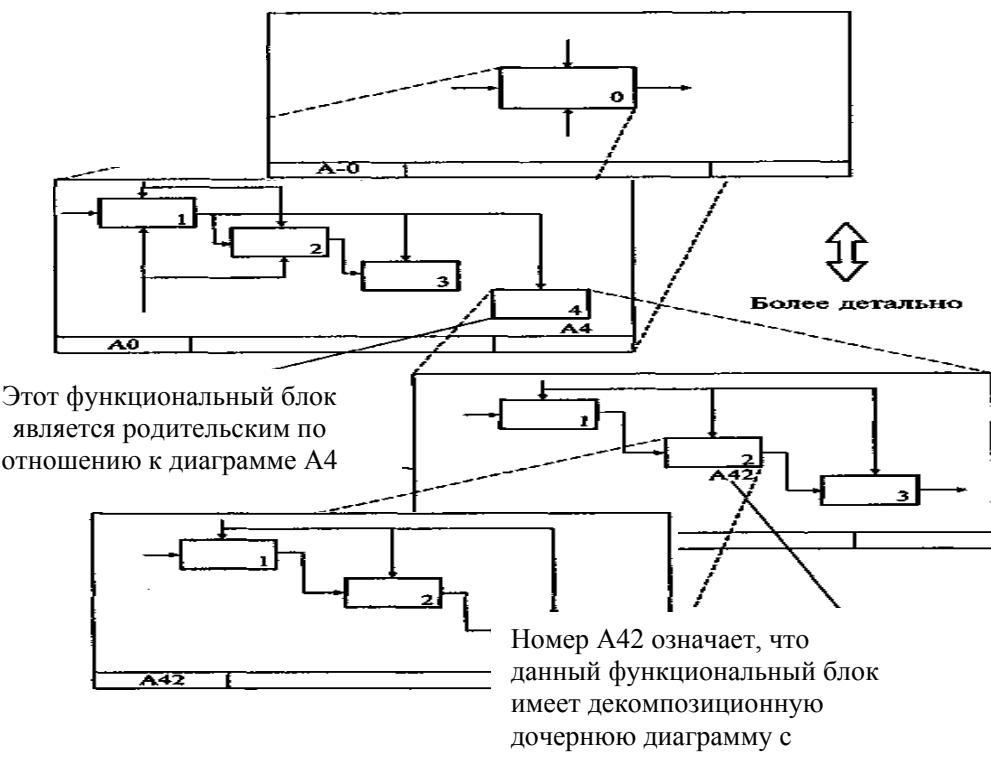


Рис. 6. Методология функционального моделирования

Для удобства пользования на диаграмме должно быть три-шесть блоков. Верхний предел заставляет прибегать к декомпозиции, нижний – гарантирует, что на диаграмме достаточно деталей, чтобы оправдать ее создание. Желательно, чтобы количество интерфейсных дуг, подходящих к стороне блока или исходящих от нее, не превышало четырех.

Четвертым из основных понятий метода IDEF0 является глоссарий. Для каждого из элементов IDEF0 (диаграмм, функциональных блоков, интерфейсных дуг) создаются и поддерживаются определения, ключевые слова, текстовые изложения, которые характеризуют объект. Таким образом, глоссарий снабжает диаграммы дополнительной информацией.

Любая диаграмма IDEF0 состоит из набора блоков, имена которых определяют выполняемые этими блоками функций, стрелок, связывающих блоки между собой, и меток, раскрывающих значение стрелок, т.е. описывающих те сущности, которые передаются посредством стрелок от одного блока к другому. Особую роль во всем наборе (множестве) диаграмм, описывающих функциональную модель, играет первая (контекстная) диаграмма, которой присваивается номер A-0 (рис. 7). На этой диаграмме объект моделирования представлен единственным блоком. Стрелки на диаграмме отображают связи объекта моделирования с окружающей средой. Поскольку единственный блок представляет весь объект, его имя – общее для всего проекта. То же самое справедливо и для всех стрелок диаграммы, поскольку они представляют полный комплект внешних интерфейсов объекта. Диаграмма A-0 устанавливает область моделирования и ее границу.

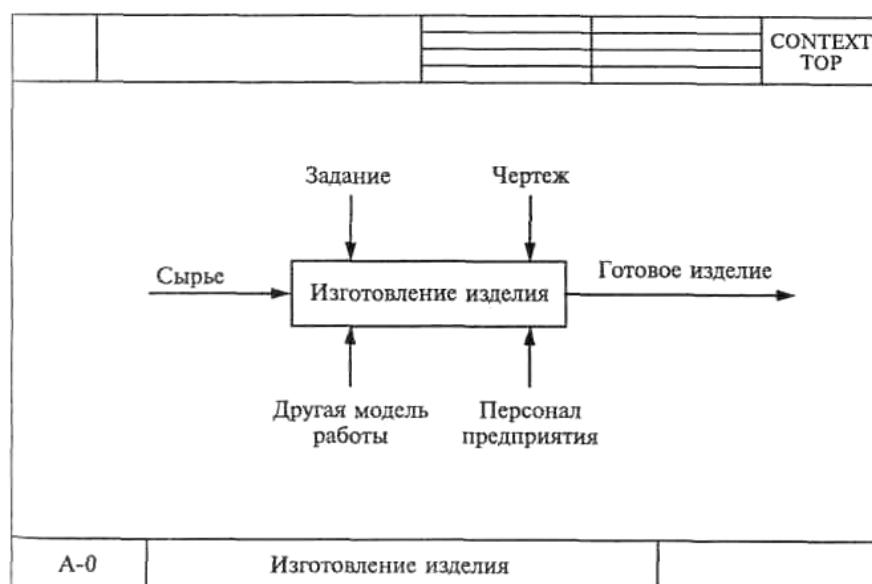


Рис. 7. Контекстная диаграмма A-0

Из этого примера видно, что единственный блок на диаграмме изображает деятельность всей моделируемой системы. Входные стрелки определяют ту внешнюю информацию, которую перерабатывает моделируемая система, выходная стрелка характеризует продукт, который получается в результате деятельности. Стрелка механизма показывает, кто будет реализовывать деятельность, описанную именем блока, а управление характеризует те правила, которыми должны руководствоваться исполнители при выполнении функции (деятельности).

В пояснительном тексте к контекстной диаграмме в краткой форме должна быть указана цель и зафиксирована точка зрения. Цель определяет области в анализируемой системе, на которых необходимо фокусироваться в первую очередь. Точка зрения определяет основное направление развития модели и уровень необходимой детализации. Она позволяет отказаться от несущественных свойств в данном аспекте рассмотрения. Например, функциональные модели предприятия с точки зрения главного технолога и финансового директора будут различаться, поскольку финансового директора интересуют финансовые потоки, а главного технолога – аспекты переработки сырья.

Средства IDEF0 облегчают передачу информации от одного участника разработки модели (отдельного разработчика или рабочей группы) к другому. К числу таких средств относят:

- диаграммы, основанные на простой графике блоков и стрелок, легко читаемые и понимаемые;
- метки на естественном языке для описания блоков и стрелок, а также глоссарий и сопроводительный текст, используемые для уточнения смысла элементов диаграммы;
- последовательная декомпозиция диаграмм, строящаяся по иерархическому принципу, при котором на верхнем уровне отображают основные функции, а затем происходит их детализация и уточнение;
- древовидные схемы иерархии диаграмм и блоков, обеспечивающие обозримость модели в целом и входящих в нее деталей, что особенно важно при моделировании больших систем.

Моделирование в IDEF0 представляет собой пошаговую, итерационную процедуру. На каждом шаге итерации разработчик предлагает вариант модели, который подвергают обсуждению, рецензированию и последующему редактированию, после чего цикл повторяется. Такая организация работы способствует оптимальному использованию знаний системного аналитика, владеющего методологией и техникой IDEF0, и знаний специалистов-экспертов в предметной области, к которой относится объект моделирования.

При функциональном моделировании осуществляют постепенное (поуровневое) уточнение функций. Каждый уровень детально описывает

вышестоящий. Простая система обозначений нотации IDEF0 и строгий набор правил построения обеспечивают точность и ясность моделирования. Модель состоит из одной контекстной диаграммы и диаграмм декомпозиции (рис. 8).

Каждая диаграмма декомпозиции представляет собой набор чередующихся функций, связанных стрелками потоков, которые подразделяют на входные и выходные, управляющие (воздействия) и исполняющие (механизмы). Так как выполнение большинства функций направлено на получение конкретного результата, то разумно начинать построение диаграммы с определения выходов, потом следует обозначить входы, а затем уже механизмы и управление.

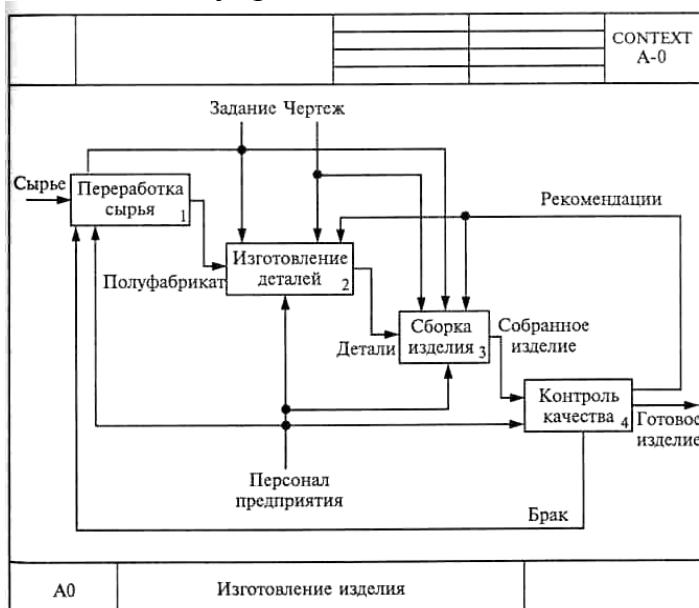


Рис. 8. Диаграмма декомпозиции

На этапе детального обследования построенная модель должна быть декомпозирована до необходимого уровня, и на ее основе выявляют процессы, обеспечивающие выполнение перечисленных функций. Построенные на этом этапе функциональные модели IDEF0 могут стать основой спецификаций процессов (IDEF3) и моделей документооборота (DFD).

На последующих этапах функционального моделирования описывают связи выбранной подсистемы с внешней средой (другими подразделениями, филиалами, предприятиями и т.д.) с указанием каналов связи и их характеристик. В ходе их выявления функциональная модель пополняется граничными связями.

Одно из достоинств метода IDEF0 заключается в том, что он абстрагируется от организационной структуры объекта и анализирует его функции. Это позволяет после построения модели взглянуть на организационную структуру, реализующую эти функции, с точки зрения ее совершенства, выявить похожие функции или их дублирование и дать

предложения по реорганизации системы. При разработке моделей следует избегать изначальной «привязки» функций исследуемой системы к существующей организационной структуре моделируемого объекта (предприятия). Это помогает избежать субъективного подхода, навязанного существующей организацией производства, так как именно организационная структура должна быть результатом применения модели. Сравнение результата с существующей структурой позволяет, во-первых, оценить адекватность модели, а во-вторых, предложить решения, направленные на совершенствование этой структуры. Метод IDEF0 позволяет идентифицировать бизнес-процессы, рассмотреть функционирование предприятия «как есть» и на основе анализа процессов дать предложения «как должно быть», т. е. по-новому взглянуть на работу предприятия, уточнить обязанности работников, оценить эффективность использования ресурсов, увидеть недостатки, искусно скрытые в обычной организационной структуре. Следовательно, выявление, анализ и внесение изменений в бизнес-процессы может быть использовано для повышения эффективности работы предприятия.

Разработка моделей IDEF0 требует соблюдения ряда строгих формальных правил, обеспечивающих преимущества методологии в отношении однозначности, точности и целостности сложных многоуровневых моделей. На всех стадиях и этапах разработки и корректировки модели должны строго формально соблюдаться синтаксические и семантические правила графического языка, а результаты должны тщательно документироваться для того, чтобы при эксплуатации не возникало вопросов, связанных с неполнотой или некорректностью документации.

Для каждого подразделения, описанного в организационной структуре производства, определяют список выполняемых функций, который оформляется в виде дерева и является основой для составления функциональной модели верхнего уровня. Подобная модель деятельности должна включать в себя некоторый набор функций, распределенных по нескольким уровням, с указанием исполняющих их структурных подразделений предприятия, а также нормативную и другую документацию, регламентирующую выполнение каждой из них. Глубина и полнота построенной на этом этапе функциональной модели определяется количеством данных, необходимых для последующего разбиения проекта на отдельные этапы внедрения.

Для создания типовых моделей IDEF0 предлагается четырехуровневая классификация функций, которая ориентирована на достаточно широкий круг организационно-экономических и производственно-технических систем. Каждая рубрика в классификации представляет собой класс преобразующих блоков, экземпляры которых создают и используют при моделировании конкретной системы. Классификация делит все

функции таких систем на четыре основных и два дополнительных вида. К основным видам функций относят следующие:

1. Деятельность (бизнес) – совокупность процессов, выполняемых (протекающих) последовательно и/или параллельно, которые преобразуют множество материальных и/или информационных потоков во множество материальных и/или информационных потоков с другими свойствами. Деятельность осуществляется в соответствии с заранее определенной и постоянно корректируемой целью с потреблением финансовых, энергетических, трудовых и материальных ресурсов при выполнении ограничений со стороны внешней среды. В модели IDEF0 деятельность описывается блоком A-0 на основной контекстной диаграмме (см. рис. 8).

При моделировании крупных, многопрофильных структур (фирм, организаций, предприятий), которые по своему статусу занимаются различными видами деятельности, последние представляют собой различные экземпляры класса «деятельность» и могут найти отражение в дополнительной контекстной диаграмме A-1. В этом случае общая модель такой сложной структуры будет состоять из ряда частных моделей, каждая из которых относится к конкретному виду деятельности.

2. Процесс (бизнес-процесс) – совокупность последовательно и/или параллельно выполняемых операций, которые преобразуют материальный и/или информационный потоки в соответствующие потоки с другими свойствами. Процесс протекает в соответствии с управляющими директивами, вырабатываемыми на основе целей деятельности. В ходе процесса потребляются финансовые, энергетические, трудовые и материальные ресурсы и выполняются ограничения со стороны других процессов и внешней среды.

3. Операция – совокупность последовательно или/и параллельно выполняемых действий, которые преобразуют объекты, входящие в состав материального или/и информационного потока, в соответствующие объекты с другими свойствами. Операция может выполняться в соответствии с директивами, определяющими протекание процесса, в состав которого входит операция, а также с учетом ограничений со стороны других операций и внешней среды.

4. Действие – преобразование какого-либо свойства материального или информационного объекта в другое свойство. Действие выполняется в соответствии с командой, являющейся частью директивы на выполнение операции, с потреблением необходимых ресурсов и с соблюдением ограничений на осуществление данной операции.

Дополнительными видами функций являются: субдеятельность – совокупность нескольких процессов в составе деятельности, объединенная некоторой частной целью (являющейся «подцелью» деятельности), и подпроцесс – группа операций в составе процесса, объединенная технологически или организационно.

Все функции, входящие в приведенную выше классификацию, находятся между собой в отношениях иерархической подчиненности по принципу «сверху вниз»: деятельность – субдеятельность – процесс – подпроцесс – операция – действие.

Согласно методу IDEF0 каждая функция выполняется посредством своего механизма. В большинстве систем, анализируемых при помощи функциональных моделей, такими механизмами служат организационно-технические структуры. Одним из концептуальных принципов функционального моделирования является отделение функций от механизма их реализации. Вместе с тем анализ показывает, что между иерархией функций (преобразований) и иерархией механизмов существует соответствие.

Используя иерархию функциональных блоков, можно определить элементы иерархии механизмов следующим образом:

- *организационно-техническая система* – организационная структура, персонал и комплекс технических средств (оборудование), необходимые для осуществления деятельности;
- *организационно-техническая подсистема* – часть организационно-технической системы, обеспечивающая протекание процесса (субдеятельности);
- *организационно-технический комплекс (модуль)* – часть организационно-технической подсистемы, предназначенная для выполнения операции;

*Организационно-технический блок* – часть организационно-технического комплекса, обеспечивающая выполнение действия.

Таким образом, при корректном построении функциональной модели появляется возможность связать ее блоки на разных уровнях декомпозиции с элементами организационно-технической структуры, выступающими в качестве механизмов. В этом случае организационно-техническая структура также становится результатом функционального моделирования.

Во многих моделях находит отражение явление, связанное с формированием или специфической настройкой (перестройкой) механизмов в ходе деятельности. Это явление называют реинжинирингом производства (бизнес-процессов) на предприятии и отражают в модели как субдеятельность, поскольку почти всегда она состоит из нескольких процессов.

Механизм любого уровня обеспечивает выполнение деятельности (процесса, операции, действия) путем потребления ресурсов (финансовых, энергетических, трудовых) непосредственно или в результате промежуточных преобразований, т.е. специфических процессов, которые можно назвать поддерживающими, обеспечивающими или вспомогательными (по аналогии с вспомогательными производствами, цехами, участками на машиностроительном предприятии) по отношению к основным процессам, где происходят преобразования, однозначно обусловленные целью деятельности. Существенным признаком вспомогательного процесса является то, что он не создает конечного продукта деятельности и, следовательно, прибыли, а является затратным.

Управление является особым видом процесса, операции, действия. Из общих принципов метода IDEF0 вытекает, что каждый блок на диаграмме должен иметь хотя бы одну управляющую стрелку, отображающую условия правильного функционирования блока. Это требование является следствием положения системотехники, согласно которому управление – это такое воздействие (преимущественно информационное) на систему, которое стимулирует ее функционирование в направлении достижения заданной цели. В связи с этим можно сформулировать ряд определений и методических положений, которыми следует руководствоваться при отражении процессов управления на функциональных моделях.

*Управление деятельностью* – это процесс, состоящий, как минимум, из следующих операций:

- формулирование целей деятельности;
- анализ и оценка ресурсов, необходимых для осуществления деятельности, и их сопоставление с имеющимися ресурсами;
- сбор информации об условиях протекания и фактическом состоянии деятельности («глобальная обратная связь»);
- выработка и принятие решений, направленных на достижение целей, в частности решений о распределении ресурсов по процессам, входящим в состав деятельности; оформление решений в виде директив на управление процессами;
- реализация решений (исполнение директив) и оценка их результатов («локальная обратная связь»);
- корректировка в случае необходимости (например, при нехватке ресурсов) ранее сформулированных целей (самонастройка, адаптация).

*Управление процессом* – это операция, состоящая, как минимум, из следующих действий:

- анализ директивы на управление процессом, ее декомпозиция на директивы управления операциями;

- сбор (прием по каналам связи) информации о ходе выполнения операций, ее обобщение и формирование сведений о состоянии процесса, передача данных в подсистему управления деятельностью;
- сопоставление информации о ходе операций с данными директив и выработка локальных решений, направленных на устранение отклонений:
- корректировка (в случае необходимости) директив на выполнение операций.

*Управление операцией* – это действие, включающее в себя следующие мероприятия:

- выработка на основании директивы на управление операцией команд на управление действиями;
- реализация этих команд;
- оценка результатов выполнения;
- передача необходимой информации в комплекс управления процессом;
- корректировка команд в случае необходимости.

Блоки управления должны быть на каждой IDEFO-диаграмме (кроме тех, которые являются декомпозициями таких блоков). Через них осуществляют управляющие воздействия на остальные блоки диаграммы. Именно эти блоки воспринимают ограничивающую и предписывающую информацию и преобразуют ее в соответствующие директивы и команды.

Стрелки, исходящие из блока «Управлять...», описывают централизованную схему управления (управленческую вертикаль). Возможны варианты структур, в которых выходная информация одного из блоков является управляющей для другого, что отражает децентрализацию управления (горизонтальные связи).

По результату моделирования производственных процессов определяются показатели эффективности процессов:

- количество производимой продукции заданного качества, оплаченное за определенный интервал времени;
- число потребителей продукции;
- перечень и количество типовых операций, которые необходимо выполнить при производстве продукции за определенный интервал времени;
- стоимость издержек производства продукции;
- длительность выполнения процессов и отдельных операций;
- капиталовложения в производство.

Функциональная модель производственных процессов дает также список (дерево) функций, которые обеспечивают достижение стратегических целей реализации наиболее прибыльных бизнес-процессов;

обнаружение дорогостоящих функций (затраты центров) технологий реализаций бизнес-процессов, которые не оправдывают затрачиваемых на них средств; анализ технологий реализации бизнес-процессов по показателям эффективности; вычисление стоимости затрат производства продукции; определение себестоимости производимой продукции; расчет эффективности применения средств автоматизации в структурных подразделениях предприятия; анализ и оценка интенсивности информационных потоков и документооборота.

После построения функциональной модели производства по списку выполняемых функций определяется организационная структура автоматизированного производства.

Для каждого подразделения, описанного в организационной структуре производства, в свою очередь, определяется список функций и задач, подлежащих автоматизации. Этот список оформляется в виде дерева и является основой для составления функциональных компонентов интегрированной автоматизированной системы. Функциональные компоненты могут содержать одну или несколько взаимосвязанных автоматизированных подсистем. Таким образом полученные перечни автоматизированных функциональных подсистем предназначаются для реализации процессов в соответствии с полученными функциональными моделями. Наиболее широко применяемые автоматизированные подсистемы интегрированного производства рассмотрены в разделе 1.3.

## **1.2. Основные принципы управления интегрированных автоматизированных систем**

С точки зрения управления ИАС относятся к большим системам. В каталогах компаний, в технической документации проектов ИАС различных научно-производственных фирм указывается на использование принципов иерархичности, модульности, открытости, симбиозности и др. (табл. 1)

Таблица 1

| Принцип системного подхода |                             |                       | Следствие |  |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------|--|
| № п/п                      | Наименование                | Формулировка          | № п/п     | Формулировка                                     |
| 1.                         | Принцип целеобусловленности | Цель первична. Для ее | 1.        | Система может быть создана, если ей задана цель. |

| Принцип системного подхода |   |   | Следствие |   |
|----------------------------|---|---|-----------|---|
| № п/п                      | Наименование                            | Формулировка  | № п/п     | Формулировка  |
|                            | вленности                               | реализации (достижения) должна формироваться надлежащим образом совокупность технических (аппаратных) средств и обслуживающих их людей, образующих систему  | 2.        | Система может существовать, если она содержит механизм достижения цели, количественно характеризующий в каждый момент времени степень соответствия поведения системы заданной цели. |
| 2.                         | Принцип относительности (иерархичности) | Одна и та же совокупность модулей может рассматриваться как самостоятельная система, так и как часть (подсистема) другой, большой системы, в которую она входит. В свою очередь, эта же совокупность модулей может рассматриваться как большая система по отношению к частям (подсистемам), которые входят в нее. | 3.        | Отклонения от достижения цели системой должны быть количественно измеримы.  |

| Принцип системного подхода |                                     |  | Следствие |   |
|----------------------------|-------------------------------------|--|-----------|---|
| № п/п                      | Наименование                        | Формулировка   | № п/п     | Формулировка  |
| 3.                         | Принцип управляемости               | Система должна быть управляемой, т.е. способной изменять собственные (естественные) движения с помощью управляющих воздействий.  | 1.        | Структура управляемой системы должна описываться в виде иерархии управляемых контуров.  |
|                            |                                     |  | 2.        | В управляемой системе должен присутствовать механизм управления в виде управляющей и управляемой частей с прямыми и обратными отрицательными обратными связями. |
| 4.                         | Принцип наблюдаемости (измеримости) | Любая система, а именно параметры ее движения (развития) должны быть количественно оценены с помощью измерителей информации, которые должны давать полную информацию о текущем состоянии системы, характеризующим всю предысторию влияния задающих и возмущающих воздействий на систему. | 1.        | Информационная полнота для количественной оценки отклонения от достижения цели функционирования.  |
|                            |                                     |  | 2.        | Точность выбранных измерителей определяет точность работы системы в целом.  |
|                            |                                     |  | 3.        | Для достижения требуемого качества точностных свойств измерителей систем верхнего и нижнего уровней.  |
|                            |                                     |  | 4.        | Иерархия точностных свойств. Устройства для измерения параметров системы должны быть информационно совместимы.  |
| 5.                         | Принцип связанности                 | Система, выделенная для самостоятельного исследования,   | 1.        | В системе, выделенной для самостоятельного исследования.  |

| Принцип системного подхода |                        |   | Следствие |   |
|----------------------------|------------------------|---|-----------|---|
| № п/п                      | Наименование           | Формулировка  | № п/п     | Формулировка  |
|                            |                        | должна быть управляемой по отношению к системе верхнего уровня и управляющей по отношению к системе нижнего уровня, и наблюдаемой по отношению к системе верхнего уровня. Иерархия управляемости и наблюдаемости.           | 2.        | Должен присутствовать механизм связанности в виде совокупности трех частей: системы верхнего уровня, исследуемой системы, и системы нижнего уровня, соединенных прямыми и обратными связями.  |
| 6.                         | Принцип моделируемости | Управляемая система должна содержать в своей структуре модель прогнозирования во времени состояний для выбора наилучшего поведения, обеспечивающей о достижения заданной цели управления при минимальных затратах ресурсов. | 3.        | Управляемая система должна иметь внешние критерии на входе и на выходе, характеризующие степень соответствия ее поведении задаче управления. Критерии на входе задает система верхнего уровня, критерии на выходе формирует данная (исследуемая) система. Иерархия критериев качества функционирования системы. |

| Принцип системного подхода |                       |   | Следствие |   |
|----------------------------|-----------------------|---|-----------|---|
| № п/п                      | Наименование          | Формулировка  | № п/п     | Формулировка  |
| 7.                         | Принцип симбиозности  | Управляемые системы должны стоиться с применением таких концепций, которые позволяют естественно включать человека как звено системы управления         | 1.        | В управляемой системе должно присутствовать механизм корреляции в виде дополнительных контуров, обеспечивающего в основных контурах информационных параметров влиянием управляющих воздействий элементов естественного и искусственного интеллекта. |
|                            |                       |   | 2.        | Главенствующая роль человека управляемой системе обеспечивается механизмом общения элементом естественного и искусственного интеллекта в виде специализированного операционного диалогового языка.  |
| 8.                         | Принцип оперативности | Изменения поведения (движения) управляемой системы под влиянием различных воздействий должны происходить своевременно, т.е. в реальном масштабе времени | 1.        | В управляемой системе должно присутствовать механизм регулирования работы в реальном масштабе времени в виде контроля организующей системы.   |
|                            |                       |   | 2.        | Информация между ЭВМ и человеком должна выдаваться в формах – позиграфической, буквенно-цифровой, обеспечивающей. Соответственно оперативность точность восприятия.   |
| 9.                         | Принцип модульности   | Управляемая система должна строится основываясь на модульном принципе аппаратной,   | 1.        | В управляемой системе отдельные модули должны быть совместны. Исполнительные информационные, технологические, транспортные и складские  |

| Принцип системного подхода |                    |   | Следствие |   |
|----------------------------|--------------------|---|-----------|---|
| № п/п                      | Наименование       | Формулировка  | № п/п     | Формулировка  |
|                            |                    | технологической и информационной совместимости всех модулей, входящих в систему.  |           | модули должны проектироваться на основе использования совместимости информационных параметров.  |
| 10.                        | Принцип открытости | Управляемая система должна быть развивающейся на основе принципа открытости, которая позволяет аккумулировать новые модули с целью повышения качества функционирования системы имее адаптации к новым условиям и целям. | 1.        | Управляемая система должна развивающейся, что предусмотрено включение новых модулей технологий в функционирование системы. Свойство открытости должно присуще всем уровням системы - от самого верхнего уровня до самого нижнего. |

В конспекте в дальнейшем будут рассмотрены возможности, обеспечения и преимущества полученные разработчиком интегрированных автоматизированных систем, реализовывая совокупность средств, методов и принципов системного подхода.

### **1.3. Типовая архитектура интегрированной автоматизированной системы.**

Интегрированная автоматизированная система – взаимосвязанная совокупность автоматизированных промышленных подсистем, функционирующих в едином информационном пространстве путем стандартизации представления информации на этапах проектирования, управления, эксплуатации технических средств.

В состав интегрированных автоматизированных систем могут входить следующие типы автоматизированных подсистем [1]:

- автоматизированные подсистемы проектирования CAE, CAD, SCM – (САПР);
- автоматизированные подсистемы подготовки производства CAM, АСТПП;
- автоматизированные подсистемы управления производством и реализацией: SCADA, CNC, ERP, MRP-II, МЕС, АСУТП.
- автоматизированные системы обслуживания и эксплуатации CRM, SCM, CPC;

Их взаимосвязь показана на рис. 9.

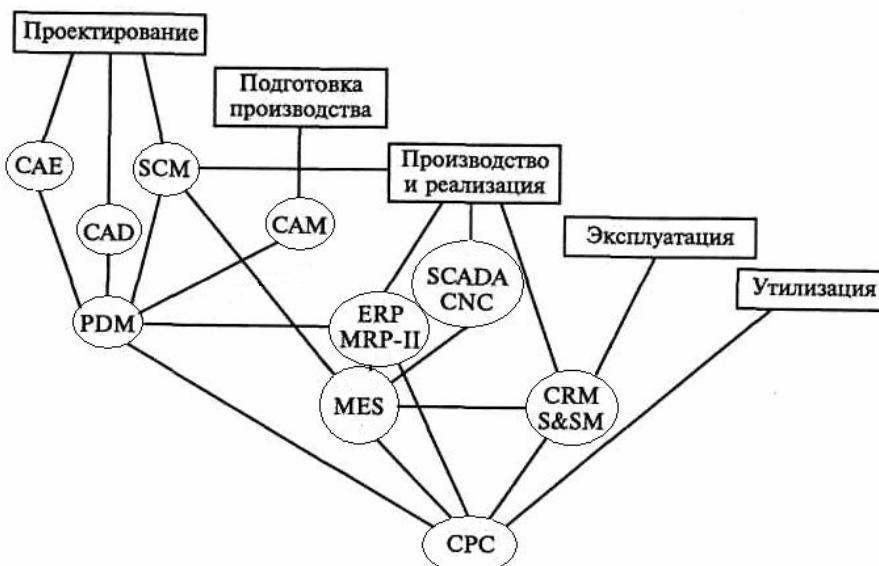


Рис. 9. Состав ИАС

Расшифровки аббревиатур обозначений рисунка 9:

**SCADA** – Supervisory Control And Data Acquisition – визуализация, управления и обработки данных (диспетчерское управление производственными процессами);

**CAD** – Computer Aided Design – компьютерные технологии проектирования (автоматизированное проектирование);

**CAM** – Computer Aided Manufacturing – компьютерные технологии в производстве (система автоматизированного производства);

**CAE** – Computer Aided Engineering – компьютерные технологии конструирования (автоматизированные системы инженерных расчётов);

**САПР** – Система автоматизированного проектирования (состоящие из комплекса программно-аппаратных средств автоматизации проектных, конструкторских, технологических и производственных работ).

**PDM** – Product Data Management – Управление проектными данными (системы для хранения, анализа передачи данных об изделии и процессах);

**ERP** – Enterprise Resource Planning – Планирование и автоматизированное управление предприятием;

**MRPII** – Manufacturing Requirement Planning – Планирование производства;

**MES** – Manufacturing Execution System – Производственная исполнительная система;

**SCM** – Supply Chain Management – Управление цепочками поставок (система управления поставками комплектующих);

**CRM** – Customer relationship Management – Управление взаимоотношениями с заказчиком;

**CNC** – Computer Numerical Control – Компьютерное числовое управление (системы числового программного управления СЧПУ).

**CPC** – Collaborative Product Commerce – Совместный электронный бизнес.

**CASE** – Computer Aided Software Engineering – Технология создания и сопровождения ПО различных систем.

В зависимости от того, какие задачи решает САПР, она может быть отнесена к одному из классов:

- CAD-системы – решают только конструкторские задачи; к центральным из них относят создание пространственной геометрической модели изделия и разработку чертежно-конструкторской документации. Некоторые системы (их иногда называют «плоскими») решают только задачи по компьютерному построению чертежей;

- CAM-системы – решают задачи формирования управляющих программ для обработки деталей на станках с ЧПУ; при этом модели деталей, на основании которых строится процесс обработки, не создаются в CAM-системе, а «принимаются» из CAD-системы через согласованные интерфейсы;

- CAD/CAM-системы – обеспечивают интегрированное решение задач конструкторского и технологического проектирования; здесь имеются средства как для построения моделей и выпуска чертежей, так и для программирования обработки на станках с ЧПУ; модель изделия может использоваться также для проектирования необходимой технологической оснастки (например, штампов или прессформ) и последующего сформирования управляющих программ для изготовления этой оснастки на станках с ЧПУ;

- CAE-системы – решают задачи инженерного анализа, к которым относятся прочностные и тепловые расчеты, анализ процессов литья изделий из пластмасс или металлов и т. д.; эти системы, как правило, имеют собственные средства построения моделей, однако обычно используются модели, построенные в CAD- или CAD/CAM-системах;

- CAD/CAM/CAE-системы – решают весь комплекс перечисленных выше задач.

Перечень программных продуктов системы автоматизированного проектирования: Cimatron, CADDS, AutoCAD, CoolKey, Компас, Кредо.

Система Cimatron относится к классу CAD/CAM-систем. Она исполняется на этапах концептуального проектирования продукта, конструирования и подготовки производства до непосредственного выпуска продукта производства. При этом система может охватывать все предприятие или использоваться в отдельных крупных производственных подразделениях.

Основные характеристики CAD/CAM систем Cimatron:

- полнофункциональность, то есть возможность интегрированного решения широкого спектра задач в области проектирования изделий и конструкторско-технологической подготовки производства;
- простота в освоении и в использовании, что значительно ускоряет процесс внедрения системы и облегчает подготовку персонала;
- независимость от аппаратной платформы, то есть возможность полноценной работы с системой как на различных типах графических станций, так и на персональном компьютере;
- модульность, дающая возможность сконфигурировать каждое рабочее место в соответствии с требованиями пользователя;
- возможность создания собственных приложений на основе использования специальных инструментальных средств;
- широкий набор интерфейсов по данным, дающий возможность организовать эффективную интеграцию с другими CAD- и CAE-системами;
- наличие документации на русском языке, высокий уровень поддержки пользователей, что особенно важно для отечественных предприятий. Благодаря платформенной независимости, Cimatron может работать в полном объеме на разных типах компьютеров.

Система поддерживает для каждого проектируемого объекта единую базу данных, которая содержит полную информацию о модели детали, ее чертеже и о технологических процессах обработки. Это является важным преимуществом системы и создает большие удобства при использовании. Благодаря единой базе данных, в системе реализован принцип ассоциативности, при котором любое изменение модели детали приводит к автоматической корректировке ее чертежа, а в ряде случаев и технологических процессов. Это существенно упрощает работу конструкторов и технологов и устраниет разнотечения при неизбежных в ходе производства усовершенствованиях и корректировках.

## 1.4. Типовые функции уровней управления интегрированной системы

Общую схему интегрированных автоматизированных систем управления, для разнообразного спектра применения, можно представить в виде показанной на рис. 10

В системах промышленной автоматизации в зависимости от задач управления выделяют пять уровней:

I. Ввод/вывод (Input/Output – I/O). На данном уровне «работают» устройства связи с объектом (УСО). К ним относятся датчики, исполнительные устройства и устройства удалённого сбора данных и управления (УУ).

II. Управление вводом\выводом. Управление вводом/выводом чаще всего осуществляется программируемыми логическими контроллерами (ПЛК). Кроме того, имеется целый класс устройств – интеллектуальные датчики и интеллектуальные исполнительные механизмы, которые реализуют в себе функции первого и второго уровней.

III. Диспетчерское управление и сбор данных (Supervisory Control and Data Acquisition – SCADA). Программное обеспечение SCADA-систем устанавливается на промышленные компьютеры, расположенные непосредственно в производственных зонах. Часто это промышленные и панельные рабочие станции с повышенной надёжностью.

IV. Управление процессом производства. На этом уровне работают системы автоматизации управленческой и финансово-хозяйственной деятельности.

V. Планирование ресурсов предприятия (уровень стратегического управления).

Рассмотрим более подробно функции и задачи управления трёх нижних уровней.

Как уже отмечалось ранее, устройства связи с объектом включают программируемые логические контроллеры, сети и интерфейсы для связи с RTU (Remote Terminal Unit), с датчиками, с исполнительными механизмами, электроавтоматикой (ЭЛА), которые устанавливаются на технологических объектах и оборудовании производств.(рис. 11)

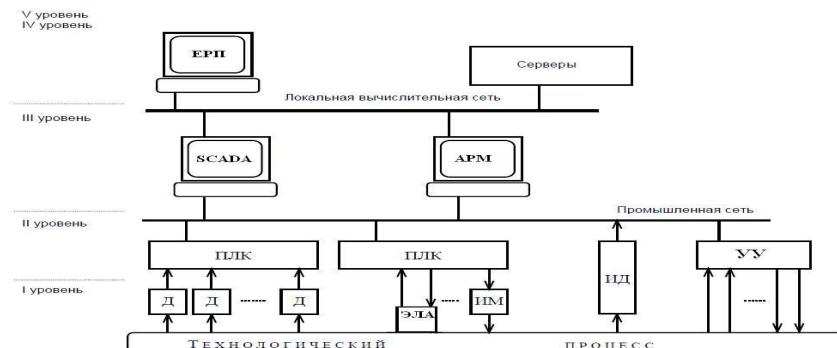


Рис. 11. Схема интегрированной автоматизированной системы управления.

В общем случае ЭЛА включают в себя:

- кнопки и выключатели панелей операторов;
- бесконтактные датчики и фотоэлементы;
- конечные переключатели типа концевых и путевых выключателей;
- контакты реле (тока, давления, температуры);
- цифровые выходы программируемых логических контроллеров и ЭВМ;

- другие контактные и бесконтактные элементы, сигнализирующие о состоянии исполнительных механизмов(открыто/закрыто, вкл./выкл.) и об аварийных ситуациях.

Сигналы с датчиков исполнительных механизмов, электроавтоматики, RTU передаются в контроллеры посредством модулей ввода/вывода. На рис. 12. показана схема модуля ввода/вывода, который предназначен не только для ввода/ввода, но и преобразования и гальванической изоляции сигналов управления объекта.

По количеству подключаемых сигналов различают МВВ на 4, 8, 16, 32, 64 и 128 каналов (входных и выходных).

Входные каналы МВВ сигналов опрашивают цепи ЭЛА, датчики и другие устройства: приходят сигналы типа AI и DI, которые переводят как аналоговый и дискретный ввод (I – Input – Ввод) соответственно. Тип сигналов аналогового ввода AI – это постоянное напряжение в диапазоне 0-5В, 0-10В, ±5В, ± 10В или ток в диапазонах 0-5 мА, 0-20мА, 4-20 мА. Типы сигналов дискретного ввода DI – это сигналы с уровнем напряжения 12, 24, 48 В постоянного тока, 120 и 240 В переменного тока с разными нагрузками по току. В качестве примера опроса сигналов электроавтоматики по входным каналам модуля рассмотрим приём от станка к контроллеру сигнала (рис. 12):

- «готовность» станка;
- кнопки режима станка «пуск», «автомат.», «наладка», «исходное», «стоп»;
- от переключателей «быстрый ход», «малый ход»;
- от ограничителей перемещения координат оборудования;
- от грубого и точного датчиков нулей координат оборудования;
- включения, выключения тех или иных механизмов.

Все эти сигналы дискретного типа DI, двухпозиционные и подаются на входы узла согласования (рис.12.). Если подаваемый сигнал в виде напряжения постоянного тока в пределах 0÷3В, узел согласования вырабатывает логический «0», что соответствует состоянию выключено; при напряжениях постоянного тока в диапазоне 20÷27В, вырабатывает логическую «1», что соответствует состоянию включено. Логические ноль и единицы записываются по программе в ячейки памяти со своим адресом. Например, 64 входных канала МВВ имеет 16 адресов, для каждого адреса по 4 бита. Информация о сигнале «включено\выключено» в цифровом виде

поступает в контроллер и далее через сервер в базу данных ИАС и на панели операторов.

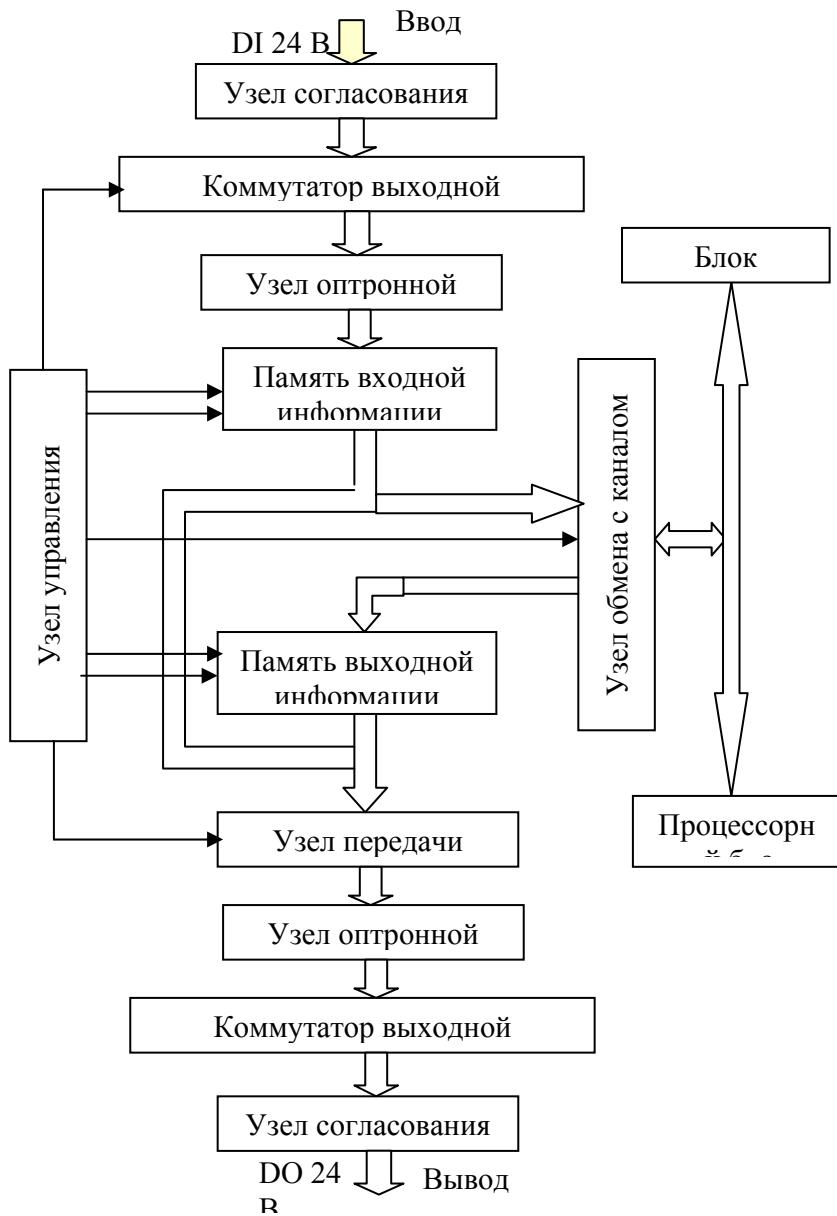


Рис. 12. Схема модуля ввода/вывода.

Сигналы с выходных каналов МВВ управляют посредством контроллера, работой сигнализирующих работу светодиодов, реле, магнитных клапанов и другими устройствами электроавтоматики. На рис.12 эти сигналы обозначены аналоговое АО и дискретные DO (O – Output – вывод). Работу выходных каналов МВВ проиллюстрируем примером передачи сигналов:

- «пуск» от CNC;
- включения, выключения тех или иных механизмов управляемых контроллером;
- аварийного останова;

- управления кнопками переключения режимов;

По программе контроллера сигналы низкого или высокого уровня записываются в ячейки памяти выходной информации и через узел передачи, оптронной развязки и коммутатор, усиливаются в узле согласования и передаются на станочное оборудование напряжением 0 В (выключено), либо 24 В (включено).

По способу размещения модулей ввода/вывода сигналов различают:

- локальный ввод/вывод;
- локальный ввод/вывод с расширением;
- удаленный ввод/вывод;

При локальном вводе/выводе МВВ размещаются непосредственно на том же шасси, что и процессорный блок. Недостатком локального ввода\вывода является ограничение слотов шасси у некоторых контроллеров, следовательно, и количество локальных вводов/выводов может быть тоже ограничено. Преимуществом локального ввода/вывода является высокая скорость обновления данных.

Локальный ввод\вывод с расширением позволяет увеличить количество модулей локального ввода\вывода путём добавления дополнительных шасси со слотами. Эти шасси соединяются между собой кабелем и могут быть отнесены не более чем на несколько десятков метров от модуля центрального процессора. Семейства контроллеров способны поддерживать десятки шасси расширения с большим количеством модулей ввода/вывода.

Удаленный ввод/вывод (рис.13) применяется для систем, в которых имеется большое количество датчиков и других полевых устройств, находящихся на достаточно большом расстоянии (1000 и более метров) от центрального процессора. Это относится и к объектам отраслей, часто находящихся на больших расстояниях от пунктов управления. Такой подход позволяет уменьшить стоимость линий связи за счет того, что модули ввода/вывода размещаются вблизи полевых устройств. Поддержка удалённого ввода\вывода осуществляется с использованием модулей удалённый ведущий(активный) и удалённый ведомый(пассивный).

Удалённый ведущий модуль располагается в каркасе контроллера и соединяется кабелем с удалённым ведомым модулем, который находится в удалённом каркасе. Один ведущий модуль может поддерживать до 128 ведомых.

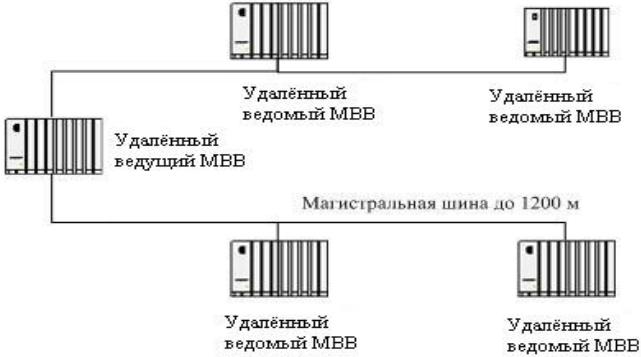


Рис.13 а Схема удаленного ввода/вывода

На рисунке 13а представлена схема удалённого ввода\вывода, используемая контроллером фирмы «Koyo» Direct Logic DL205 с процессором D2-250, поддерживающим семь ведущих модулей ввода\вывода D2-RMSM, а каждый из которых поддерживает 32 ведомых.

## **РАЗДЕЛ 2. СРЕДСТВА СЕТЕВОЙ ПОДДЕРЖКИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ**

### **2.1. Промышленные сети. Технология обмена информации в сетях ИАС.**

Промышленные сети ИАС имеют структуру, основные характеристики и принцип работы, аналогичные распространенным вычислительным сетям. К основным характеристикам вычислительных сетей относятся топология, скорость передачи по основному кабелю, пропускная способность, протяженность, максимальное число узлов, надежность, расширяемость (наращивание сети). Основные характеристики сетей зависят от типа базовой топологии: звездообразной, кольцевой, шинной, древовидной и комбинированной [6]. Например, пропускная способность в шинной топологии падает с ростом числа узлов, а в древовидной – высокая; в сети «кольцо» – с ростом числа узлов растет среднее время передачи сообщений из-за задержки в каждом узле, а в сети «звезда» пропускная способность определяется скоростью работы центрального узла – коммутатора и нагрузкой, создаваемой узлами –

абонентами сети. Топология сетей ИАС строятся на различных смешанных топологиях, адекватно отражающих связей между оборудованием и системами интегрированного производства.

Однако, оборудование и комплекс технических средств интегрированной системы имеют особенности, которые должны учитываться при разработке сетевой архитектуры:

1. Пространственное распределение оборудования и комплекса систем их автоматизации обуславливает работу последних на длинных расстояниях;

2. Системы управления и оборудование функционируют в условиях производства, где изменяются температура окружающей среды, влажность, давление, уровни электромагнитных помех и т.п. Функционирование в условиях перечисленных возмущений требует применения:

а) в сетях, кроме резервирования, специальных технологий обмена данными между устройства, подключенными к сети;

б) наличие высоконадежных механических соединительных компонентов для связи с оборудованием, контроллерами, датчиками, блоками ввода/вывода и электромеханикой систем.

3. Функционирование значительного количества контроллеров в составе ИАС осуществляется с операционными системами реального времени (ОСРВ). Следовательно, и сети, к которым подключены контроллеры с ОСРВ, должны обеспечить функции реального времени и жесткой детерминированности процессов обмена.

В связи с этими особенностями появились новые технологии вычислительных сетей – sensorbus, fieldbus, в которых определено понятие «промышленная сеть». Следующий шаг в построении промышленных сетей был сделан при использовании программируемых логических контроллеров - PLC (Programmed Logic Controller). Соединение разнородных сетей sensorbus в одну общую под управлением PLC предоставляет новые возможности по управлению процессом. Промышленная сеть (Fieldbus) определяется как коммуникационная технология построения обмена данными в сети, объединяющем контроллеры, персональные компьютеры, серверы, датчики, исполнительные механизмы, электроавтоматику оборудования, блоки ввода/вывода систем автоматизации, панели операторов, автоматизированные рабочие места.

Fieldbus технология определяет основные характеристики промышленных сетей:

- жесткая детерминированность (предсказуемость) поведения;
- обеспечение функций реального времени;
- работа на длинных линиях

- повышенная надежность физического и канального уровней передачи данных для работы в промышленной среде, например, при больших электромагнитных и других помехах;
- наличие специальных высоконадежных механических соединительных компонентов.

Fieldbus технология использует принцип открытости. Сеть считается открытой, если она удовлетворяет следующим критериям:

- наличием полных опубликованных спецификаций;
- наличием критического минимума доступных компонентов (интерфейсные кристаллы и готовые изделия) от ряда независимых поставщиков;
- организацией хорошо определенного процесса ратификации возможных дополнений к стандартам и спецификациям.
- включаемостью (*interconnectivity*), то есть возможностью свободного физического включения в общую сеть устройств от различных производителей;
- взаимодействием (*interoperability*), то есть возможностью построения работоспособной сети на основе включения компонентов от различных поставщиков;
- взаимозаменяемостью (*inter-changeability*) – возможностью замены компонентов аналогичными устройствами от других производителей.

Международный стандарт ISO IS-7498 описывает модель взаимодействия для обмена данными между устройствами одной или разных сетей (модель OSI (Open System Interconnection – Взаимодействие Открытых Систем, ВОС)).

Модель OSI предусматривает 7 уровней открытой сети. Для каждого уровня вводятся стандарты протокола и стандарты интерфейсов. Однако регламентированы в модели OSI только стандарты протокола. Протокол – это соглашение, касающееся управления процедурами информационного обмена между участниками взаимодействия, не обязывая использовать конкретные способы их решения, содержит только перечень задач. Каждый уровень в модели OSI выполняет определенную функцию организации связи источника и приемника через сеть.

**Физический.** Самый нижний уровень модели предназначен непосредственно для передачи потока данных. Осуществляет передачу электрических или оптических сигналов в кабель или в радиоэфир и, соответственно, их приём и преобразование в биты данных в соответствии с методами кодирования цифровых сигналов. Другими словами, осуществляет интерфейс между сетевым носителем и сетевым устройством.

К физическому уровню относятся физические, электрические и механические интерфейсы между двумя системами. Физический уровень определяет такие свойства среды передачи данных в сети, как оптоволокно, витая пара, коаксиальный кабель, спутниковый канал передач данных и т. п. Стандартными типами сетевых интерфейсов, относящимися к физическому уровню, являются: V.35, RS-232C, RS-485, RJ-11, RJ-45, разъемы AUI и BNC.

**Канальный.** Этот уровень предназначен для обеспечения взаимодействия сетей на физическом уровне и контроля за ошибками, которые могут возникнуть. Полученные с физического уровня данные он упаковывает во фреймы, проверяет на целостность, если нужно исправляет ошибки (посыпает повторный запрос поврежденного кадра) и отправляет на сетевой уровень. Канальный уровень может взаимодействовать с одним или несколькими физическими уровнями, контролируя и управляя этим взаимодействием.

**Сетевой.** Предназначен для определения пути передачи данных. Отвечает за трансляцию логических адресов и имён в физические, определение кратчайших маршрутов, коммутацию и маршрутизацию, отслеживание неполадок и заторов в сети.

**Транспортный.** Предназначен для доставки данных без ошибок, потерь и дублирования в той последовательности, как они были переданы. При этом не важно, какие данные передаются, откуда и куда, то есть он предоставляет сам механизм передачи. Блоки данных он разделяет на фрагменты, размер которых зависит от протокола, короткие объединяет в один, а длинные разбивает.

**Сеансовый.** Отвечает за поддержание сеанса связи, позволяя приложениям взаимодействовать между собой длительное время. Уровень управляет созданием/завершением сеанса, обменом информацией, синхронизацией задач, определением права на передачу данных и поддержанием сеанса в периоды неактивности приложений. Синхронизация передачи обеспечивается помещением в поток данных контрольных точек, начиная с которых возобновляется процесс при нарушении взаимодействия.

**Представительский (уровень представления).** Отвечает за преобразование протоколов и кодирование/декодирование данных. Запросы приложений, полученные с уровня приложений, он преобразует в формат для передачи по сети, а полученные из сети данные преобразует в формат, понятный приложениям. На этом уровне может осуществляться сжатие/распаковка или кодирование/декодирование данных, а также перенаправление запросов другому сетевому ресурсу, если они не могут быть обработаны локально.

**Прикладной (Приложений).** Обеспечивает взаимодействие сети и пользователя. Уровень разрешает приложениям пользователя иметь доступ

к сетевым службам, таким как обработчик запросов к базам данных, доступ к файлам, пересылке электронной почты. Также отвечает за передачу служебной информации, предоставляет приложениям информацию об ошибках и формирует запросы к уровню представления.

В таблицах 2 и 3 приведены перечни промышленных сетей и их сравнительные характеристики, а технологии сетевых протоколов рассмотрены на примерах взаимодействия элементов и устройств систем автоматизации (CAN, FIP, Profibus, ControlNet, DH+, Modbus, Genius, DirectNet, DeviceNet, Interbus, SDS, ASI, HART, FF).

### Технические характеристики сетей и шин

Таблица 2

| Сеть     | Топология:<br>метод<br>доступа,<br>физическая<br>среда        | Длин<br>а, м  | Скорос<br>ть                  | Узлы,<br>шт  | Применение  |
|----------|---|---------------|-------------------------------|--------------|---|
| Ethernet | Шина, звезда<br>(коакс. кабель,<br>витая пара<br>оптоволокно) | 100<br>2500   | 10<br>Мбод<br>100<br>Мбод     | 1024<br>1024 | для связи PLC,<br>панелей<br>оператора,<br>управления,<br>серверами и<br>другими<br>системами   |
| FIP      | Кольцо<br>(витая пара<br>оптоволокно)                         | 1000<br>15000 | 1 Мбод                        | 128          | для связи<br>контроллеров,<br>персональных<br>компьютеров<br>(Schneider<br>Electric)  |
| Profibus | Шина M/S,<br>маркер(витая<br>пара<br>оптоволокно)             | 9600<br>90000 | 12<br>Мбод                    | 125          | для связи с<br>контроллерами,<br>программаторами,<br>панелями<br>оператора,<br>компьютерами, со<br>станциями ввода-<br>вывода (gateway) |
| Bitbus   | Шина M/S<br>(2 пары<br>проводников)                           | 300<br>1200   | 375<br>Кбод<br>62.5<br>Кбод   | 28           | для связи<br>контроллеров,<br>устройств<br>полевого уровня  |
| MODBUS   | Шина<br>M/S<br>(витая пара)                                   | 1200          | 115<br>Кбод                   | 247          | для связи<br>контроллеров и<br>систем сбора<br>данных   |
| DH+      | Шина<br>(витая пара)  | 3048<br>750   | 57.6<br>Кбод<br>230.8<br>бод  | 64           | для связи<br>контроллеров, с<br>процессорами, с<br>АРМ<br>(Allen-Bradley)   |
| Genius   | Шина<br>(витая пара<br>оптоволокно)                           | 600<br>2300   | 153.6<br>Кбод<br>38.4<br>Кбод | 32           | для связи<br>контроллеров (GE<br>Fanuc) с АРМ,<br>ПК и удалёнными<br>МВВ  |

|                  |  |   |                            |     |   |
|------------------|--|---|----------------------------|-----|---|
| <b>DeviceNet</b> | Шина<br>(витая пара)                                       | 100<br>500                              | 500<br>Кбод<br>125<br>Кбод | 64  | для полевых<br>периферийных<br>устройств<br>(датчиков,<br>исполнительных<br>устройств,<br>приводов) с<br>контроллерами<br>(Allen-Bradley) |
| <b>Interbus</b>  | Кольцо M/S<br>(витая пара<br>оптоволокно)                  | 12800                                   | 500<br>Кбод                | 256 | для связи<br>контроллеров<br>(Schneider<br>Electric) с<br>устройствами<br>нижних уровней  |
| <b>ASI</b>       | Шина,<br>дерево,<br>звезда,<br>кольцо, M/S<br>(витая пара) | 100<br>300 (с<br>повто<br>рител<br>ями) | 167<br>Кбод                | 62  | для связи<br>контроллеров с<br>полевыми<br>устройствами<br>(Schneider<br>Electric)  |
| <b>SDS</b>       | Шина M/S<br>(витая пара)                                   | 450<br>30                               | 125<br>Кбод<br>1 Мбод      | 64  | для связи<br>контроллеров с<br>устройствами<br>электроавтоматик<br>и (Honeywell)  |
| <b>HART</b>      | Шина, M/S  | 1500                                    | 1.2<br>Кбод                | 16  | для связи<br>удаленных<br>датчиков с<br>контроллерами и<br>панелями<br>операторов(Rosem<br>ount Inc.)                                     |
| <b>FF</b>        | Шина,<br>дерево  | 75                                      | До 1<br>Мбод               | 16  | для связи<br>датчиков и<br>устройств с<br>контроллером  |

Таблица.3

| Основные критерии                              | Fieldbus                                 | Sensorbus        |
|--|--|------------------|
| 1. Предельное<br>расстояние                    | от 100 м до 1 км                         | до 100 м         |
| 2. Время цикла сети                            | от 10 мс до 10с                          | от 1 мс до 1 с   |
| 3. Объём передаваемых<br>данных в одном пакете | от 8 байт<br>до нескольких сотен<br>байт | от 1 до 8 байт   |
| 4. Управление доступом<br>к шине               | централизованное/<br>децентрализованное  | централизованное |

**Сеть Ethernet** разработан компаниями Intel, Digital, Xerox. Существуют стандарты Ethernet 10\100(Fast Ethernet)\1000(Gigabit)\10G Ethernet. Ethernet описывается IEEE группы 802.3. В зависимости от типа физической среды передачи сигналов существуют следующие спецификации: 10base – 5, 10base – 2, 10base – T, 10base – F, где 10 означает скорость 10 мбит\с, «base» - базовую частоту передачи 10 МГц, 5 – коаксиальный кабель диаметром 0,5 дюйма, 2 - коаксиальный кабель диаметром 0,25 дюйма, Т – неэкранированная витая пара, F – оптоволоконный кабель.

Независимо от реализации физической среды, все сети Ethernet должны удовлетворять двум ограничениям, связанным с методом доступа:

- максимальное расстояние между двумя любыми узлами не должно превышать 2500м

- в сети не должно быть более 1024 узлов.

Кроме того каждый вариант физической среды добавляет к этим ограничениям свои ограничения (см. табл. 4).

Таблица 4

| №<br>п/п | Пара<br>метр                    | Технология   |              |                  |                       |                  |                        |                      |                       |                     |                  |
|----------|---------------------------------|--------------|--------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|------------------|
|          |                                 | 10 base -    |              |                  |                       | 100 base -       |                        |                      | 1000 base -           |                     |                  |
|          |                                 | 5            | 2            | T                | F                     | TX               | FX                     | T4                   | S(L)                  | C                   | T                |
| 1        | Тип кабеля                      | коаксиальный | коаксиальный | витая пара кат.3 | многомод. оптоволокно | витая пара кат.5 | много мод. Оптоволокно | витая пара кат.3,4,5 | многомод. Оптоволокно | экранированная пара | витая пара кат.5 |
| 2        | Длина сегмента, м, max          | 500          | 185          | 100              | 2000                  | 100              | 136                    | 100                  | 500                   | 25                  | 100              |
| 3        | Число узлов в сегменте, max     | 100          | 30           | 1024             | 1024                  | *)               | *)                     | *)                   | *)                    | *)                  | *)               |
| 4        | Число сегментов в сети, max     | 5            | 5            | 5                | 5                     | *)               | *)                     | *)                   | *)                    | *)                  | *)               |
| 5        | Расстояние между узлами, м, max | 2500         | 925          | 500              | 2500                  | 200              | 272                    | 412                  | 500                   | 25                  | 100              |

\*) Каждый узел подсоединяется к повторителю своим сегментом с длиной в пределах максимальной. Число узлов (сегментов) ограничиваются общей протяжённостью сети. [6]

**Сеть MODBUS** обеспечивает простую интеграцию в единую сеть. Практически все SCADA/HMI системы поддерживают данный протокол. Протокол MODBUS имеет разновидности: Modbus TCP, Modbus Plus, Modbus RTU.

Протокол работает по принципу Master/Slave (ведущий-ведомый, запрос-ответ). Конфигурация предполагает наличие одного Master-узла и до 247 Slave-узлов, а в сети Modbus TCP/IP количество ведущих и ведомых устройств не ограничено.

При этом любое устройство может быть одновременно и ведущим и ведомым (Рис. 13 б).

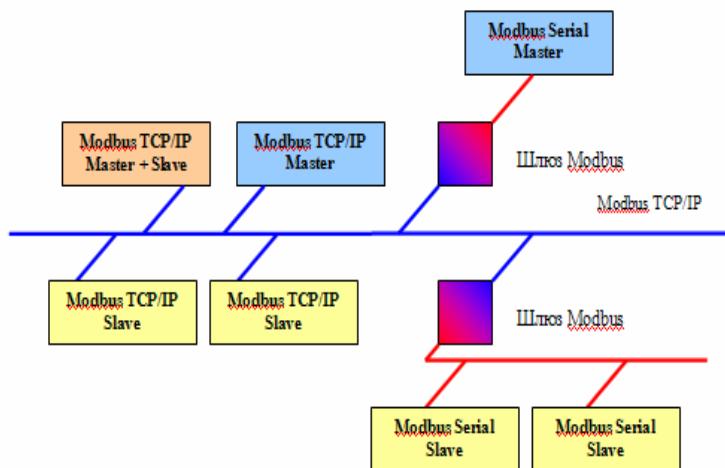


Рис13 б. Сеть Modbus TCP/IP.

Протокол MODBUS использует последовательные интерфейсы RS 232, RS 485.

Modbus Plus используется в быстродействующих сетях, имеет следующие технические характеристики: протяжённость линий связи до 500 метров и до 2000 метров с повторителями, скорость передачи данных до 2 Мбит/сек, размер до 32 сетевых узлов и до 64 узлов с повторителями.

**Сеть BITBUS** применяется для построения распределенных систем, в которых требуется обеспечить высокую скорость передачи и надежность. Протокол использует на физическом уровне последовательный интерфейс RS-485. Информационный обмен организован по принципу Master /Slave. Синхронный режим передачи используется при необходимости работы с большими скоростями передачи данных до 2,4 Мбод с ограничением длины шины до 30 метров и подключением до 28 узлов. Использование режима с самосинхронизацией позволяет значительно удлинить шину.

Стандартом определены две скорости передачи: 375 Кбод (до 300м) и 62,5 Кбод (до 1200м) в режиме самосинхронизации. Используя

повторители, можно объединять последовательно несколько шинных сегментов (до 28 узлов на сегмент). Тогда общее число узлов можно довести до 250, а длину общей шины до нескольких километров. При этом режиме передачи используются две пары проводников - одна для данных, другая для управления повторителем.

**Сеть FIP (Factory Information Protocol)** обеспечивает высокие скорости передачи и строго определенные интервалы обновления данных. Протокол имеет гибридный централизованный/децентрализованный контроль за шиной, основанный на принципе широкого вещания. Использование режима широкого вещания избавляет от необходимости присваивания каждому устройству уникального сетевого адреса.

Каждый узел на шине полностью автономен. Все узлы имеют возможность получать предназначенные для них данные. Контроль осуществляется со стороны центрального узла сети, называемого арбитром.

Протокол FIP поддерживает уровни 1, 2 и 7 модели OSI. В качестве среды передачи используются витая пара или оптоволокно. Максимальная протяженность сети - 1000м без повторителей (до 15 км с оптическими повторителями) при скорости обмена 1 Мбит/с. Сеть поддерживает до 128 устройств.

Контроллеры семейства Premium (Schneider Electric) используют разновидность сети FIP (FIPIO) для организации удаленного ввода/вывода. По этой сети к центральному процессору (через встроенный порт) могут быть подключены.

удаленный ввод/вывод контроллеров Momentum;

панель управления оператора CCX 17;

персональные компьютеры и другие устройства.

**Сеть PROFIBUS (PROcess FIeld BUS).** В PROFIBUS используется гибридный метод доступа Master/Slave и децентрализованная процедура передачи маркера. Сеть может состоять из 122 узлов, из которых 32 могут быть Master-узлами. В среде Master-узлов по возрастающим номерам узлов передается маркер, который предоставляет право ведения циклов чтения/записи на шине. Рабочая скорость передачи данных установлена в диапазоне 9,6-12 000 Кбит/с.

**Сеть DH+** (Allen-Bradley) поддерживает передачу данных и удаленное программирование контроллеров в дополнение к одноранговой связи между другими процессорами и устройствами. Магистральная линия сети DH+ может иметь протяженность до 3048м, ответвления – до 30м. К одной сети DH+ можно подключить до 64 устройств. Скорость передачи данных зависит от длины шины и может настраиваться от 57.6 Кбод (3048м) до 230.4 Кбод (750м).

**Сеть Genius** предназначена для объединения в заключенную систему контроллеров GE Fanuc серий 90-70 и 90-30, удаленной периферии Genius и Field Control. Взаимодействие различных устройств с сетью Genius осуществляется посредством контроллеров шины Genius (GBC), интерфейсных модулей (GCM), блоков интерфейса с шиной Genius (BUI). Физически устройства объединяются в сеть экранированной витой парой. Сеть имеет топологию "шина", к которой может быть подключено до 32 устройств. Максимальная длина шины составляет 2,3 км при скорости обмена 38,4 Кбод. Максимальная скорость передачи данных 153,6 Кбод достигается при длине линии до 600 м.

**Сеть ASI (Actuator Sensor Interface)** - поддерживается контроллерами производителей: Allen-Bradley, Siemens, Schneider Electric и др.

Предназначен для организации связи устройств нижнего уровня автоматизируемого процесса (фотоэлектрические датчики, исполнительные устройства, реле, контакторы, емкостные переключатели, приводы и т.п.) с контроллерами.

ASI-интерфейс позволяет через свои коммуникационные линии не только передавать данные, но и подводить питание (24 VDC) к датчикам и исполнительным механизмам.

Время цикла опроса не более 5 мс при работе 31 устройства типа Slave.

**Сеть SDS (Smart Distributed System)** - протокол предназначен для передачи данных в системы ввода/вывода от полевых периферийных устройств различных производителей. Периферийные устройства подключаются к мастер-модулю обычным 4-х жильным кабелем, заменяя стандартные модули ввода/вывода и обеспечивая подключение 64 дискретных сигналов (распределенный ввод/вывод).

Преимуществом сети является общая сеть для контроллеров и источников информации, возможность питания периферийных устройств по проводам сетевого кабеля, диагностика на уровне физических устройств, быстрое прохождение данных по сети (0,1 мс).

**Сеть DeviceNet** – открытая коммуникационная сеть нижнего уровня, которая обеспечивает подключение датчиков, конечных выключателей, кнопок, пусковых устройств, фотоэлементов и других устройств различных производителей к контроллерам. Эта сеть соединяет устройства нижнего уровня непосредственно с системой управления, уменьшая количество связей ввода/вывода и проводки по отношению к типичным аппаратным решениям. DeviceNet – открытый стандарт, и производители не обязаны приобретать лицензии для разработки DeviceNet-совместимых устройств. Для адресации узла каждому узлу в сети DeviceNet назначается так называемый идентификатор контроля доступа у сети - MAC ID (Media Access Control Identifier). Размер поля MAC ID составляет 6 бит, поэтому в сети может находиться до 64 узлов . Уникальность каждого

MAC ID обеспечивается процедурой проверки уникальности MAC ID, которую проходит каждый узел сети во время подключения. Если узел при присоединении к сети обнаруживает, что в сети уже работает узел с таким же MAC ID, то он регистрирует ошибку и отключается от сети.

**Сеть Interbus** - обеспечивает коммуникацию на уровне датчиков и исполнительных механизмов. Interbus использует метод доступа к шине по схеме Master/Slave. Включенная в каждое сетевое устройство функция повторителя сигнала позволяет расширить систему до 13 км. Общее число устройств в сети не превышает 256.

### **Сеть HART (Highway Addressable Remote Transducer)**

Обмен данными в сети основан на принципе Master/Slave. Стандартные топологии – «звезда» и «шина». Длина полевой шины – 1,5 км, скорость передачи данных – 1,2 Кбод, число узлов (приборов и устройств) на однойшине - до 16.

К преимуществам рассматриваемой сети относятся: удаленная настройка датчиков на требуемый диапазон измерения через полевую шину, электропитание подводится от блоков питания контроллеров через полевую шину.

В зависимости от вида источника получаемых или передаваемых данных различают три типа промышленных сетей (рис. 14):

- полевые сети;
- сеть управления;
- информационная сеть.

Полевые сети – предназначены для получения данных от источников, расположенных на объектах управления и передачи в контроллеры, а также для передачи от контроллеров управляющих воздействий на исполнительные устройства и механизмы объектов. Устройства, которые подключаются к полевой сети – это устройства нижнего уровня рассмотренные в разделе 1.3.

Информационная сеть – предназначена для обмена на верхнем уровне и сторонним подсистемам производства, как показано на типовой структурной схеме интегрированной системы (рис. 14).

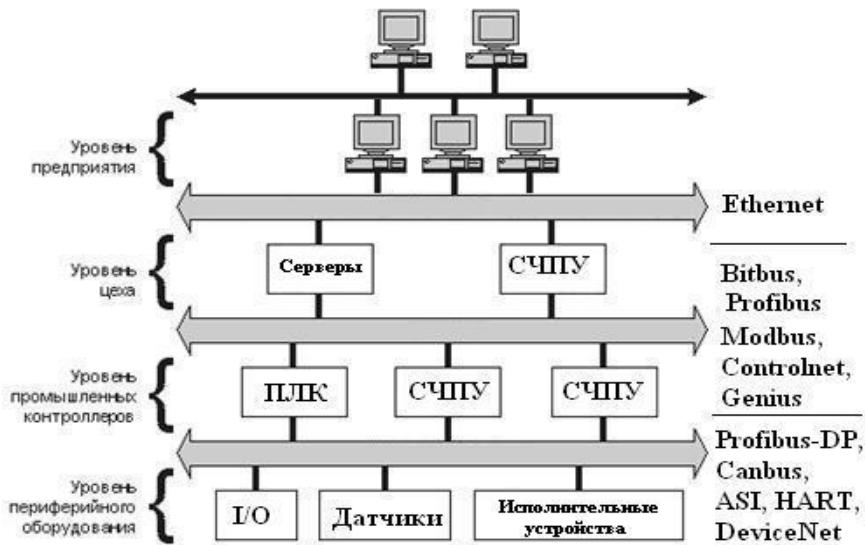


Рис.14. Уровни и связи в типовых промышленных сетях.

## 2.2. Физические среды передачи информации в ИАС

На физическом уровне обычно применяется один из следующих четырех типов среды передачи:

- кабель «витая пара» (симметричный кабель);
- коаксиальный кабель (тонкий или толстый);
- оптоволоконный кабель;
- окружающее пространство.

Каждая из этих сред отличается друг от друга необходимым оборудованием, пропускной способностью, помехоустойчивостью, максимальной протяженностью, сложностью установки, популярности среди пользователей (табл. 5).

Таблица 5

Сравнение характеристики сред передачи данных

| Среда передачи | Пропускная способность | Помехозащищенность | Сложность установки |
|----------------|------------------------|--------------------|---------------------|
| «витая пара»   | Низкая                 | Плохая             | Просто              |
| Коаксиал       | Высокая                | Хорошая            | Сложная             |
| Оптоволокно    | Неограниченная         | Превосходная       | Упрощается          |
| Беспроводная   | Растущая               | Плохая             | Никакой             |

Границы пропускных способностей разных сред представлены на рис 15

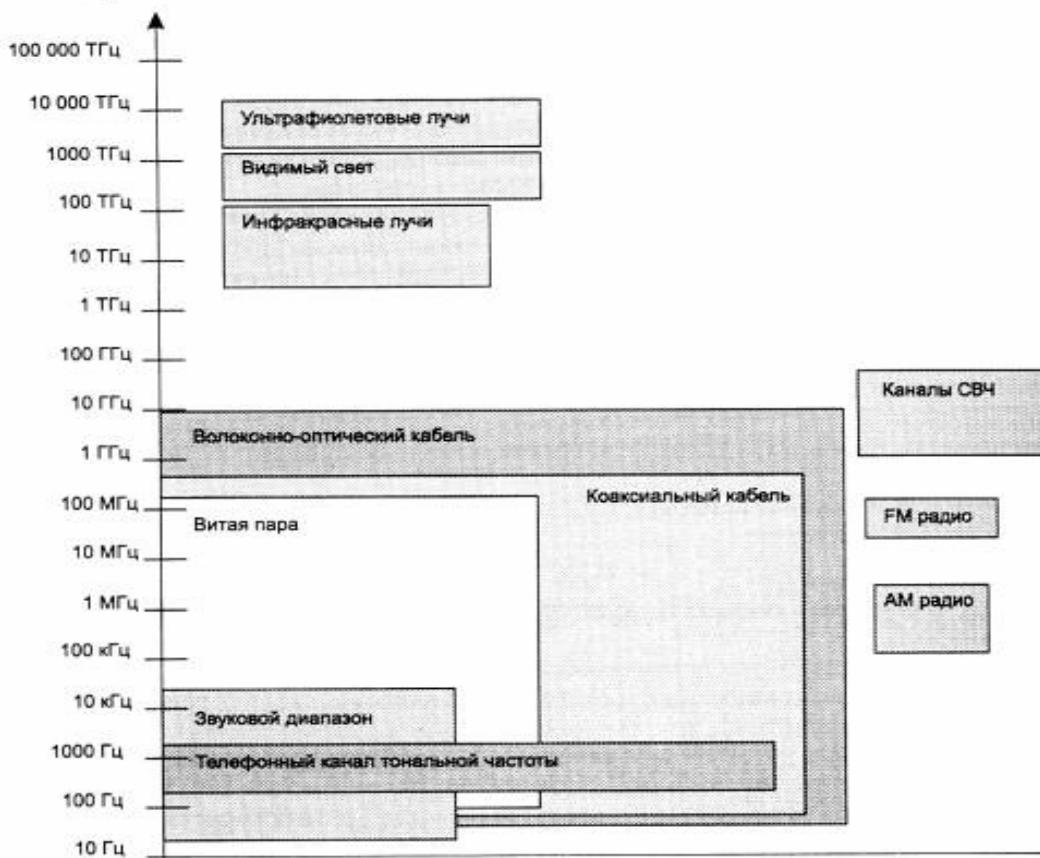


Рис.15 Полосы пропускания различных сред

Скорость пропускания зависит не только от ширины полосы, но и от способов модуляции и кодирования. Например передача последовательности одинаковых цифр манчестерским кодом идет на частоте вдвое большей, чем потенциальным кодом без возвращения к нулю.

Помехозащищенность среды также зависит от конструкции. Она измеряется отношением мощности сигнала к мощности шума. Чем больше это отношение (измеряется в децибелах), тем выше помехоустойчивость. Качественные оценки этого параметра приведены в таблице 7.

При распространении в среде сигнал любой частоты теряет свою мощность из-за рассеивания или излучения. Затухание сигнала определяет максимальную допустимую протяженность среды при фиксированной мощности передатчика и чувствительности приемника. Для увеличения протяженности обычно применяются усилители мощности, повторители, ретрансляторы.

Чем толще кабель, тем труднее его прокладывать (требуется большой радиус закругления). Но и более толстые проводники обладают меньшим затуханием и допускают большую длину передачи без дополнительного оборудования.

Стоимость среды передачи – стоимость проектно-монтажных работ по строительству этой линии и затрат на ее эксплуатацию. Стоимость

является определяющим фактором популярности применения той или иной среды.

**Кабель «витая пара»** состоит из двух изолированных проводников, перевитых между собою. По определенной частоте витков типу изоляции (бумага, шелк, поливинил) и некоторым другим параметрам кабель «витая пара» разделяется на несколько категорий. В целом, чем выше категория кабеля, тем больший объем информации по нему можно передать, тем меньше перекрестные наводки между проводниками (больше витков на 1 м погонный кабеля), тем он дороже. По сравнению с другими средами «витая пара» обладает меньшей пропускной способностью и сравнительно низкой помехозащищенностью. Вместе с тем, кабель «витая пара» прост в установке и является безусловным лидером в реализации Физического уровня по популярности.

В соответствии со стандартом США EIA/TIA – 568 по проектированию и созданию структурированных кабельных сетей (СКС) допускается применение четырех типов кабелей. Наиболее популярным из них является кабель не экранированный с витыми парами из медных проводов UTP (Unshielded Twisted Pair). Категории 3,4,5 этого кабеля поддерживают рабочие частоты 16, 20 и 100 МГц. Соответствие выпускаемых промышленностью кабелей предъявляемым требованиям устанавливается сертификатом. В США такого рода сертификацию проводит независимая организация UL по двум направлениям: по электробезопасности и по техническим характеристикам. Классификация кабелей различных фирм – производителей по уровням, соответствующая стандарту качества ISO 9002, приведена в табл. 6 и 7.

Таблица 6

| Рабочая полоса частот (скорость передачи)        | Фирма – производитель |           |            |              |
|--|-----------------------|-----------|------------|--------------|
|  | Anixter               | UL        | EIA/TIA    | AT&T         |
| Передача речи, данных (до 20 кбит/с)             | Level 1               | Level I   | -          | -            |
| 1 МГц (1 Мбит/с)                                 | Level 2               | Level II  | -          | -            |
| 16 МГц (16 Мбит/с)                               | Level 3               | Level III | Category 3 | Category III |
| 20 МГц (20 Мбит/с)                               | Level 4               | Level IV  | Category 4 | Category IV  |
| 100 МГц<br>(100Мбит/с)<br>155 МГц<br>(155Мбит/с) | Level 5               | Level V   | Category 5 | Category V   |

Таблица 7

| Рабочая полоса частот<br>(скорость передачи) | Фирма – производитель |           |            |              |
|--|-----------------------|-----------|------------|--------------|
|  | Anixter               | UL        | EIA/TIA    | AT&T         |
| Передача речи, данных (до 20 кбит/с)         | Level 1               | Level I   | -          | -            |
| 1 МГц (1 Мбит/с)                             | Level 2               | Level II  | -          | -            |
| 16 МГц (16 Мбит/с)                           | Level 3               | Level III | Category 3 | Category III |
| 20 МГц (20 Мбит/с)                           | Level 4               | Level IV  | Category 4 | Category IV  |
| 100 МГц (100Мбит/с)<br>155 МГц (155Мбит/с)   | Level 5               | Level V   | Category 5 | Category V   |

Кабель «витая пара» категории 3 применяется в локальных сетях низкоскоростных сетях со скоростью до 20 Мбит/с на расстояниях 100-200 м, но со значительно более высокой скоростью передачи.

**Коаксиальный кабель** (рис.16) представляет собою центральный медный провод, окруженный слоем изолирующего материала (полиэтилена), который заключен внутри другого проводника в виде оплетки. Вся конструкция защищена от механических повреждений пластиковой оболочкой. По сравнению с «витой парой» коаксиал обладает значительно большей пропускной способностью и помехозащищенностью.

Выпускают тонкий узкополосный и толстый широкополосный коаксиальные кабели. С помощью тонкого кабеля можно передавать информацию на расстояния до 10 км со скоростью до 50 Мбит/с. Толстый кабель имеет параметры 50 км и 300-500 Мбит/с, соответственно. Лучшие характеристики стоят дороже. К недостаткам надо отнести большие по сравнению с «витой парой» размеры и вес. Следствием этого явления сложность монтажа и обслуживания, что и привело к снижению популярности использования в качестве среды физического уровня.

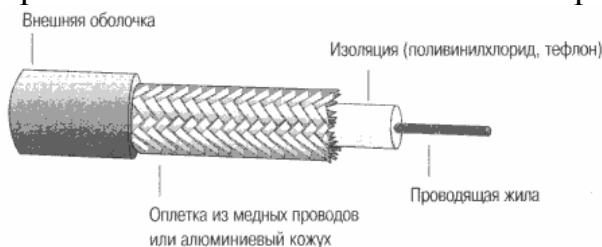


Рис.16 Кабель коаксиальный

**Оптоволоконный кабель** конструктивно весьма прост, но требует профессионального монтажа. Он состоит из волокон диаметром от единиц до сотен микрон, окруженным твердым покрытием и помещенных в защитную оболочку. Вначале оптоволоконные кабели изготавливались из чистого кварцевого секла, но сейчас уже разработаны технологии на основе пластмассы.

Оболочка светодиода выполняет функцию зеркала для обеспечения эффекта полного внутреннего отражения. Источником распространяемого по кабелю света является светодиод, а на другом конце детектор преобразует световые колебания в электрические.

Внешние электромагнитные поля ни как не искажают световые сигналы, поэтому оптоволоконный кабель хорошо защищен от помех. Диапазон пропускной способности у различных видов оптического волокна довольно широк. Однако даже нижней границы современные технологии передачи достигнуть не могут, так что есть неиспользуемый пока ресурс. В установке оптоволоконный кабель не сложен, но требует профессиональных приспособлений для сопряжения соседних отрезков кабеля и высокой квалификации исполнителей. Сочетание высоких свойств оптоволоконного кабеля даже при пока относительно высокой цене обусловило растущую популярность его использования.

Сердцевина волокна, как правило, состоит из кварца, а оболочка может быть кварцевая или полимерная. Первое волокно называется кварц—кварц, а второе кварц—полимер (кремнеорганический компаунд). Исходя из физико-оптических характеристик предпочтение отдается первому. Кварцевое стекло обладает следующими свойствами: показатель преломления 1,46, коэффициент теплопроводности 1,4 Вт/мк, плотность 2203 кг/м<sup>3</sup>.

Снаружи светодиода располагается защитное покрытие для предохранения его от механических воздействий и нанесения расцветки.

Заделка волокна обычно изготавливается двухслойным: вначале кремнеорганический компаунд (СИЭЛ), а затем — эпоксидакрилат, фторопласт, нейлон, полиэтилен или лак. Общий диаметр волокна 500...800 мкм (рис. 17).

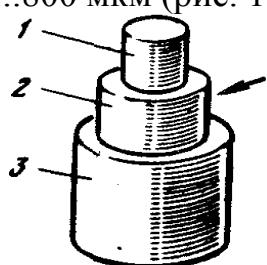


Рис. 17 Сечение оптического волокна:

- 1 — сердцевина;
- 2 — оболочка;
- 3 — защитное покрытие

В существующих конструкциях оптоволоконных кабелях применяются светодиоды трех типов: ступенчатые с диаметром сердцевины 50 мкм, градиентные со сложным (параболическим) профилем

показателя преломления сердцевины и одномодовые с тонкой сердцевиной (6...8 мкм) (рис. 18).

По частотно-пропускной способности и дальности передачи лучшими являются одномодовые светодиоды, а худшими – ступенчатые. Рассмотрим некоторые технические параметры передачи по кабельным линиям связи.

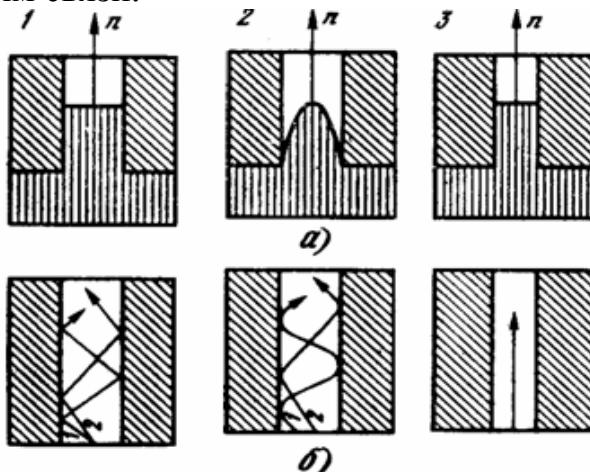


Рис. 18. Оптические волокна: а – профиль показателя преломления; б – прохождение луча; 1 – ступенчатые; 2 – градиентные; 3 – одномодовые

Таблица 8

Сравнительные характеристики кабельных сред передачи данных

| Характеристика   | Тип среды передачи           |                             |                  |   |
|--|------------------------------|-----------------------------|------------------|---|
|  | «витая пара»                 | Коаксиал тонкий             | Коаксиал толстый | Оптоволоконный кабель                                     |
| Применение в сетях топологий                           | Кольцо, звезда, шина, дерево | Шина, дерево, реже – кольцо | Шина, дерево     | Кольцо, звезда  |
| Максимальное число узлов сети                          | До 255                       | До 1024                     | 2500 и более     | От 2 до 8   |
| Максимальная длина, км                                 | 10÷25                        | 10                          | 50÷80            | 2÷10  |
| Максимальная пропускная способность (скорость), Мбит/с | 1÷10                         | 10÷50                       | До 500           | 500 на 10 км<br>1500 на 8 км<br>до $5 \cdot 10^3$ на 5 км |

|                       |  |   |   |  |
|-----------------------|--|---|---|--|
| Основные преимущества | Низкая стоимость, можно использовать существующие телефонные линии   | Низкая цена, простота установки   | Широкое вещание, высокая помехозащищенность   | Смешанный трафик, абсолютная защита от шумов, защита от несанкционированного доступа           |
| Основные недостатки   | Узость полосы, слабая защита от помех и несанкционированного доступа. Необходима механическая защита, сложность поиска разрывов и заземлений | Стабильная работа при нагрузке до 40%, требует защиты от механических повреждений и несанкционированных доступа | Повышенные цена и затраты на прокладку. Необходимы разночастотные модемы для оконечных систем | Высокая цена, для установки необходим квалифицированный персонал. Коммерчески пока не доступен |

### 2.3. Средства коммуникации узлов и компонентов в интегрированной системе

По способу передачи информации интерфейсы подразделяются на параллельные и последовательные. В *параллельном* интерфейсе все биты передаваемого слова (обычно байта) выставляются и передаются по соответствующим параллельно идущим проводам одновременно. Последовательный интерфейс для передачи данных использует одну сигнальную линию, по которой информационные биты передаются друг за другом последовательно, отсюда и название интерфейса.

При рассмотрении интерфейсов важным параметром является *пропускная способность*. Технический прогресс приводит к неуклонному

росту объёмов передаваемой информации. Вполне очевидно, что при одинаковом быстродействии приёмопередающих цепей и пропускной способности соединительных линий по скорости передачи параллельный интерфейс должен превосходить последовательный. Однако повышение производительности за счёт увеличения тактовой частоты передачи данных упирается в волновые свойства соединительных кабелей. В случае параллельного интерфейса начинают сказываться задержки сигналов при их прохождении по линиям кабеля, и что самое неприятное, задержки в разных линиях интерфейса могут быть различными вследствие неидентичности проводов и контактов разъёмов. Для надёжной передачи данных временные диаграммы обмена строятся с учетом возможного разброса времени прохождения сигналов, что является одним из факторов, сдерживающих рост пропускной способности параллельных интерфейсов. В последовательных интерфейсах повышение пропускной способности линий связи обходится дешевле, поскольку в них используется меньшее число линий (в пределе – одна).

Другим немаловажным параметром интерфейса является *допустимое удаление* соединяемых устройств. Оно ограничивается как частотными свойствами кабелей, так и помехозащищённостью интерфейсов. Часть помех возникает от соседних линий интерфейса – это перекрёстные помехи, защитой от которых может быть применение витых пар проводов для каждой линии. Другая часть помех вызывается искажением уровней сигналов.

Последовательная передача позволяет сократить количество сигнальных линий и увеличить дальность связи, что является определяющим фактором для применения последовательных интерфейсов на физическом уровне промышленных сетей.

Последовательный интерфейс имеет различные реализации, различающиеся способом передачи электрических сигналов. Существует ряд родственных международных стандартов: RS-232C, RS-423A, RS-422A и RS-485. На рис. 19 приведены схемы соединения приёмников и передатчиков, а также показаны ограничения на длину линии  $L$  и максимальную скорость передачи данных  $V$ .

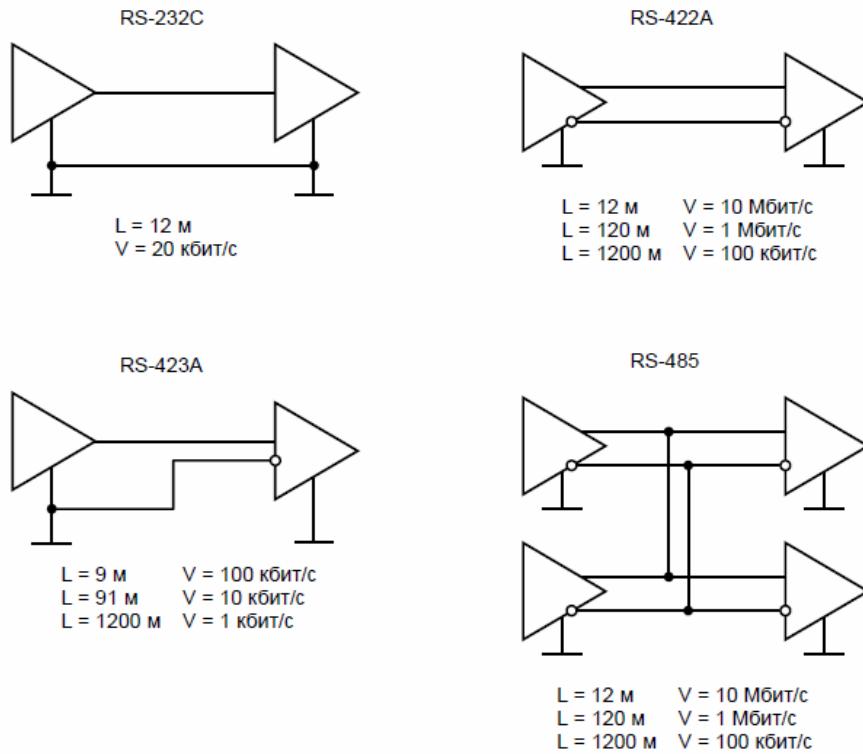


Рис.19. Схемы последовательных интерфейсов.

Несимметричные линии интерфейсов RS-232C и RS-423A имеют самую низкую защищённость от синфазной помехи, хотя дифференциальный вход приёмника RS-423A несколько смягчает ситуацию. Лучшие параметры имеет двухточечный интерфейс RS-422A и его магистральный (шинный) аналог RS-485, работающие на симметричных линиях связи. В них для передачи каждого сигнала используются дифференциальные сигналы с отдельной (витой) парой проводов.

В перечисленных стандартах сигнал представляется потенциалом. Существуют последовательные интерфейсы, где информативен ток, протекающий по общей цепи передатчик-приёмник – «токовая петля» и MIDI. Для связи на короткие расстояния приняты стандарты беспроводной инфракрасной связи. Наибольшее распространение в персональных компьютерах получил простейший из перечисленных – стандарт RS-232C, реализуемый СОМ-портами. В промышленной автоматике широко применяется RS-485, а также RS-422A. Существуют преобразователи сигналов для согласования этих родственных интерфейсов.

Стандарт интерфейса RS-232C (RS от Recommended Standard - рекомендуемый стандарт) является наиболее известным и распространённым среди стандартов для последовательной передачи данных (рис. 20). Он был введён в 1969 году Ассоциацией электронной промышленности (Electronic Industries Association, EIA) для описания

требований к интерфейсу между ЭВМ и модемами. Его последняя редакция, при которой название было изменено с RS-232 на EIA-232-D.



Рис. 20. Интерфейс RS-232

Интерфейс предназначен для подключения аппаратуры, передающей или принимающей данные (АПД) к окончной аппаратуре каналов данных (АКД). В роли АПД может выступать компьютер, принтер, плоттер и другое периферийное оборудование. В роли АКД обычно выступает модем. Конечной целью подключения является соединение двух устройств АПД. Полная схема соединения приведена на рис.21.



Рис 21. Полная схема соединений по интерфейсу RS-232

Стандарт RS-232 описывает управляющие сигналы интерфейса, пересылку данных, электрический интерфейс и типы разъёмов. В стандарте предусмотрены асинхронный и синхронный режимы обмена, но СОМ-порты поддерживают только асинхронный режим.

Стандарт RS-485 был совместно разработан двумя ассоциациями производителей: Ассоциацией электронной промышленности (Electronic Industries Association, EIA) и Ассоциацией промышленности средств связи (Telecommunications Industry Association, TIA). Стандарты RS-485 и RS-422A имеют много общего. В табл. 9 приведены их основные характеристики. RS-485 определяет двунаправленную полудуплексную передачу данных и является единственным стандартом EIA/TIA, допускающим объединение нескольких приёмников и передатчиков в единую сеть с помощью шины. RS-422, с другой стороны, определяет единственный односторонний передатчик с несколькими приёмниками. Элементы RS-485 обратно совместимы и взаимозаменяемы

со своими двойниками из RS-422A. однако передатчики RS-422A не должны использоваться в системах на основе RS-4S5, поскольку они не могут отказаться от управления шиной.

Таблица 9

**Основные характеристики интерфейсов  
RS-422A и RS-4S5**

|  | RS-422A     | RS-485         |
|--|-------------|----------------|
| Макс. число передатчиков/приемников            | 1/10        | 32/32          |
| Мин. выходной диапазон передатчика             | $\pm 2V$    | = 1.5 V        |
| Макс. выходной диапазон передатчика            | $\pm 5V$    | $\pm 5V$       |
| Макс. ток короткого замыкания передатчика      | $\pm 150mA$ | $\pm 250mA$    |
| Макс. выходное сопротивление передатчика       | 100 Ом      | 54 Ом          |
| Чувствительность по входу приёмника            | = 200mV     | = 200mV        |
| Мин. входное сопротивление приёмника           | 4kОм        | 12 kОм         |
| Диапазон напряжений входного сигнала приёмника | $\pm 7V$    | от -7V до -12V |
| Уровень логической единицы приёмника           | >+200mV     | >+200mV        |
| Уровень логического нуля приёмника             | <-200mV     | <-200mV        |

Преобразователи последовательных интерфейсов используются для подключения систем сбора данных, контроллеров, регистраторов и других устройств с интерфейсом RS-232/422/485 к последовательному порту компьютера, для обеспечения гальванической развязки интерфейсов, для передачи данных по оптоволокну на большие расстояния и в условиях электромагнитных помех.

### **Преобразователи RS-232 в RS-422/485.**



Преобразователи RS-232 в RS-422/485 используются для подключения устройств RS-422/485 к компьютеру, для удлинения интерфейса RS-232 или для объединения нескольких устройств

RS-232 в одну сеть. Доступны преобразователи как с гальванической изоляцией интерфейсов, так и без нее.

### **Повторители и изоляторы RS-232, RS-422/485.**



Повторители интерфейсов RS-422/485 позволяют преодолеть ограничения в 1200 м, накладываемые на дальность передачи по этим каналам связи. Использование одного повторителя увеличивает максимальное расстояние обмена данными на 1200 м. Возможно использование нескольких повторителей в одной сети. Модули изоляции интерфейсов RS-232 применяются для защиты COM-порта от воздействия импульсных помех и высоковольтных напряжений. По сути, модули защиты представляют собой ретрансляторы последовательных интерфейсов со встроенной оптической развязкой.

### **Преобразователи RS-232/422/485 в оптоволокно.**



Преобразователи интерфейсов в оптоволокно применяются там, где необходимо передать данные RS-232/422/485 на расстояние до 20 км или требуется защита канала связи от электромагнитных помех. Возможно оптоволоконное соединение не только по топологии «точка-точка», но и построение многоточечных оптоволоконных систем связи.

## **Модульные преобразователи интерфейсов.**



Модульная система преобразователей последовательных интерфейсов NRack состоит из трех основных частей: CAPut!'-дюймовое шасси, модули оптических конвертеров и модули питания. Система NRack представляет собой многоканальный медиаконвертер с высокой плотностью портов – надежное и компактное решение для подключения нескольких удаленных узлов к одной точке.

Преобразователи USB в RS-232/422/485 обеспечивают подключение одного или нескольких устройств с последовательными интерфейсами, таких как терминалы, контроллеры, модемы, датчики, станки с ЧПУ и т.д. к USB-порту компьютера. Особую популярность конвертеры получили в мобильных и портативных системах, поскольку современные переносные компьютеры не оснащены штатными последовательными portами.

## **1-портовые преобразователи RS-232/422/485 в USB.**



Однопортовые конвертеры USB в RS-232, RS-422 и RS-485 компактны и удобны в использовании. Они предоставляют полный последовательный интерфейс со скоростью передачи до 921.6 Кбит/сек и обеспечивают защиту от импульсных помех до 15 КВ. Доступны модели и с гальванической изоляцией последовательного интерфейса.

## **Многопортовые преобразователи RS-232/422/485 в USB.**



Многопортовые конвертеры последовательных интерфейсов в USB являются заменой мультипортовых плат в портативных системах.

Устройства UPort в пластиковом исполнении ориентированы на решение задач ИТ и офисной автоматизации. Питание преобразователей осуществляется по шине USB.

## РАЗДЕЛ 3. ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АИС

### 3.1. Применение контроллеров в ИАС

К программно-техническим устройствам относятся микропроцессорные контроллерные модули, модули ввода/вывода, операторские панели, коммутационные модули.

Рассмотрим основные технические характеристики контроллеров, по которым можно сделать выбор при проектировании ИАС:

1. производительность, определяемая характеристиками процессора;
2. диапазон обрабатывающих сигналов, определяемых характеристиками каналов модулей ввода/вывода, поддерживаемых контроллерами;
3. коммуникация возможности для подключения к сети, к персональному компьютеру и к другим устройствам.
4. набор средств программирования (пакеты программирования, ОРС-серверы, программы собственных протоколов).
5. использование промышленных протоколов для интеграции контроллеров в систему автоматизации.
6. эксплуатационные характеристики.

1. К характеристикам процессора, определяющих производительность контроллеров, относятся:

- разрядность и рабочая частота (16-, 32-битные);
- объем различных видов памяти ОЗУ (RAM), ПЗУ (ROM), ППЗУ (PROM), флеш (Flesh);
- поддержка алгоритмов управления в масштабе реального времени с сетевыми протоколами (от 100 МГц и более).

2. Характеристика контроллера «диапазон обрабатываемых сигналов» определяется количеством и уровнем коммутируемых сигналов, по способу подключения к МВВ. Например, приведенные ниже контроллеры MicroLogix обрабатывают всего лишь несколько десятков аналоговых и дискретных сигналов (рис. 22).



Рис. 22. Контроллеры фирмы MicroLogix

Контроллеры Simatic (Siemens) (рис. 23) обрабатывают до нескольких сот сигналов.

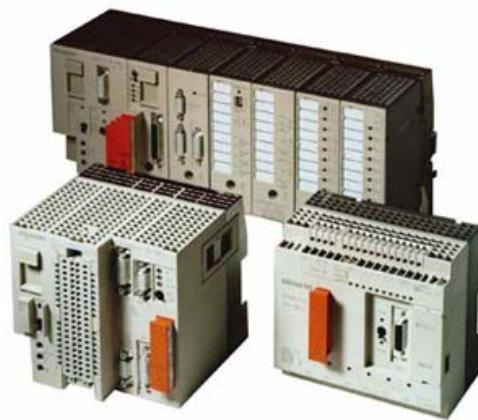


Рис. 23. Контроллеры фирмы Simatic

3. Коммуникационные возможности контроллеров определяются:

- количеством портов в процессорных модулях;
- количеством отдельных модулей;
- поддерживаемыми протоколами

4. Программное обеспечение контроллеров.

Для программирования ПЛК используются стандартизованные языки МЭК (IEC) стандартом IEC61131-3

Языки программирования для автоматизации (графические):

- **LD** – язык релейных схем - самый распространённый язык для PLC.

Ladder Diagram (LD, LAD, PKC) – язык релейной логики. Применяются также названия: язык релейно-контактной логики, релейные (или релейно-контактные) диаграммы (схемы), лестничной Язык программирования стандарта IEC61131-3. Предназначен для программирования промышленных контроллеров (ПЛК). Синтаксис языка был особенно удобен для замены логических схем, выполненных на релейной технике. Ориентирован на инженеров по автоматизации, работающих на промышленных предприятиях. Обеспечивает наглядный

интерфейс логики работы контроллера, облегчающий не только задачи собственно программирования и ввода в эксплуатацию, но и быстрый поиск неполадок в подключаемом к контроллеру оборудовании.

Конкретные версии языка реализуются обычно в рамках программных продуктов, для работы с конкретными типами ПЛК, например, такими, как [STEP 7](#) фирмы [Siemens](#) для работы с контроллерами [SIMATIC](#).

Программа на языке релейной логики имеет наглядный и интуитивно понятный инженерам-электрикам графический интерфейс, представляющий логические (булевские) операции, как электрическую цепь с замкнутыми и разомкнутыми контактами, протекание или отсутствие тока в этой цепи соответствует результату логической операции (true - если ток течет; false - если ток не течет). Основными элементами языка являются контакты, которые можно образно уподобить паре контактов реле или кнопки. Пара контактов отождествляется с логической переменной, а состояние этой пары - со значением переменной.

- **FBD** – язык функциональных блоков. Второй по распространённости язык для PLC.

FBD ([англ. Function Block Diagram](#)) – графический язык программирования стандарта [IEC61131-3](#). Предназначен для программирования промышленных логических контроллеров ([ПЛК](#)). Программирование на нём представляет собой размещение на поле набора логических блоков И, ИЛИ, НЕ, [триггеров](#), таймеров, блоков обработки сигнала и установления связи между ними. Графическая программа состоит из экземпляров функциональных блоков и соединений между ними. Исполняется сверху вниз и слева направо. Функциональные блоки могут быть написаны на других языках, например [IL](#) или [ST](#).

Модификацией FBD является язык программирования [CFC](#). Он позволяет произвольно задавать порядок выполнения блоков. FBD предельно прост в изучении и удобен для прикладных специалистов, не имеющих специальной подготовки в области информатики.

- **SFC** – язык диаграмм состояний. Используется для программирования автоматов.

Sequential Function Chart – язык программирования стандарта [IEC61131-3](#).

Предназначен для программирования промышленных контроллеров. Широко используется в SCADA/HMI пакетах.

SFC – графический язык, предназначенный для написания программ последовательного управления технологическим процессом, описывающий его в форме близкой к диаграмме состояний. Аналогом может служить сеть Петри с разноцветными фишками. В каждом

состоянии система выполняет действия (подпрограммы) с определенными модификаторами. Например, модификатор *N* – исполнять, пока состояние активно.

Основными элементами языка являются:

- состояния, в которых выполняются определенные действия, одновременно могут быть активны несколько состояний, одно из состояний является начальным;
  - переходы из состояния в состояние, для каждого перехода задаются логическое условие перехода к следующему шагу;
  - альтернативное ветвление алгоритма, когда из текущего состояния возможны переходы к нескольким состояниям, при этом каждому переходу соответствует свое логическое условие и при выполнении алгоритма производится только один из альтернативных переходов;
  - параллельное ветвление, в отличие от альтернативного имеет общее условие перехода на несколько параллельно работающих веток;
  - переход к заданному состоянию;
  - останов процесса.
- 
- **CFC** – не сертифицирован IEC61131-3, дальнейшее развитие FBD.

Языки для программистов ПЛК (текстовые):

- **IL** – Ассемблер.

IL (Instruction List) – язык программирования стандарта [IEC61131-3](#). Предназначен для [программирования промышленных контроллеров](#). По синтаксису напоминает [ассемблер](#). Ориентирован на профессиональных программистов и разработчиков контроллеров и ПО для них. Является вместе с [LD](#) одним из самых распространённых при программировании [ПЛК](#).

- **ST** – паскале-подобный язык.

Structured Text (ST) — язык программирования стандарта [IEC61131-3](#). Предназначен для [программирования промышленных контроллеров](#) и операторских станций. Широко используется в [SCADA/HMI/SoftLogic](#) пакетах. По структуре ближе всего к языку программирования [Паскаль](#). Удобен для написания больших программ и работы с аналоговыми сигналами и числами с плавающей точкой.

При разработке ИАС можно руководствоваться двумя подходами для выбора контроллера:

1. использовать контроллер одного из специализированных производителей (например, Siemens, Allen Bradley, Omron и т.д.) или взять за основу контроллер с открытой архитектурой. В этом случае программирование контроллера осуществляется строго с использованием специализированного программного обеспечения, поставляемого производителем. Выбор дополнительных аппаратных средств и SCADA системы также ограничен из-за отсутствия совместимости с разработками конкурентов. Практически, это увеличивает затраты на стыковки различных систем, а также зависимость от номенклатуры одного производителя, что в некоторых случаях может привести к невозможности реализации специфичных задач.

2. использовать контроллер с открытой (PC-совместимой) архитектурой. Проблемы совместимости становятся решаемыми. Во-первых, появляется возможность разработки любого программного протокола. Во-вторых, при отсутствии необходимого аппаратного модуля, он также может быть разработан, поскольку аппаратная архитектура такого контроллера тоже открыта. В качестве примера такого контроллера можно привести контроллеры фирмы Beckhoff. Использование контроллера с открытой архитектурой предоставляет широкое многообразие способов его программирования, не зависящих от конкретного производителя.

Рассмотрим серию устройств CX1000 (рис. 23 а). Это модульная система, которую можно смонтировать на шину. Ее компоненты соединяются вместе и устанавливаются в шкаф управления или в распределительную коробку, в зависимости от требуемых функций



Рис.23 а. Контроллеры Beckhoff.

Модули серии CX1000 соединяются друг с другом стандартизированной шиной PC104 (16 бит). Некоторые компоненты серии – это модули, которые можно соединять в группы. Базовое устройство состоит из модуля ЦП (CX1000-0000) модуля электроснабжения (CX1100-000x). Дальнейшие системные интерфейсы для последовательного соединения (2x RS 232, и RS422, RS485), так же как и аудио-сигналы доступны отдельно.

Модуль ЦП доступен в нескольких вариантах.

Это связано:

а) с внутренней конфигурацией памяти: есть 2 варианта – или 16мб флэш/32 ОЗУ или 64мб флэш/128 ОЗУ; последнее необходимо, если система оснащена Embedded Windows XP.

б) с конфигурацией системных интерфейсов: как вариант, можно добавить DVI и 2 USB интерфейса к Ethernet и RS 232, которые присутствуют по умолчанию.

в) с операционной системой: есть выбор между Microsoft Windows CE.NET и Embedded Microsoft Windows XP, – предустановленным программным обеспечением TwinCAT: CX1000 может быть установлен без системы TwinCAT, с TwinCAT CE PLC или с TwinCAT CE NC PTP, или с соответствующей полной версией индивидуального TwinCAT для ПЛК и Motion Control.

Доступны добавочные системные интерфейсы для последовательного соединения (2x RS 232, и RS422, RS485) и аудио сигналов.

Номенклатура добавочных модулей полевых интерфейсов для CX1000 добавляется с помощью соединения fieldbus для Profibus, CANopen, DeviceNet, SERCOS интерфейса и Lightbus, в версиях Master/Slave. Доступны следующие интерфейсы Fieldbus: Beckhoff Lightbus (master и slave), Profibus DP (master и slave), CANopen (master и slave), DeviceNet (master и slave) и SERCOS Interface (только master).

Использование fieldbus модулей master в CX1000 системах позволяет использовать все компонентов Beckhoff fieldbus (шинные соединители, шинные терминальные контроллеры, приводы и др.) в роли распределенных управляющих компонентов для сбора комплексных систем.

Использование fieldbus модулей slave позволяет употребление CX1000 систем в роли подчиненного распределенного контроллера для состава сложных или модульных систем.

К продукции российской фирмы ТЕКОН относятся программируемые логические контроллеры МФК, ТКМ51, ТКМ52, ТКМ21 различной мощности.

Контроллеры МФК относятся к классу PC-совместимых контроллеров. **МФК** - многофункциональный технологический контроллер, имеющий большую гибкость при конфигурировании, обладающий мощными вычислительными ресурсами (процессоры семейства 586) и большим количеством каналов ввода/вывода (более 750). Контроллер предназначен для сбора, обработки информации и управления объектами в схемах автономного управления или в составе распределенной системы управления на основе локальных сетей уровней LAN (Ethernet, Arcnet) и Fieldbus (Bitbus, CAN). Контроллер реализует функций программно-логического управления, многоконтурного регулирования, выполнения сложных алгоритмов управления, требующих большой вычислительной и информационной мощности.

Контроллер является проектно компонуемым устройством, т. е. модули (процессорный, коммуникационные, ввода/вывода) устанавливаются в контроллер изготовителем в соответствии с заказанной конфигурацией. Пользователь может самостоятельно наращивать или изменять конфигурацию контроллера.

Контроллер состоит из базовой части, одного процессорного модуля, коммуникационных модулей, модулей ввода/вывода, блока клавиатуры-индикации (необязательно).

В контроллере могут быть использованы два типа процессорных модулей P4823L, 5066A.

Характеристики процессорных модулей приведены ниже:

| Модуль процессора                 | P4823L   | 5066A                   |
|-----------------------------------|--|-------------------------|
| Процессор                         | AMD DX5-133 (586)  | AMD DX5-133 (586)       |
| Системное ОЗУ                     | 4, 8, 16, 32 Мб  | 1/5Мб (до 17Мб).        |
| Системное ПЗУ                     | Flash-диск объемом 2 Мб  | 2 диска - 384 Кб и 2 Мб |
| Энергонезависимое статическое ОЗУ | 128/512 Кб   | -                       |
| Последовательные порты            | COM1 (RS-232), COM2 (RS-232/RS-485) - для подключения блока питания и клавиатуры |                         |
| Параллельный порт                 | LPT1   |                         |
| Дополнительный интерфейс          | Контроллер Ethernet 10 Мб  |                         |

Контроллер имеет 16 посадочных мест для установки модулей ввода/вывода.

При любом типе процессорного модуля контроллер имеет следующие интерфейсы:

- последовательный порт RS-232 (COM1);
- интерфейс для подключения блока клавиатуры и индикации (COM2);
- интерфейс резервирования.

Дополнительные модули:

- модуль 5500 (Ethernet, стандарт 10BASE-T, витая пара);
- модуль 5560 (ArcNet, витая пара);
- модуль microTCX (BITBUS, витая пара).

Резервирование контроллеров МФК показано на рис 23 б.

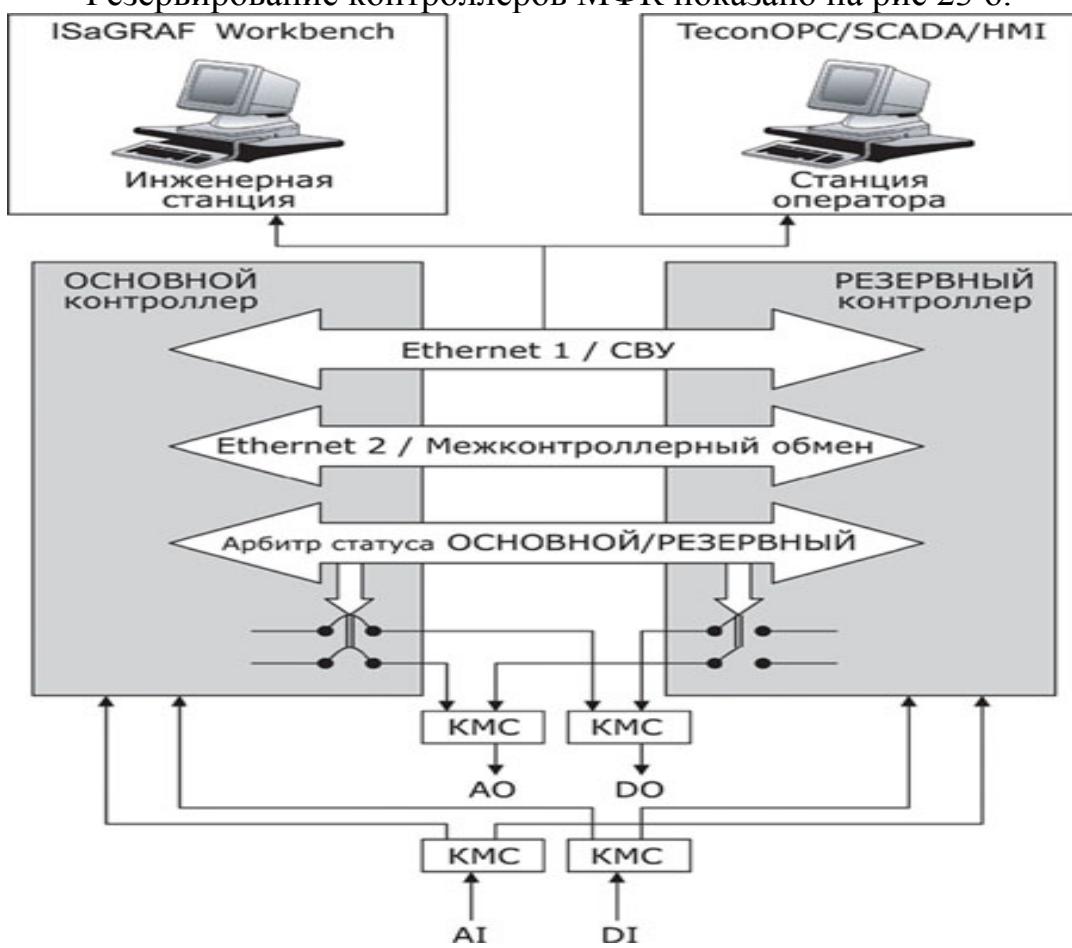


Рис.23 б. Схема резервирования контроллеров МФК.

Схема резервирования включает в себя два взаимосвязанных определенным образом контроллера МФК с одинаковыми комплектацией, размещением собственного оборудования и базовым программным обеспечением. Для программирования контроллеров МФК используется пакет ISaGRAF

### **3.2. Технические средства отображения информации.**

Человеко-машинный интерфейс HMI (Human Machine Interface) - совокупность средств, посредством которых осуществляется обмен между человеком и системами управления оборудованием и процессами. К средствам HMI относятся графические панели оператора, ПЛК с сенсорными экранами, плоскопанельные промышленные мониторы, панельные промышленные компьютеры, обобщаемые одним понятием «операторская панель». Операторские панели производятся предприятиями, выпускающими технические устройства систем автоматизации, например, Siemens, Advantech, Maple Systems, VIPA, Brainchild, Delta, Profase, Текон, Овен. Производители часто используют другие названия операторской панели, подчеркивая особенности их устройства:

- **Сенсорная панель** — операторская панель с сенсорным (чувствительным к нажатию) дисплеем, обычно не имеет кнопок
- **Текстовый дисплей** — операторская панель с отображением информации в текстовых строках. Может не иметь программы пользователя и управляется подключенным промышленным контроллером
- **Графическая панель** — операторская панель с графическим дисплеем
- **Панельный промышленный компьютер (Панельный ПК, Panel PC)** — операторская панель, по своему внутреннему устройству и производительности максимально приближенная к современным персональным компьютерам, может программироваться с использованием любых инструментальных средств программирования, применимых для РС.

Операторские панели позволяют пользователю управлять оборудованием посредством работы с простым и интуитивным графическим интерфейсом. При этом элементы этого интерфейса - кнопки, переключатели, индикаторы, - не существуют физически, а нарисованы на экране, и могут воспринимать команды оператора простыми касаниями на их изображения. Это дает не только быстрый и удобный контроль за оборудованием, но также снижает необходимость в традиционных органах управления, а значит - в электрических соединениях.

Для отображения хода процессов в интегрированных системах управления используются многофункциональные операторские панели. Многофункциональные операторские панели или пульты - это специализированные устройства для оперативного ввода и отображения информации, которые могут осуществлять обмен данными с удаленным компьютером или контроллером через последовательный порт. В качестве

устройства ввода применяется небольшая клавиатура или сенсорный экран, а для визуализации используются символьные или графические индикаторы. Обмен данными осуществляется по последовательным интерфейсным каналам RS-232/RS-485, что позволяет использовать терминалы на значительном удалении от контроллера.

Часто при построении распределенной системы управления возникает задача вводить и контролировать данные о технологическом процессе в самых разнообразных точках системы. Применение полноценного компьютера и монитора не всегда бывает экономически и технологически оправдано для этих целей. Обычно вполне достаточно компактного устройства с небольшим экраном и клавиатурой, обеспечивающего связь оператора с компьютером верхнего уровня.

Такой операторский пульт можно подключать к любой удаленной точке системы сбора данных и управления, с его помощью удобно контролировать основные параметры технологического процесса, производить задание начальных параметров и вносить необходимые изменения в ходе процесса. Операторская панель имеет средства отображения информации, в виде текстового дисплея или графического экрана, техническими средствами, обеспечивающими манипуляции оператора (клавиатура, кнопки, сенсорный экран, встроенный или подключаемый джойстик или трекбол). Программное обеспечение панели включает операционную систему (или firmware — операционная система от производителя, не имеющая названия, или одна из операционных систем широкого применения, например, один из вариантов Windows) и программное обеспечение пользователя. Программа пользователя обычно создается на отдельном компьютере с помощью конфигурационных программ, которые, как правило, поставляются изготовителями операторских панелей, после чего программа пользователя загружается (переносится, копируется) в операторскую панель. В системах автоматизации операторская панель работает во взаимодействии с промышленным контроллером, которое обычно осуществляется через промышленную сеть. Операторские панели, как правило, могут взаимодействовать с несколькими контроллерами одновременно, а также с контроллерами различных производителей, однако использование панели и контроллера от одного производителя (однородная система), как правило, обеспечивает наиболее простое решение задачи и иногда предоставляет дополнительные технические возможности. В паре контроллер — панель контроллер должен обеспечивать автоматическое управление технологическим оборудованием без вмешательства оператора и операторской панели. Операторская панель служит для запуска и останова оборудования, выбора режимов работы, введения новых рецептур, наблюдения за ходом процесса, отображения сообщений о неполадках и авариях, архивации и протоколирования данных

технологического процесса. Многие панели снабжены интерфейсом для подключения к принтеру. Операторские панели могут быть интегрированы в системы управления более высокого уровня (АСУ ТП или АСУП), предоставляя им необходимые данные и получая от них данные для управления технологическим процессом. Часто эта связь производится через интерфейс Ethernet и локальную сеть предприятия.

Ввод информации может осуществляться с клавиатуры либо сенсорно, нажатием на саму панель.



a)



б)

Рис24. Панель оператора:

а) Овен СМИ1 б)BrainChild HMI 201

HMI 201 (рис. 24).

Панель Овен СМИ 1 предназначена: для отображения и редактирования значений параметров, полученных по сети RS от приборов ОВЕН ПЛК, МВУ8, МВА8, TPM251, TPM2xx и др. приборов ОВЕН и других производителей, работающих по протоколам ОВЕН и Modbus RTU/ASCII.

Панель СМИ1 может выступать «Мастером сети». Ее функциональная схема приведена на рис25.

Панели  
с кнопочным  
управлением  
Цифро  
вые панели с  
кнопочным  
управлением.

Приме  
ром может  
служить  
панель  
оператора  
Овен СМИ 1  
и BrainChild

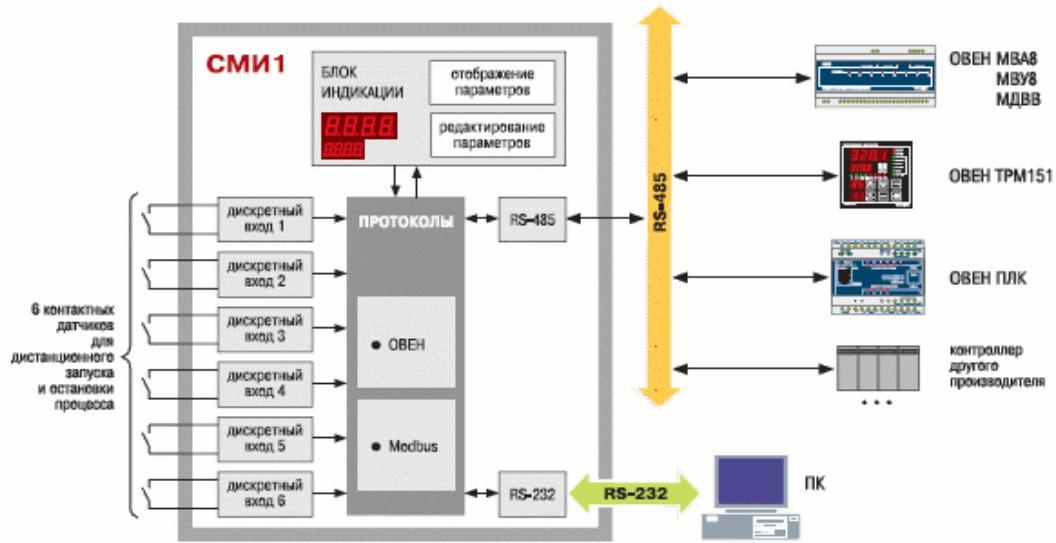


Рис.25. Функциональная схема панель оператора Овен СМИ1

Графические панели с кнопочным управлением как правило выполняют на основе монохромных дисплеев. Примером такой панели может служить панель оператора ИП320.

Разрешения монохромного дисплея составляет 192x64 пикселя и позволяет выводить простую графическую информацию. Схема ее работы в промышленной сети представлена на рис.26.

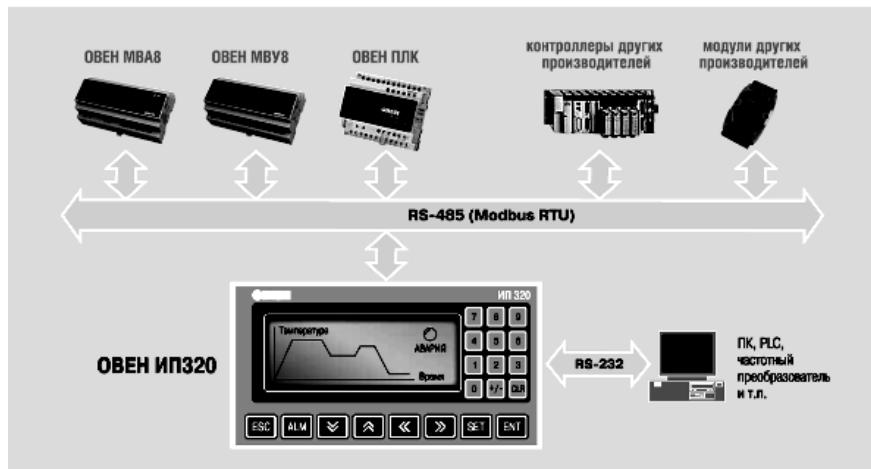


Рис26. Схема панели оператора «Овен ИП 320» в промышленной сети

Графическая панель оператора (операторская панель) с сенсорным управлением представляет собой программируемый терминал, выполняющий функции интерфейса оператора в системе, включающей определенную совокупность технологических процессов (например, в

системах вентиляции, тепло- и водоснабжения зданий), ПЛК (программируемый логический контроллер), выполняющий контрольные и управляющие функции относительно этих процессов, и оператора, контролирующего прохождение этих процессов и, при необходимости, корректирующего деятельность ПЛК. Примером такой панели может служить панель оператора СП 270.(рис.27)



Рис.27. Схема панели оператора «Овен СП270» в промышленной сети

Графические панели операторов Delta HMI имеют следующие функциональные возможности: модуль для подключения принтера, 2 модуля для подключения дискретного модуля вода\вывода, посредством которых HMI используются для управления различными процессами без внешнего ПЛК, модуль Ethernet для связи с внешними устройствами, последовательный интерфейс связи (RS232/RS422/RS485) поддержка до трех последовательных COM-портов, способных работать независимо и одновременно по различным протоколам ПЛК различных производителей. (рис 28)

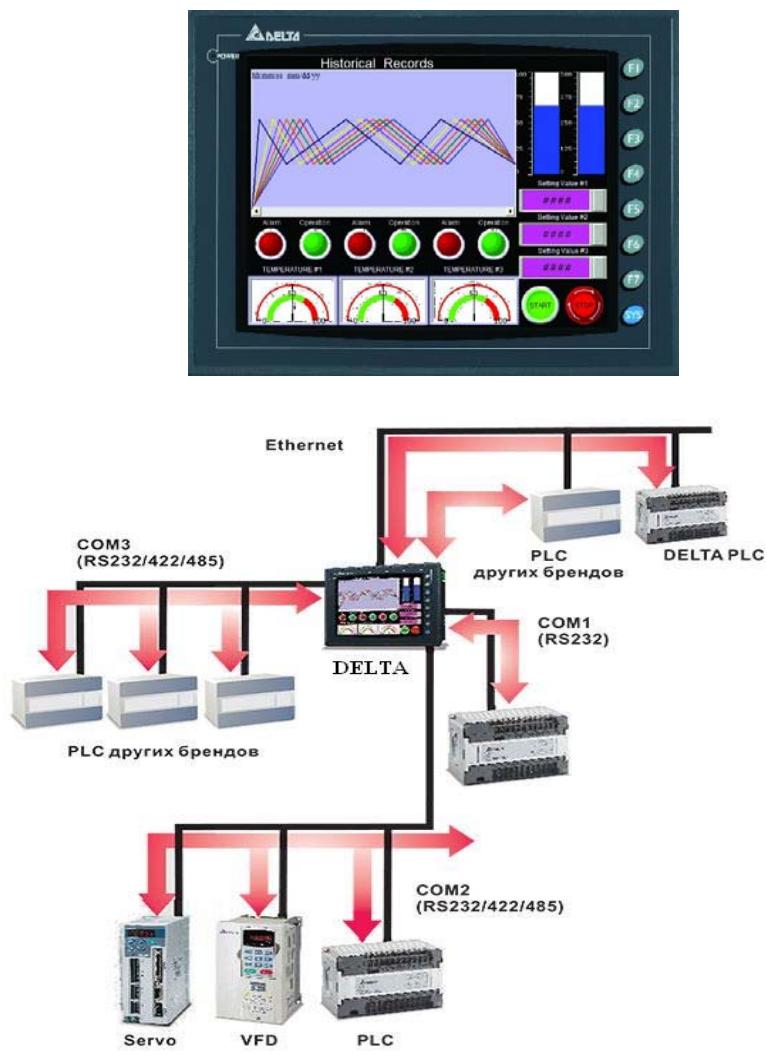
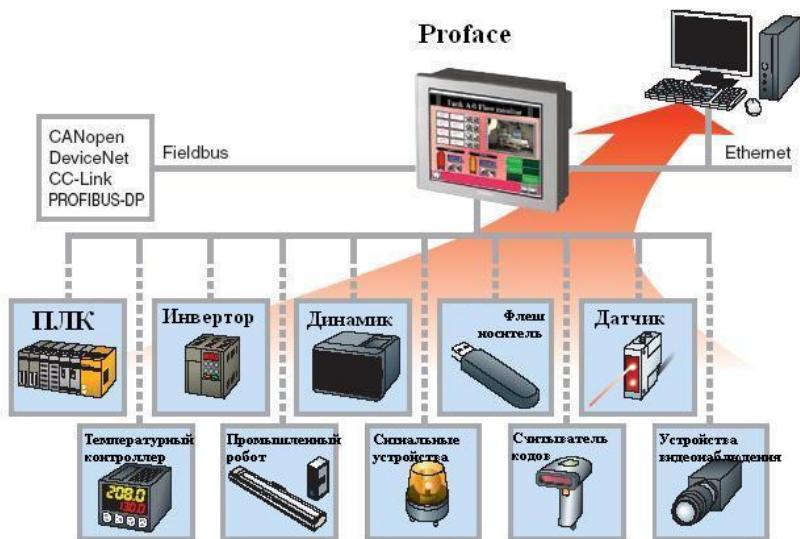


Рис. 28 Операторские панели DELTA.



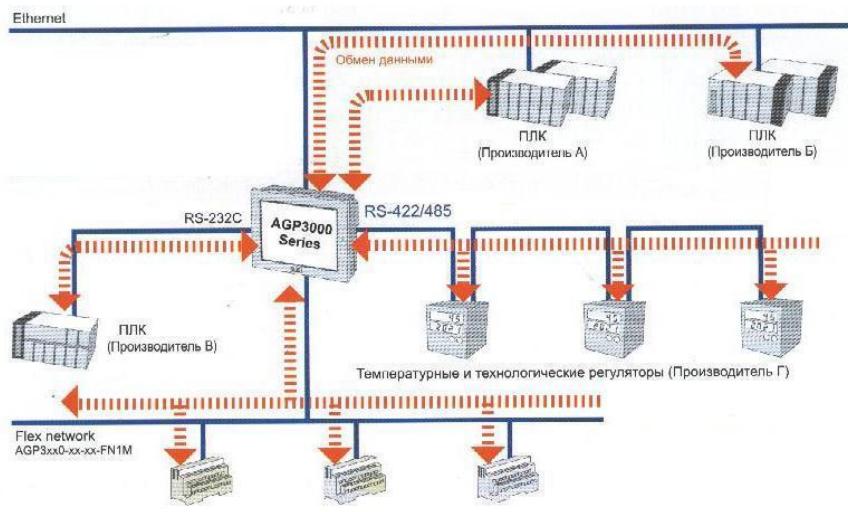


Рис. 29 Операторские панели Profase.

Устройства серии AGP3000 фирмы Profase (рис. 29) позволяют осуществлять мониторинг и управление устройствами. Возможно подключение до 16 устройств на различных интерфейсах, на одном и том же экране через порт RS-422\485. Реализован распределённый ввод\вывод на полевой шине FLEX NETWORK с максимальным числом узлов 63.

### 3.3 Обеспечение структурной надежности ИАС.

С целью повышения надежности работы ИАС применяется резервирование. Термин резервирование согласно ГОСТ 27.002–83 определяется следующим образом: резервирование – применение дополнительных средств и (или) возможностей с целью сохранения работоспособного состояния объекта при отказе одного или нескольких его элементов.

Термин резерв определяется как «совокупность дополнительных средств и (или) возможностей, используемых для резервирования». Резервируемые системы отличаются одна от другой в первую очередь реакции системы на появление отказа. С этой точки зрения различаются следующие два метода резервирования: постоянное резервирование и динамическое резервирование.

Постоянное резервирование – резервирование без перестройки структуры объекта при возникновении отказа его элементов.

Динамическое резервирование – резервирование с перестройкой структуры объекта при возникновении отказа его элемента.

## Постоянное резервирование

Постоянное резервирование заключается в том, что отказ одного элемента или нескольких элементов резервированной системы, в целом, не влияет на её работу. Элементы соединены постоянно, перестройки схемы не происходит. При создании таких систем необходимо учитывать различные последствия, к которым приводит отказ элементов.

Схема этого метода резервирования представлена на рис.30.

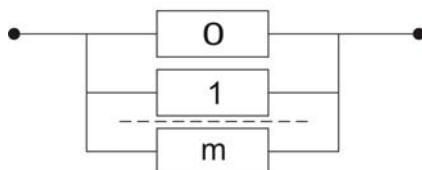


Рис.30. Схема общего резервирования

Резервируемые элементы соединены параллельно с основным источником в течение всего периода работы. Элементы соединены постоянно. Отказавшие элементы не отключаются. Перестройки схемы не происходит.

Преимуществом данной схемы является простота и отсутствие перерывов в работе.

Недостатком – повышенный расход ресурса резервных элементов, т.к. они находятся в рабочем режиме постоянно.

Такой метод наиболее целесообразен при резервировании небольших элементов (реле, сопротивлений, небольших схем и т.д.).

Различают общее и раздельное резервирование.

Общее резервирование – это резервирование, при котором резервируемым элементом является объект в целом.

Раздельное резервирование – это резервирование, при котором резервируемыми являются отдельные элементы или их группы. Схема раздельного резервирования представлена на рис. 31.

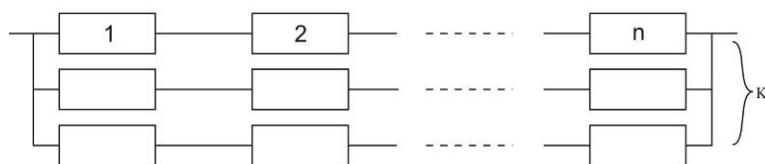


Рис. 31. Схема раздельного резервирования

Схема общего резервирования показана на рис. 32.

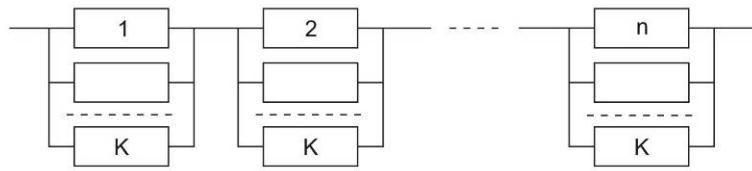


Рис. 32. Схема общего резервирования

В первом случае для отказа основной системы достаточно, чтобы в каждой цепи отказал один элемент. Во втором случае отказ системы наступает при отказе, какого либо элемента из основной цепи и всех резервных.

С целью сравнения различных методов резервирования и выбора оптимального с точки зрения получения наиболее надежной системы, либо количества элементов, либо другого критерия производится расчет и сравнение различных видов резервирования.

Сравним два вида резервирования системы, общее и раздельное. Примем, что все элементы одинаковые и имеют вероятность отказа равную  $q$ .

Тогда для общего резервирования.

Вероятность отказа основной системы определяется следующим образом:

$$Q_o = 1 - P_0 = 1 - P^n = 1 - (1 - q)^n.$$

Вероятность отказа резервированной системы  $Q_{op}$  будет равна

$$Q_{op} = (Q_o)^k = [1 - (1 - q)^n]^k.$$

В случае раздельного резервирования

$$\begin{aligned} Q_{yч} &= q^k : P_{yч} = 1 - Q_{yч} = 1 - q^k, \\ Q_{pp} &= (1 - Q_{pp}) = (1 - P^n)_{yч} = (1 - q^k)^n. \end{aligned}$$

Если вероятность отказа очень мала то, разложив правые части форму в ряды по степеням  $n$  и пренебрегая членами с  $q$  в степени выше единицы, получим

$$Q_{op} \approx n^k q^k,$$

$$Q_{pp} \approx n q^k.$$

Определим выигрыш, по надежности получаемой при различных видах резервирования

$$\frac{Q_{op}}{Q_{pp}} = n^{k-1}.$$

Таким образом, раздельное резервирование дает больший выигрыш, чем общее в  $n^{k-1}$  раз (по вероятности отказа).

## Динамическое резервирование

Динамическое резервирование – это такое резервирование, когда при появлении отказа элемента системы перестраивается и восстанавливает свою работоспособность. Происходит как бы «саморемонт» системы. Такой метод связи с применением переключателей, которые отключают поврежденный участок и включают резервный.

Схема этого резервирования приведена на рис. 33.

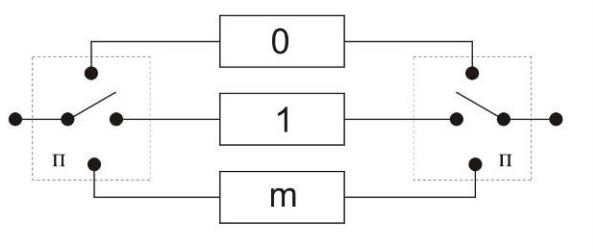


Рис. 33. Схема динамического резервирования

Резервные элементы до момента включения могут находиться в различных состояниях. При отказе основного элемента, резервный подключается в работу с помощью переключателя. При таком методе резервирования также может быть как общее, так и раздельное резервирование.

Преимущество – более высокая надежность системы по сравнению с постоянным резервированием.

Недостаток – наличие переключателей имеющих определенную надежность, которую необходимо учитывать.

В системах динамического резервирования определенное значение имеют условия работы резерва до появления отказа. Различают следующие условия работы резерва:

- Нагруженный резерв – резерв, который содержит один или несколько резервных элементов, находящихся в режиме основного элемента;
- Облегченный резерв – резерв, который содержит один или несколько резервных элементов, находящихся в менее нагруженном режиме, чем основной;
- Ненагруженный резерв – резерв, который содержит один или несколько резервных элементов, находящихся в ненагруженном режиме до начала выполнения ими функций основного элемента.

Одним из видов динамического резервирования является скользящее резервирование. Скользящее резервирование – это резервирование, при котором группа основных элементов объекта резервируется одним или

несколькими резервными элементами, каждый из которых может заменить любой отказавший элемент в данной группе.

Скользящее резервирование применяется в системах, состоящих из одинаковых элементов. Оно заключается в том, что используется небольшое число резервных элементов, которые могут подключаться взамен любого из отказавших элементов основной системы.

Схема скользящего резервирования представлена на рис. 34

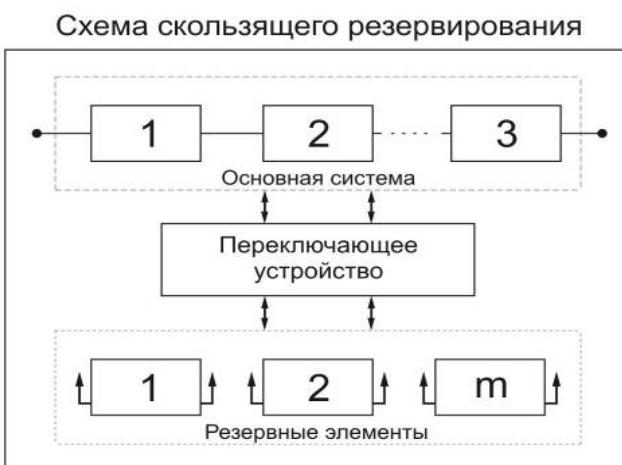


Рис. 34. Скользящее резервирование

Таким способом резервируют либо отдельные элементы, либо блоки, либо всю систему в целом.

### Способы повышения надежности контроллеров

Контроллеры могут обеспечивать многоуровневое резервирование и дублирование ресурсов контроллера, что позволяет разрабатывать системы автоматизации с различными требованиями к степени надежности и безопасности. Разработчику АСУ ТП предоставляется возможность определить режим использования контроллера с частичным или полным резервированием и дублированием ресурсов МФК3000:

- резервирование, дублирование или троирование модулей ввода-вывода;
- резервирование модулей центральных процессоров (ЦП);
- 100% горячее резервирование контроллеров.

На Рис.35 показан пример построения системы состоящей из двух нерезервированных контроллеров МФК3000, двух резервированных контроллеров и контроллера из двух крейтов с резервированными ЦП. В одиночном контроллере состоящим из одного-трех крейтов можно резервировать ЦП и модули ввода-вывода. Связь с СВУ выполняется через

интерфейс Ethernet 100 Base-T. Каждый модуль ЦП имеет два интерфейса Ethernet 100 Base<sub>T</sub>T. В контроллере без резервирования возможно резервирование или дублирование сетевых интерфейсов. При резервировании ЦП или контроллеров в целом обязательно резервируются сетевые интерфейсы от контроллера в целом или от резервированного комплекса в целом.

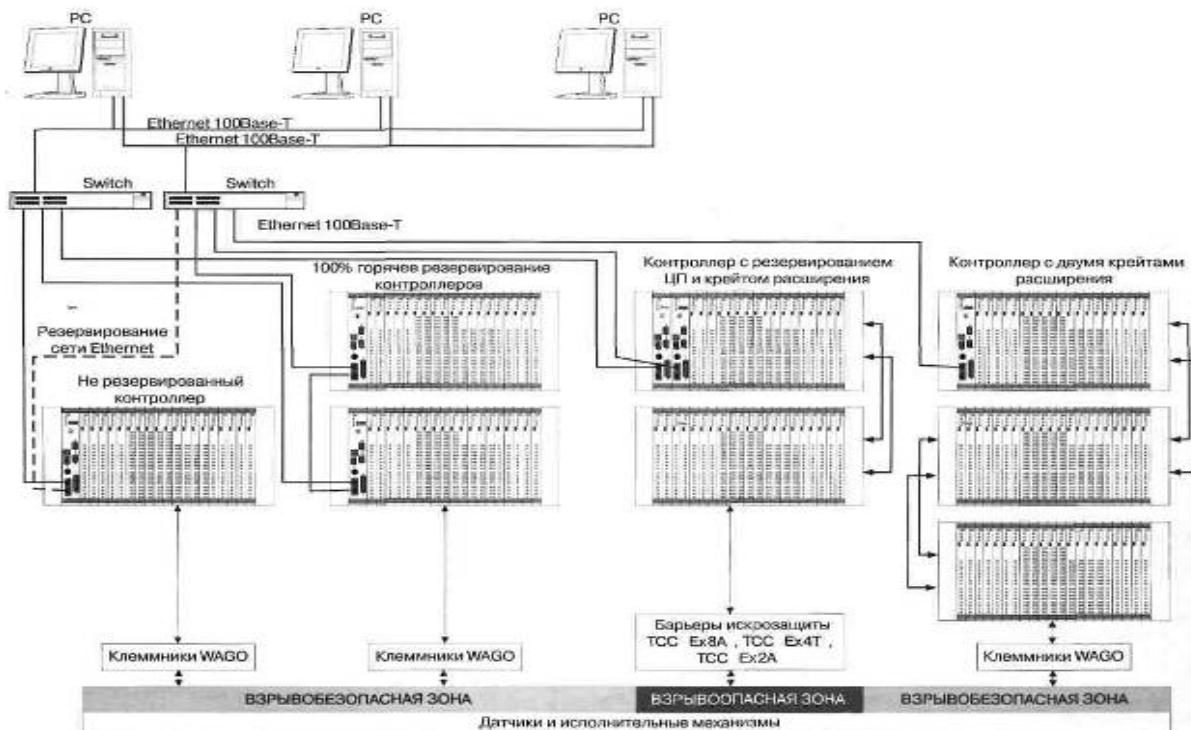


Рис. 35. Структурное повышение надежности контроллеров

### **Резервирование модулей**

Резервирование модулей ЦП и ввода-вывода значительно повышает надежность работы всего контроллера. Установленные в один контроллер два модуля ЦП образовывают резервированную пару с работой одного ЦП в режиме MASTER. Второй ЦП находится в горячем резерве в режиме SLAVE. Синхронизация переменных технологической задачи и обмен результатами диагностики выполняется поциальному интерфейсу Ethernet. Переключение с основного на резервный ЦП происходит автоматически по результатам диагностики или производится вручную с помощью переключателя режимов работы, расположенного на лицевой панке ЦП.

Резервированные модули ввода-вывода образуют группу каналов (имеющихся в этих модулях) с надежностью на несколько порядков выше, чем у одиночного модуля. При резервировании модулей ввода-вывода целесообразно резервировать и дублировать только те модули, сигналы которых участвуют в алгоритмах защит, блокировок и регуляторов. В этом

случае можно скомпоновать в одном контроллере информационную систему (без резервирования модулей) вместе с системой защит и блокировок, которая требует резервирования и дублирования.

Для обеспечения надежного ввода сигналов в некоторых случаях рекомендуется дублировать или троировать входные сигналы на разные модули. Выбор достоверного сигнала производится по результатам диагностики в технологической программе по серединному значению от трех входов или по результатам анализа скорости изменения для дублированного входа. Выходы контроллера также можно резервировать. Это достигается резервированием выходных модулей, при котором в горячий резерв можно поставить один или два модуля (троирование). Резервирование модулей выполняется ресурсами самих модулей без участия ЦП.

Если в системе имеются сигналы, участвующие в защитах (блокировках), для которых важно замыкание (размыкание) сигнала при срабатывании защиты, используется режим дублирования выходных модулей и объединение выходов по проводному ИЛИ (И). В каналах, требующих особой надежности (вероятность отказа менее  $1 \times 10^9$ ), используется по два выхода на трех модулях с соединением выходов по проводной схеме 2 из 3.

На Рис. 36 приведен пример резервирования модулей ЦП и модулей ввода-вывода в одном и разных крейтах одного контроллера.

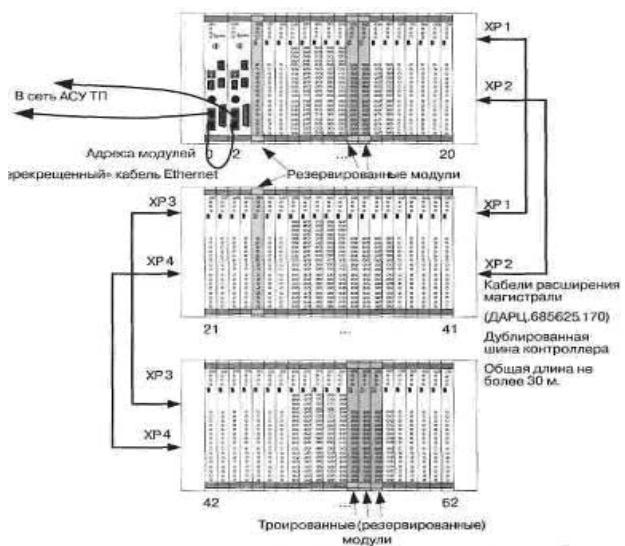


Рис.36. Резервирование контроллеров

При 100% резервировании контроллеров резервируются все ресурсы технологического контроллера. Такое использование контроллеров при необходимости позволяет осуществить горячую замену узлов и контроллера в целом без останова выполнения любой из функций, реализуемой при контроле и управлении технологическим процессом.

Резервированные контроллеры могут находиться в режимах MASTER и SLAVE. Синхронизация переменных технологической задачи и обмен результатами диагностики выполняется по отдельному интерфейсу Ethernet. Переключение режимов выполняется автоматически по результатам диагностики контроллера или вручную переключателями на модулях ЦП контроллеров.

Резервированные контроллеры должны быть идентичны и могут состоять из любого допустимого количества крейтов. При резервировании контроллеров невозможно резервирование модулей ввода-вывода внутри контроллеров. Пример наиболее сложного резервированного комплекса приведен на Рис. 37.

В приведенном примере резервируются два контроллера, состоящие из трех крейтов.

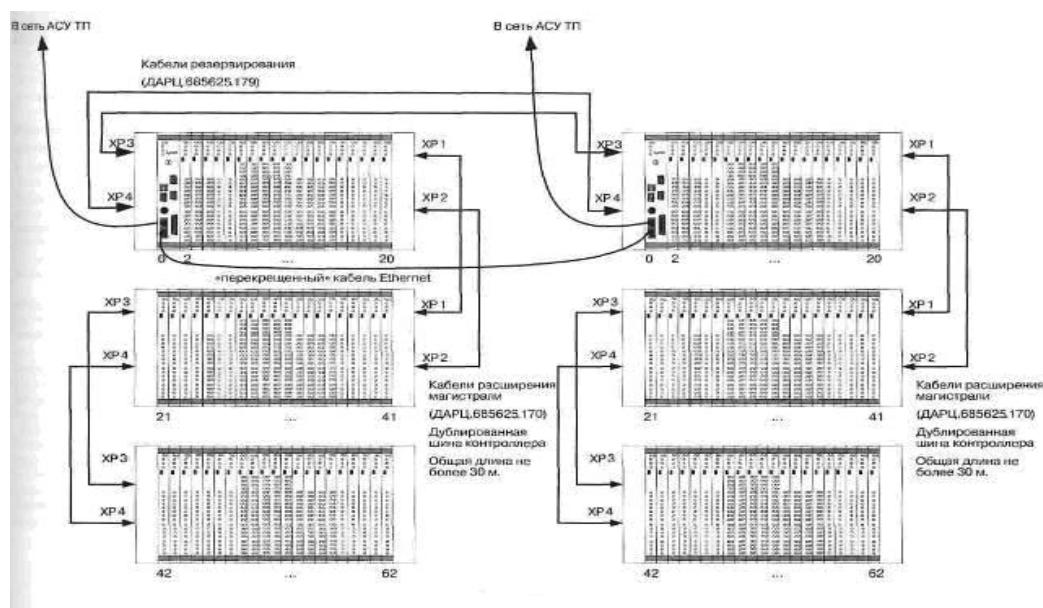


Рис .37. Резервирование комплекса

Дублированная внутренняя шина обеспечивает многомасстерную работу и гарантированное время доставки как инициативных сообщений от модулей ввода-вывода к ЦП, так и сообщений от ЦП к самим модулям. Любой модуль может передавать инициативные сообщения как по результатам диагностики, так и по факту изменения входного сигнала. Гарантированное время доставки инициативных сообщений зависит от общего количества крейтов и составляет от 2 до бмс (4мс - для контроллера, состоящего из двух крейтов).

## **Механизм "Plug & Play"**

Все модули ввода-вывода имеют возможность горячей замены. После установки модуля и перевода его в рабочий режим (переключатель режимов работы на модуле должен быть в положении RUN), модуль посыпает инициативное сообщение о своем присутствии в крейте. Далее механизм "Plug & Play" запишет в модуль параметры конфигурации для данного слота крейта и программно переведет его в необходимый режим работы.

Механизм основан на том, что все модули калибруются во всех диапазонах измерения при производстве, и в дальнейшем переключения режимов работы и диапазонов выполняются только программным путем.

## **Диагностика**

Контроллеры снабжаются средства начальной и непрерывной диагностики. Диагностируются целостность данных и калибровочных коэффициентов в памяти модулей ввода-вывода, качество обмена данными и время обращения по внутренней шине контроллера, температурные режимы работы, количество циклов записи во Flash-память модуля и некоторые другие параметры. Диагностика внешних цепей включает контроль линий связи с датчиками на обрыв и контроль наличия сигналов на выходном разъеме модуля (для модулей дискретного вывода). Некоторые модули имеют дополнительные диагностические возможности, например, контроль выхода сигнала датчика за границы предупредительных и аварийных уставок, а также за границы рабочего диапазона.

## **Система питания контроллера**

Питание контроллера выполняется от внешних источников питания 24 В на 125 или 250 Вт в зависимости от потребляемой крейтами мощности. Для обеспечения надежного питания используется комплект из двух источников с подключением к различным фидерам. Возможно подключение одного источника к напряжению переменного тока, а второго к напряжению постоянного тока. Для каждого крейта контроллера может быть свой комплект источников или может быть использован один комплект источников для нескольких крейтов. Это зависит от состава модулей в контроллере, и определяется на этапе проектирования состава контроллера. На Рис. 38 приведены примеры подключения контроллера, состоящего из двух крейтов с питанием от фидеров переменного и постоянного тока, и контроллера с одним источником питания. Внутри контроллера разводка напряжения 24 В выполнена различными шинами. Объединение питания выполнено непосредственно в модулях.

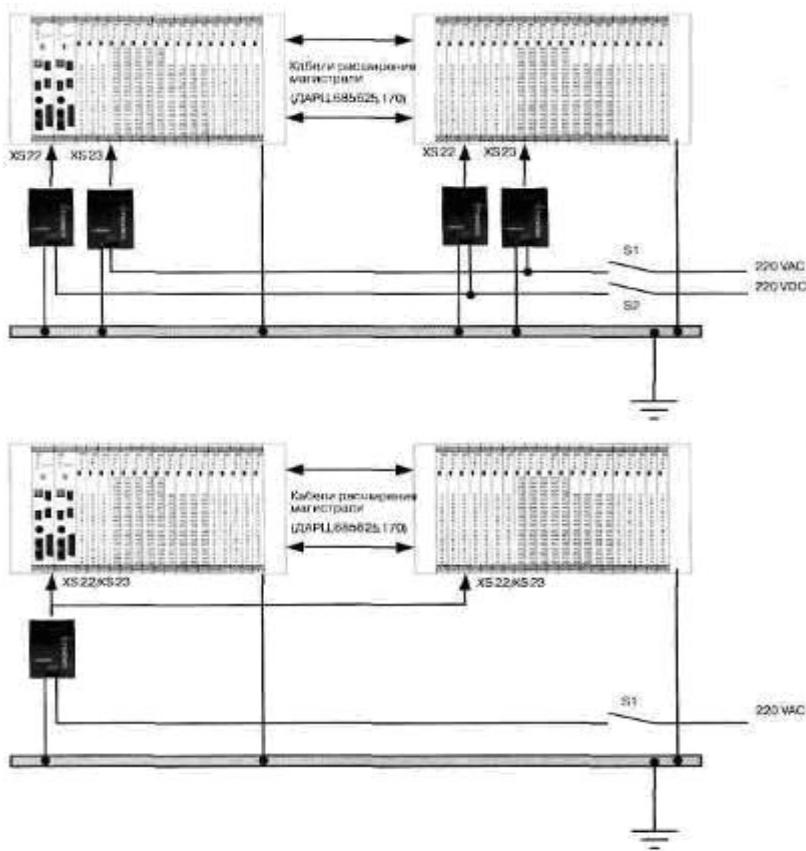


Рис.38.Резервирование питания контроллеров

## **Раздел 4. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ**

### **4.1. Компоненты и основные возможности SCADA-систем**

Проектирование интегрированных автоматизированных систем производится с помощью программного пакета SCADA. В таблице 10 приведены имеющиеся на мировом рынке и использующиеся при проектировании систем автоматизации SCADA-пакеты, которые имеют в своём составе основные прикладные программные модули-компоненты, поддерживающие функции:

- сбора и обработки аналоговой и цифровой информации с объекта (датчиков, локальных систем управления, ПЛК, СЧПУ, АСУТП, РТК);
- регистрации сигналов об аварийных ситуациях, диагностика отказов оборудования;

- хранения и архивации, учёта и анализа, текущих и прошлых показателей производственного процесса с возможностью обработки и представления данных различным потребителям;
- вывода информации и сообщений диспетчеру, оператору, руководящему персоналу, исполнителям;
- передачи и ввода в устройства управления систем нижнего уровня команд оператора с верхнего уровня.

Таблица 10

| Наименование SCADA-пакета  | Изготовитель           | Операционная система | Технические средства | Сетевой сервис |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| Factory Link United States | DATA Co.               | MS Windows           | IBM PC               | ETHERNET       |
| InTouch                    | Wonderware             | MS Windows           | IBM PC               | ETHERNET       |
| Genesis                    | Iconics                | MS Windows           | IBM PC               | ETHERNET       |
| WinCC                      | Siemens                | MS Windows           | IBM PC               | ETHERNET       |
| RealFlex                   | BJ Software Systems    | SCO UNIX             | IBM PC               | ARCNET         |
| Sitex                      | Jade Software          | SCO UNIX             | IBM PC               | ARCNET         |
| FIX                        | Intellution            | VMS                  | VAX                  | ETHERNET       |
| Trace Mode                 | AdAstra                | MS Windows           | IBM PC               | ETHERNET       |
| Simplicity                 | GE Fanuc Automation    | MS Windows           | IBM PC               | ETHERNET       |
| RSView                     | Rockwell Software Inc. | MS Windows           | IBM PC               | ETHERNET       |
| Master-SCADA               | ИнCAT                  | MS Windows           | IBM PC               | ETHERNET       |

Система, построенная на одном или нескольких компьютерах в том числе и на персональных, со станцией/панелью оператора-диспетчера, оснащённая SCADA-пакетом называется SCADA-системой.

Основные функциональные возможности SCADA-систем заложены в её архитектуре, которую мы рассмотрим на примере системы iFIX, являющейся совместным продуктом компаний Intellution, Fanuc GE и Xerox. Распределённая архитектура, компонентная технология системы iFIX облегчает интеграцию и взаимодействие между системами автоматизации, производственными уровнями и другими бизнес-процессами производства, позволяет уменьшить время на разработку проектов автоматизации, обслуживание и внедрение разработок третьих фирм.

Система iFIX содержит основные программные компоненты (Рис.39):

- SCU (System Configuration Utility) – системная программа конфигурации;
- Workspace – интегрированная среда проектирования;
- OPC – (Ole Process for Control) – стандарт взаимодействия между программными компонентами;
- VBA – (Visual Basic for Applications) – прикладная программа графического интерфейса;
- SAC – (Scan, Alarm and Control) – сканирование, тревоги и управление.

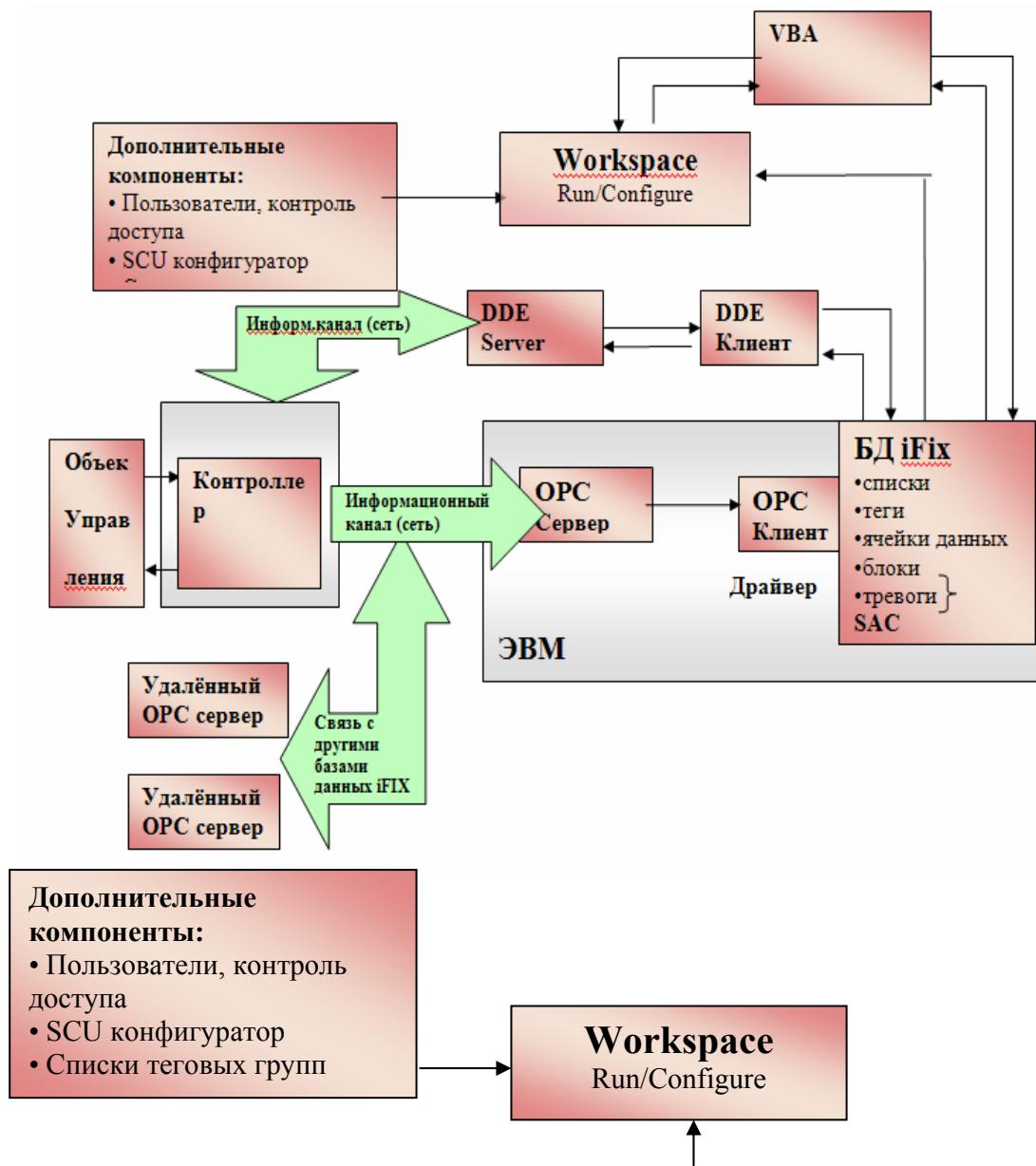


Рис.39 Компоненты системы iFIX.

Прежде чем представлять компоненты и их назначение с точки зрения разработки интегрированной автоматизированной системы, введём понятие узла iFIX.

Узел – это персональный компьютер или другое программно-управляемое вычислительное устройство, на котором работает программное обеспечение iFIX.

Распространённые типы узлов и их описание сведены в таблицу 11.

Таблица 11

| <b>Тип узла интегрированной системы с iFIX</b> | <b>Описание</b>  |
|--|--|
| Локальный и удалённый                          | При работе с распределёнными системами iFIX локальным называется узел, на котором работает пользователь, а удалённым – любой узел, к которому требуется получить доступ по линии связи.  |
| Автономный                                     | При работе с централизованной системой iFIX автономным называется узел, который выполняет все функции. Автономный узел не работает в сети.   |
| SCADA-сервер                                   | На SCADA-сервере (или SCADA-узле ) работает компонента системы iFIX, обеспечивающая сбор данных и управление. Обычно SCADA-узел располагается непосредственно на производственном участке и имеет прямую связь с оборудованием, занятым в производственном процессе.   |
| «Слепой» SCADA-сервер                          | «Слепой» SCADA-сервер (или «Слепой» SCADA-узел) не использует графического программного обеспечения. Такая конфигурация позволяет компьютеру использовать больше ресурсов для сбора данных и управления. Просмотр графической информации обеспечивается на узлах iClient (панели операторов).                                      |
| Run-time                                       | Run-time узел – это исполнительный узел, на котором нельзя изменять мнемосхемы или базу данных процесса. На таких узлах устанавливаются сконфигурированные файлы, поэтому операторы могут вести только мониторинг процесса, изменять его уставки и квитировать тревоги.  |
| iClient  | iClient (илиView-узел) является наиболее распространённым типом узла. На этих узлах обеспечивается отображение в реальном времени графической информации, представляемой системой iFIX. Термин «View-узел» означает, что на узле работают программы отображения графики, однако на узле можно также запустить и другие приложения. |
| iClient Read Only                              | Узел iClient Read Only имеет те же наборы функций, что и iClient, кроме записи в базу данных или в OPC-серверы. Однако можно записать значения в реляционную базу данных.  |

Важнейшей компонентой архитектуре системы является Workspace, обеспечивающая организацию всех приложений в единую интегрированную среду проектирования и управления ЕИСПУ (IDE – integrated development environment). Workspace являясь единой интегрированной средой состоит из:

- среды конфигурации (Configure);
- среды выполнения (Run);

Среда конфигурации дает все необходимые инструменты разработки, включая доступ к инstrumentальным панелям, панелям приложений и файлам в системном дереве, т.е. все инструменты представления графики, текста, данных, анимации и диаграмм, требующиеся для создания и использования экранных форм графической визуализации технологического процесса.

Среда выполнения предназначена для операторов. Как правило, в среде выполнения конфигурируются ограничения доступа оператора к другим частям iFIX.

В программном модуле SCU (System Configuration Utility - утилита системного конфигурирования) производится:

а) конфигурация сети:

- определение количества узлов,
- типы используемых сетевых протоколов,
- состав пользователей;
- маршруты и назначения тревог;
- драйверы ввода-вывода;
- характеристики объектного уровня управления (IP-адреса оборудования этого уровня));

б) определяются зоны тревог производства (перечень участков, имена принтеров и форматы для передачи сообщений параметров о ходе технологических процессов по сетевой службе тревог);

в) включение резервных локальных вычислительных сетей, резервных SCADA-узлов;

г) формирование списка драйверов ввода ввода-вывода.

Проект сконфигурированной структуры верхнего уровня ИАС в среде конфигурации представляется в виде системного дерева, где указываются имена узлов системы, файлы, данные, контроллеры и их IP адреса, количество узлов, графические элементы экранных форм. Создание и изменение экранных форм панелей оператора производится также в среде конфигурации.

Среда выполнения (Run) требует завершения пуско-наладочных работ по сборке сконфигурированной схемы ИАС. Среда выполнения позволяет контролировать, осуществлять сбор данных реальных процессов. Как в

среде конфигурирования (Configure), так и в среде выполнения (Run) обеспечиваются все необходимые функции проектирования и просмотра операторами графических экранных форм, расписаний, отчётов и скриптов в реального времени.

Переключение между средой выполнения и средой конфигурации позволяет быстро проверять изменения, внесённые в экранные формы, не прерывая работы службы тревог и процесса сбора данных. Кроме того, работа в среде конфигурации не вызывает прерывания контроля процесса во всех узлах, кроме рабочего. (см. табл.12)

Таблица 12

| Доступ к ...       | SCADA-сервер | iClient | Рабочий узел |
|--------------------|--------------|---------|--------------|
| Среда выполнения   | Да           | Да      | Да           |
| Среда конфигурации | Да           | Да      | Нет          |

На всех SCADA-серверах интегрированной системы имеется база данных процессов и источников данных. «Слепые» SCADA-серверы не поддерживают графического отображения, Iclient'ы (панели операторов) объединены в сеть со SCADA-сервером и действуют как его клиенты (рис.40).

Все функции оперативного управления и мониторинга системы, такие как генерация тревог, создание отчетов и выполнение расписаний, реализуются как фоновые задачи.

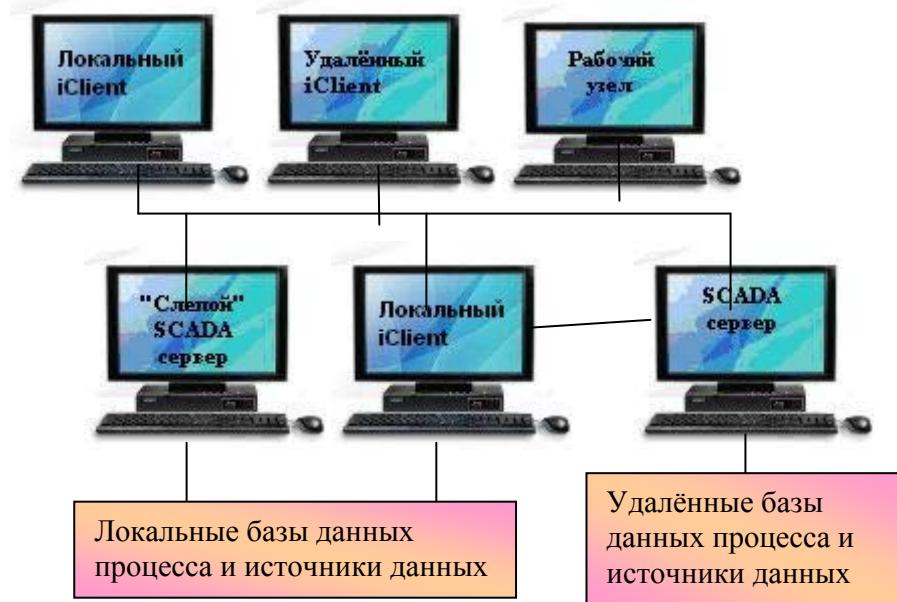




Рис.40. Серверы и панели операторов интегрированной системы.

В функциональное ядро пакета SCADA встроены программные компоненты для приёма и передачи информации между устройствами интегрированной системы на основе стандартов OPC, COM/DCOM, ActiveX, DDE, OLE. На рисунке показана передача данных, когда OPC-сервер и OPC-клиент установлен не на одном компьютере (ЭВМ), то есть связаться с любым локальным OPC-сервером Workspace может напрямую через OPC интерфейс. С удалённым OPC-сервером Workspace не может напрямую связаться. Для связи с удалённым OPC-сервером используется драйвер OPC-клиента. Этот драйвер позволяет связываться с любым локальным или удалённым OPC-сервером и хранить информацию в базе данных процесса. Когда драйвер OPC-клиент связывается с удалённым OPC-сервером, он использует Microsoft's Distributed Component Object Model (DCOM). Workspace не поддерживает применение DCOM напрямую с удалённым OPC-сервером. ActiveX представляет собой набор технологий программирования Microsoft, который позволяет программным компонентам, написанным на разных языках, взаимодействовать друг с другом в сетевой среде.

Он создан на базе стандарта проектирования OLE, который за последние годы вышел далеко за рамки концепции *object linking and embedding* (связывание и внедрение объектов), давшей название первоначальному акрониму. iFIX является контейнером для ActiveX-объектов.

Подобно OLE, ActiveX построен на базе программной модели COM и предназначен для поддержки полной интеграции программных компонент.

Он поддерживает технологию DCOM (Distributed COM – Распределенная компонентная объектная модель), обеспечивающую прозрачную интеграцию этих же компонент в распределенных сетях, включая Интернет и сети инTRANET. Однако оптимизация объема и скорости работы ActiveX позволяет проектировщикам использовать подмножества сложного интерфейса OLE для создания приложений с высокой степенью интерактивности.

Чтобы защитить систему от возможных проблем с ActiveX-объектами, iFIX обеспечивает безопасное внедрение (Secure Containment) этих элементов. В отличие о многих систем, поддерживающих ActiveX объекты, iFIX при фатальном сбое ActiveX объекта во время работы

изолируется от него, в результате чего система продолжает нормальное функционировать. Технология Secure Containment гарантирует от потери данных или прерывания процесса управления.

DDE (Dynamic Data Exchange - динамический обмен данными) - форма связи, которая для организации обмена данными между приложениями использует общую память. Поддержка DDE обеспечивает изменение базы данных процесса при изменении данных в присоединенном приложении (например, электронной таблице или текстовом процессоре) и наоборот. В лабораторных работах иллюстрируется работа базы данных комплекса с DDE-сервером и DDE-клиентом.

Visual Basic for Applications (VBA) – важнейшая компонента iFIX системы, является инструментом для обеспечения оператору «окна в процесс».

Реализация VBA в iFIX обеспечивает:

- доступ ко всем открытым свойствам, методам и событиям объектов iFIX;
- поддержку различных источников данных – базу данных процесса, OPC-серверы, свойства других объектов и баз данных SQL;
- поддержку ActiveX-объектов;
- создание скриптов для стандартных задач (создание панели управления, панели навигации, кнопок управления и так далее);
- Secure Containment (безопасное внедрение) для ActiveX-объектов третьих фирм.

iFIX обеспечивает доступ к VBA, встроенному редактору и отладчику Visual Basic, что позволяет просматривать, останавливать, прерывать и возобновлять активные скрипты. Реализация VBA в рамках iFIX имеет

функции поиска и замены, содержит расширенные функции вырезания и вставки, которые позволяют копировать формы, модули и скрипты, относящиеся к выбранному объекту. Эти усовершенствования существенно сокращают время проектирования и улучшают характеристики системы в целом.

**Следующая системная компонента** – это программа SAC, предназначенная для обработки данных от различных источников. Пример создания тревог и отражения их на панели оператора рассмотрен в практических 0,44000 работах.

Программа SAC (Scan, Alarm, and Control - Сканирование, тревоги и управление) является системным приложением, которое работает на SCADA узле.

Состояние тревоги называется алармом (Alarm).

Аларм – это некоторое сообщение (событие), предупреждающее

оператора о возникновении определенной ситуации, которая может привести к серьезным последствиям, и потому требующее его внимания и часто вмешательства.

Аларм считается подтвержденным (квитированным), если оператор отреагировал на сообщение об аларме.

Аларм считается неподтвержденным, если нет реакции оператора.

Существуют разные типы событий:

- «аларм был подтвержден»;
- «возникла аварийная ситуация»;
- «возникло аварийное событие»;
- «переменная перешла из аварийной границы в обычное состояние»;
- «оператор ввел новые значения переменной».

Дискретные алармы срабатывают при изменении состояния дискретной переменной. Для срабатывания дискретного аларма можно использовать любое из двух состояний: TRUE/ON (1) или FALSE/OFF (0).

Аналоговые алармы срабатывают, если выходные значения переменной достигли верхней и нижней границы.

Организация сообщений об алармах может быть произведена путем конфигурации системы тревог, основанных на зонах тревоги, представляющих собой производственные линии, участки, цехи, производства.

Типы тревог и сообщений формируются в блоках базы данных.

Программный модуль SAC отвечает за выполнение следующих функций:

- считывает данные из различных источников данных;
- преобразует данные в формат базы данных;
- проверяет данные на предмет нарушения пределов тревог и генерирует тревожные сообщения;
- выполняет логику управления;
- обнаруживает особые ситуации (exceptions) – изменения;
- делает необходимые записи в базу данных.

Каждая цепочка базы данных содержит также информацию о том, как программа SAC должна ее обрабатывать.

Возможные варианты - обработка по времени, обработка по изменениям и однократная обработка. Узел может производить одновременную обработку по времени и по изменениям. В результате вы получаете возможность использовать в системе наилучшую стратегию обработки для каждой точки сбора данных.

Большинство приложений запрашивает и вычисляет данные через регулярные интервалы времени, определяемые в секундах, минутах или часах.

Система iFIX может реализовывать любые комбинации вариантов обработки по времени. Это позволяет оптимально распределять ресурсы системы с учетом того, что для одних данных требуется большая частота выборки, а для других - значительно меньшая.

В программе SAC предусмотрены следующие периоды обработки по времени:

- субсекундные (от 0.05 сек до 0.95 сек);
- секундные;
- минутные;
- часовые.

Период, с которым SAC считывает данные, называется *периодом сканирования*, который устанавливается в базе данных в поле «период сканирования».

Часто обработка данных, которая производится после того, как происходит какое-то важное событие, например, изменение уставки или замыкание контакта, оказывается более эффективной. Обработка данных, которая запускается событиями, а не по времени, называется *обработкой по изменениям*.

*Обработка по изменениям* особенно важна в случае существенно распределенных SCADA-приложений, которые ведут мониторинг большого количества устройств ввода/вывода. Пусть, например, для мониторинга системы нефтяных трубопроводов на нефтяном месторождении используется большая сеть удаленных терминалов. Данные, поступающие с этих терминалов, изменяются редко, поэтому нет необходимости производить их выборку с фиксированным периодом сканирования. Однако, когда такое изменение происходит, оператор должен сразу узнать об этом. Система iFIX воспринимает информацию об изменении данных и немедленно ее обрабатывает.

Программа SAC может выполнять обработку по изменениям в зависимости от следующих событий:

- изменений данных в базе данных;
- непредусмотренных (unsolicited) сообщений от аппаратуры процесса;
- действий оператора;
- команд программных приложений;

## 4.2 Архитектура SCADA-системы iFix.

Сетевая архитектура iFIX использует принцип иерархичности, при котором отдельные компьютеры или другое вычислительное устройство

становится уязвимым к отказам, возникающим в сети. Архитектура системы iFIX позволяет распределить критические функции мониторинга и оперативного управления производством между всеми узлами сети, используя распределённую, централизованную и смешанную обработку и передачу данных.

В основу построения большинства систем положен иерархический принцип, при котором отдельный компьютер становится чрезвычайно уязвимым по отношению к возникающим в сети отказам системы. Архитектура системы iFIX позволяет распределить критические функции мониторинга и управления производством между всеми узлами сети.

В сети с распределенной обработкой каждый узел независимо выполняет предназначенную ему задачу. Преимуществом такой стратегии является то, что узлы могут отключаться, не нарушая работу сети в целом. Когда узел запрашивает данные из отключенного узла, сетевое программное обеспечение сообщает об этом запрашивающему узлу, так, что этот узел корректно справляется с потерей данных. С одной стороны, каждый узел является независимой станцией, а с другой – узлы могут получать данные из любого места сети. Например, узел iClient может отображать экранную форму, которая имеет связи со множеством разных SCADA-узлов, не требуя дополнительного конфигурирования и создания локальной копии базы данных.

Для выполнения необходимых функций некоторым приложениям необходим только один узел. Не требуется особых усилий, чтобы превратить узел распределенной сети в автономный и наоборот. Система iFIX работает в среде автономного компьютера так же эффективно, как и в сетевой распределенной среде.

В системе iFIX можно избирательно сконфигурировать те узлы в сети, которые могут иметь доступ к данным на SCADA-узле. Коммуникационная связь между двумя узлами в сети называется *сесном*. Когда какой-нибудь узел устанавливает связь со SCADA-узлом, между узлами могут пересыпаться данные и тревоги.

Кроме того, можно сконфигурировать узел Y так, чтобы он автоматически оперативно связывался с удаленными SCADA-узлами, на которые узел Y специально не настроен. Эти связи, которые называются *динамическими соединениями устанавливаются в программе SCU* – *конфигурирование удалённых узлов*.

Большинство промышленных систем автоматизации устроены так, что каждый узел, которому нужно использовать данные SCADA узла, вынужден копировать всю базу данных, которая поддерживается на удаленном узле. В результате передача данных по сети забирает значительную часть системных ресурсов. Система iFIX считывает и записывает данные по запросам, и поэтому только затребованные данные

перемещаются по сети. Такая стратегия сохраняет ресурсы для локальных задач.

Используя свойства системы iFIX и встроенные возможности совместного использования файлов системах Windows NT, Windows 2000 или Windows XP, можно хранить файлы, необходимые нескольким узлам, на одном подходящем узле.

С помощью Проводника Windows, можно установить сетевое соединение с любым узлом в локальной сети. При наличии такого соединения устанавливается доступ к любым общим файлам на данном узле, включая базы данных, экранные формы, расписания и другие важные файлы системы iFIX. Доступом других компьютеров к файлам совместного использования системы iFIX можно управлять, используя функции защиты Windows.

Следующий рисунок иллюстрирует архитектуру распределенной и централизованной обработки данных.

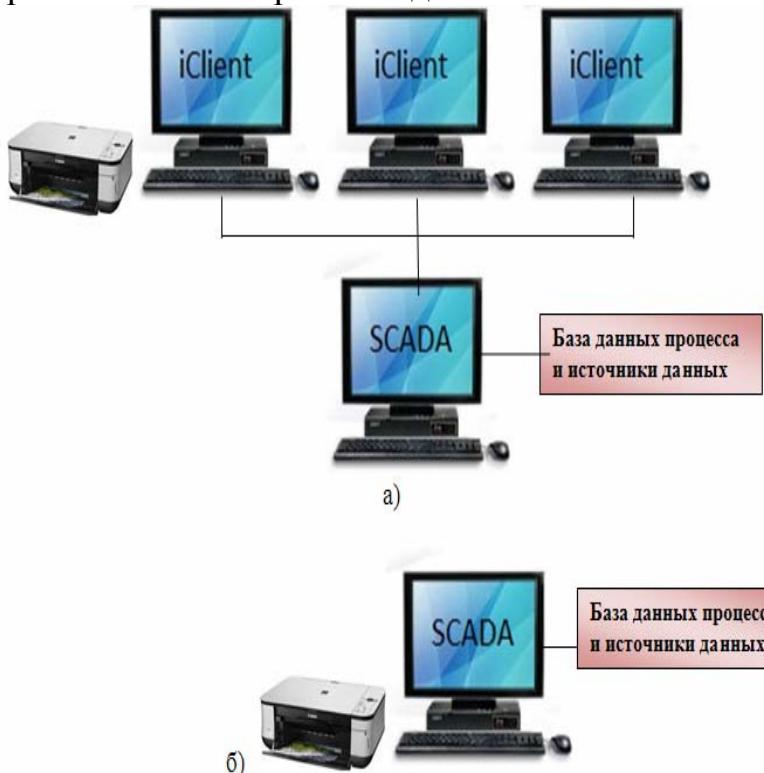


Рис. 41. Распределенная (а) и централизованная (б) обработка

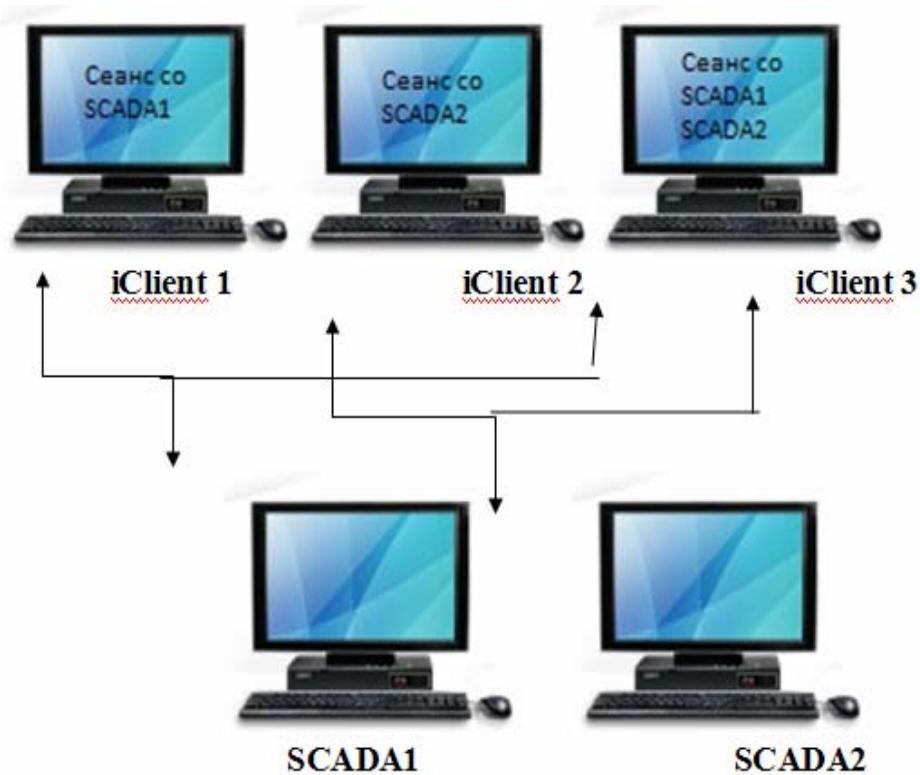


Рис.42 Коммуникационная связь между узлами интегрированной системы.

Для выполнения необходимых функций некоторым приложениям необходим только один узел. Не требуется особых усилий, чтобы превратить узел распределенной сети в автономный и наоборот.

Система iFIX работает в среде автономного компьютера так же эффективно, как и в сетевой распределенной среде.

Данные с технологического процесса через устройства ввода-вывода программируемых логических контроллеров передаются в OPC-серверы.

Через OPC-сервер возможна передача следующих данных с объекта управления:

- состояние дискретных входов;
- состояние дискретных выходов;
- значения аналоговых входов;
- значения аналоговых выходов;
- состояние ввода-вывода защит;
- диагностические данные.

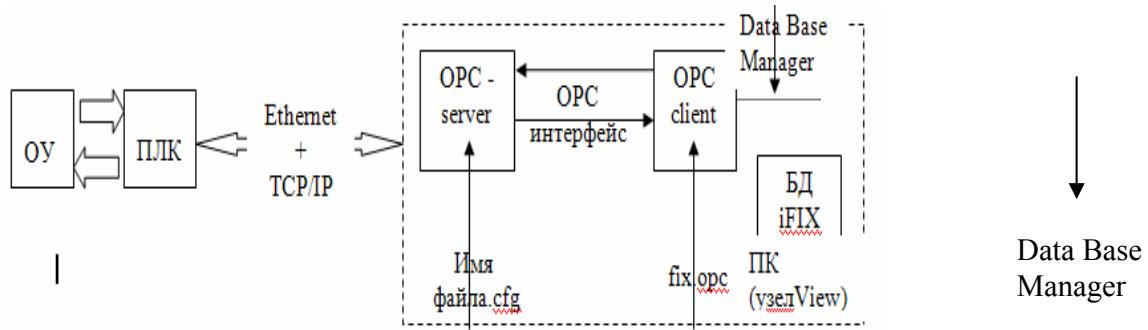


Рис. 43 Получение и запись информации в БД и в удаленные приложения.

На рис. 43 приняты следующее обозначения:

- ОУ – объект управления (оборудование, цех, завод);
- ПЛК - программируемые логические контроллеры;
- БД – база данных SCADA – системы iFIX.

В SCADA – системах различают понятия узел – сервер (View - server) и узел – клиент (View - клиент)

Узел-сервер – это установленный на компьютере проект iFix с возможностью передачи команд контроллеру.

Узел-клиент – есть установленный на компьютере проект iFix, используемый только для просмотра экранных форм и без возможности управления (рис.44).

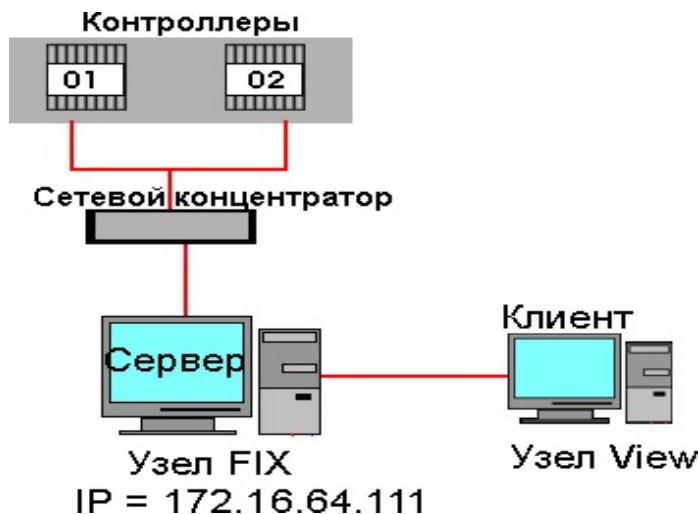


Рис.44 Схема узла-клиента системы.

Узлы-клиенты для чтения данных обращаются к базе данных узла-сервера (рис.45).

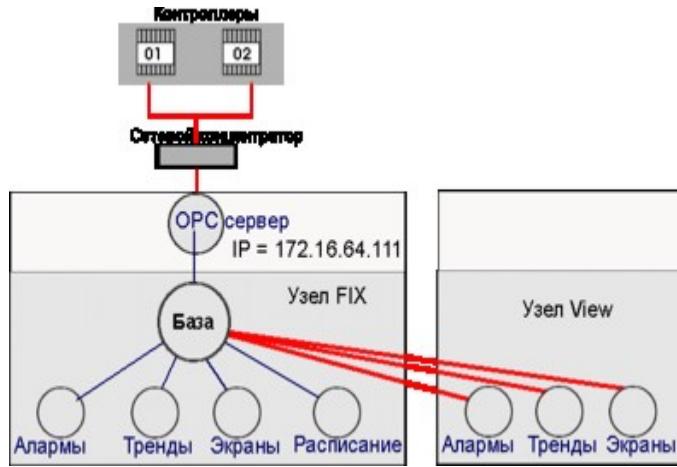


Рис.45 Схема узла-клиента системы без графического ПО.

При отключении компьютера с узлом-сервером узлы-клиенты становятся “слепыми” (табл. 11), при этом на экране вместо цифр появляются вопросительные знаки.

Информация обо всех параметрах технологического производственного процесса через контроллер передаётся, принимается по OPC протоколу или DDE протоколу в базу данных iFIX и в удаленные приложения через OPC-сервер или DDE-сервер (рис. 43, 46).

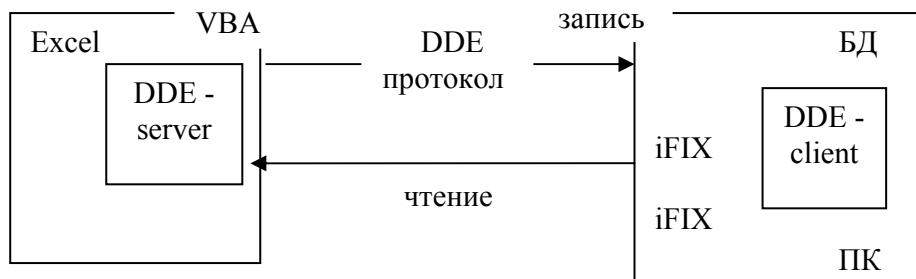


Рис.46 Схема обмена между узлом View и контроллером в режиме сбора данных и управления.

В структуре интегрированной системы существуют типовые функции серверов: ввода/вывода (сервер В/В), коммуникаций (СОМ сервер) и баз данных (серверы ОВД/АВД - ОВД-оперативная и АВД-архивная базы данных).

Каждый сервер имеет свое имя Server Name. Например, функции сервера базы данных ОВД/АВД могут выполняться на одном, двух и более компьютерах. Каждому из компьютеров присваивается идентификационное имя в сети (рис. 44). Если компьютер с IP-адресом 172.16.64.111 выполняет сетевую функцию сервера ОВД/АВД, компьютер с IP-адресом 172.16.64.112 выполняет сетевую функцию панели оператора

и компьютер с IP-адресом 172.16.64.113 является автоматизированным рабочим местом инженера, программиста, технолога, то в утилите SCU они будут называться узлами с именами FIX1, FIX2 и FIX3.

SCADA-системы имеет диалоги по установки связей между узлами FIX1, FIX2, FIX3 и ввода/вывода параметров производственных процессов.

Установка связей производиться путем конфигурационного файла, алгоритм которого рассматривается ниже.

Ключ компьютера для узла-сервера должен иметь функцию «Сетевая поддержка».

Информация о ключе записана на самом ключе.

Для несетевых ключей написано iFix Standart HMI Pak, далее количество точек ввода/вывода, для сетевых – Scada Plus.

Второй способ получить информацию о ключе: кнопка Пуск -> Программы-> iFix-> iKeyDiag. Ключ можно обновить, добавив функцию сетевой поддержки. К сетевому ключу можно подсоединять один и более клиентов.

Для узла-клиента нужен соответствующий ключ.

Настройка IP адресов у компьютера-сервера и компьютера-клиента.

Чтобы подключить клиента в локальную сеть, необходимо на его компьютере прописать необходимые IP-адреса (рис.47). В панели управления необходимо открыть папку «Сетевые подключения», выбрать вкладку «Сеть и удаленный доступ» и открыть свойства TCP/IP. Заданные IP адреса должны быть уникальными.

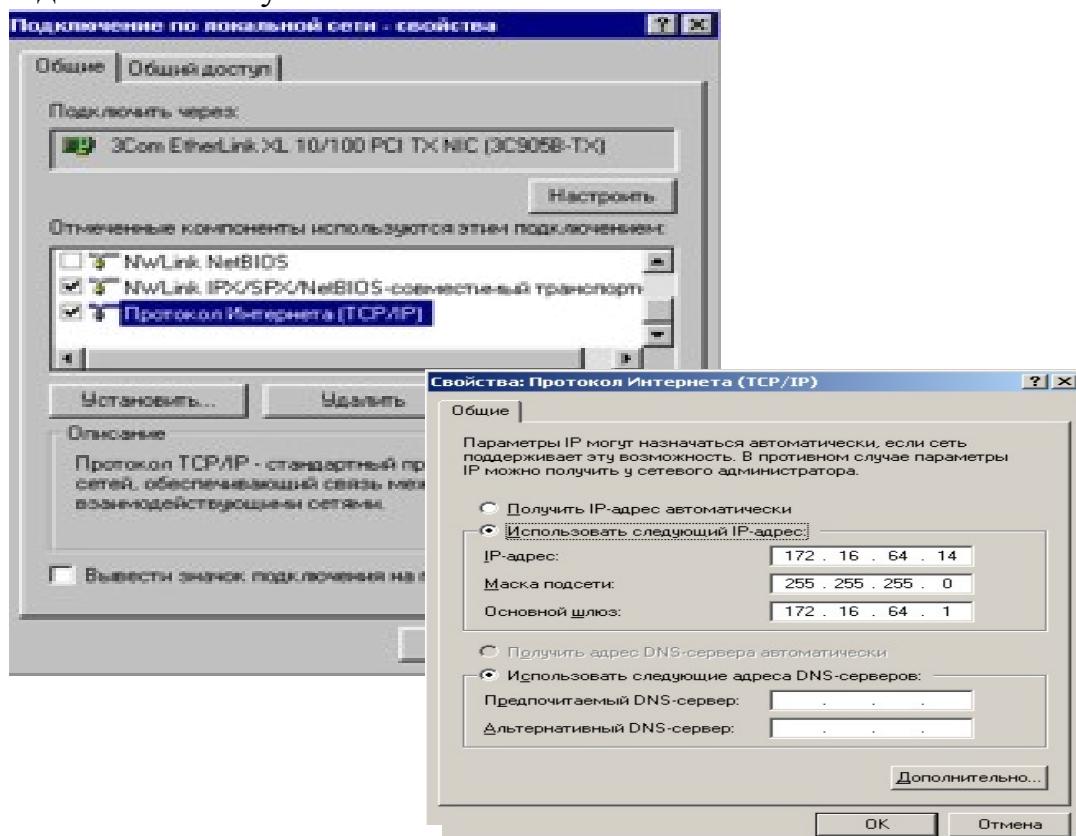


Рис 7. Задание значений IP-адресов.

Ниже приводятся основные алгоритмы этапов конфигурации проекта, к которым относятся: конфигурация путей, конфигурация сети, конфигурация узлов и основные теоретические положения программных блоков утилиты системного конфигурирования.

Под конфигурацией понимается настройка файла FIX.scu. Он находится в каталоге \Local.

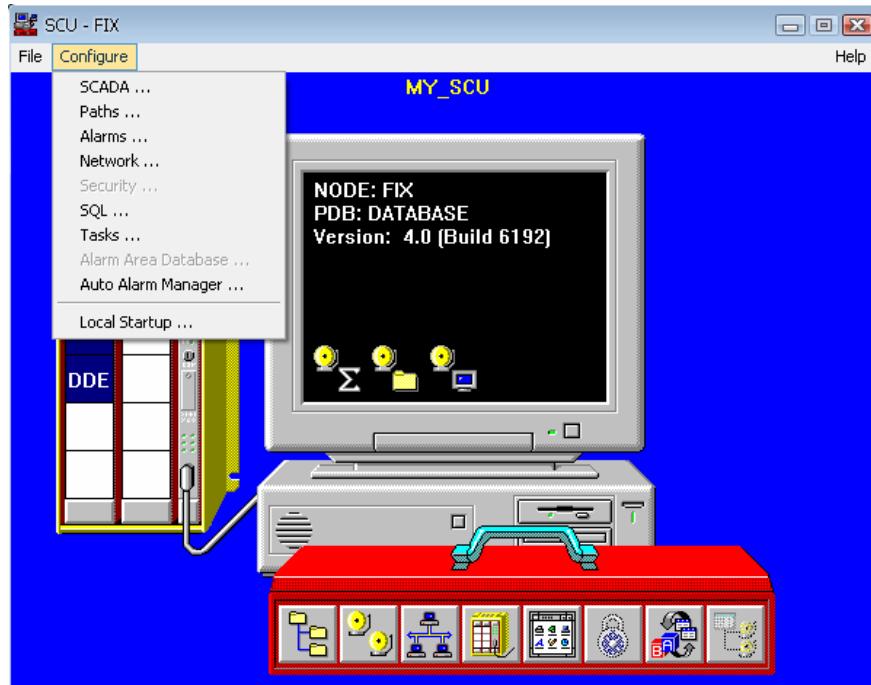


Рис.48 Меню списка конфигурации

При выборе пункта меню «Configure» открывается список конфигурации, который состоит из пунктов (рис.48):

- SCADA - описание базы данных и подключаемых драйверов.
- Paths - описание (конфигурация) путей.
- Alarms - конфигурация тревог.
- Network - конфигурация сети при подключении нескольких операторских станций.
- Security - конфигурация защиты.
- SQL – учётные записи SQL, конфигурация задач SQL.
- Tasks - список запускаемых задач.
- Alarm Area Database (AAD) - база зон тревог.
- Alarm Area Manager (AAM) - авто диспетчер тревог.
- Local StartUp - локальный запуск.

Те же самые пункты, только в виде иконок, можно увидеть на главную экранную форму системы конфигурации.

- Первая иконка - , - меню конфигурации путей Paths.
- Вторая - , - меню конфигурации тревог Alarms.
- Третья иконка - , - конфигурация сети, Network.
- Четвёртая - , - конфигурация SCADA.
- Пятая - , - конфигурация задач, Tasks.
- Шестая - , - конфигурация защиты, Security.
- Седьмая - , - учётные записи SQL, конфигурация SQL.
- Восьмая - , - база зон тревог, Alarm Area Database.

Описание путей показано на рис. 49, где указано имя проектируемой системы CONSTRUCTOR и все необходимые файлы для ее разработки, назначения которых приведены в таблице 13.

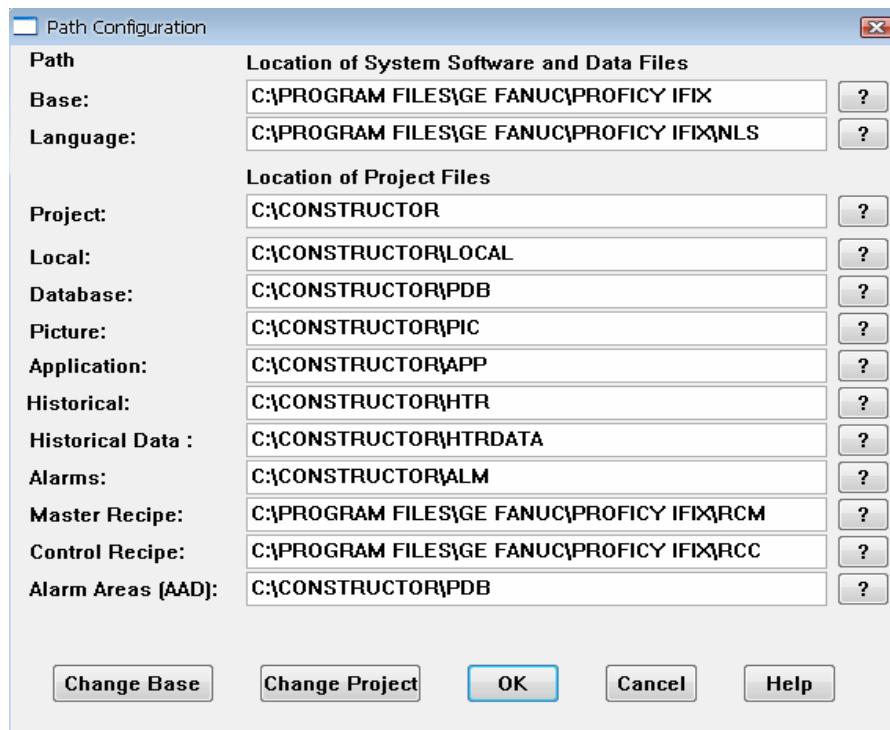


Рис. 49 Описание путей меню конфигурации

Таблица 13

| <b>Путь</b>            | <b>Хранит:</b>  |
|------------------------|---|
| Base (Основной)        | Все исполняемые файлы. Путь Основной указывает на главный каталог системы iFIX Dynamics.  |
| Language               | Языковые файлы  |
| Local<br>(Локальный)   | Конфигурационные файлы, файлы системной защиты.   |
| Database (База данных) | Файлы базы данных.  |
| Picture                | Файлы – экраны операторской станции   |
| Application            | Используется для дополнительных файлов.   |
| Historical (История)   | Конфигурационные файлы задачи Тренд Истории. Вообще в этих файлах записаны списки тегов, которые нужно писать в файлы – тренды. |
| Historical DATA        | Файлы - тренды  |
| Alarms                 | Файлы с данными тревог.   |
| Alarms Areas (AAD)     | Файлы, где перечислены зоны тревог, определенные в базе.  |

На рис. 50 перечислены маршруты организации тревог.

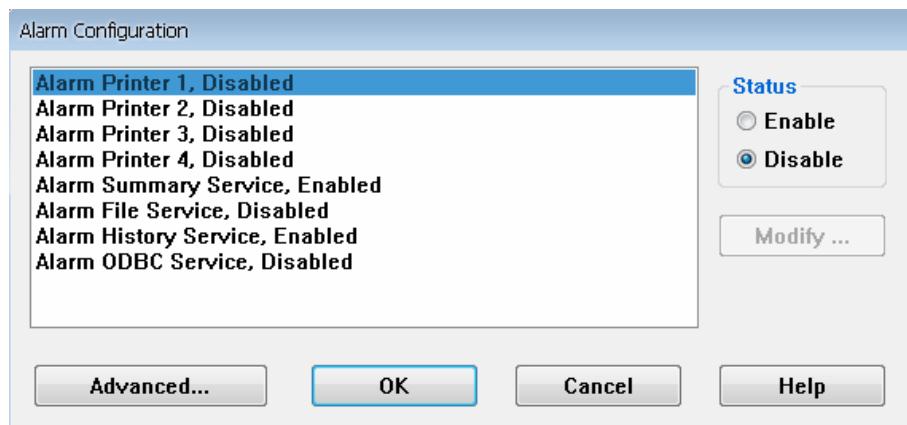


Рис. 50 Службы тревог

Данное диалоговое окно позволяет включить или выключить службы тревог:

- 1) Принтер тревоги 1-4.
- 2) Службу сводки тревог.

- 3) Файловую службу тревог.
- 4) Службу истории тревог.
- 5) Службу ODBC тревог (реляционные БД).
- 6) Сетевую службу тревог.
- 7) Службу пусковой очереди тревог.

Включив ту или иную службу, имеется возможность гибко сконфигурировать её:

- назначив зоны тревог,
- определения портов,
- определив имена принтеров тревог,
- форматы сообщений и другие установки.

Если сетевая служба тревог не включена, то сообщения приложений регистрируются только в локальных службах тревог. Что бы послать эти сообщения по сети необходимо включить сетевую службу тревог.

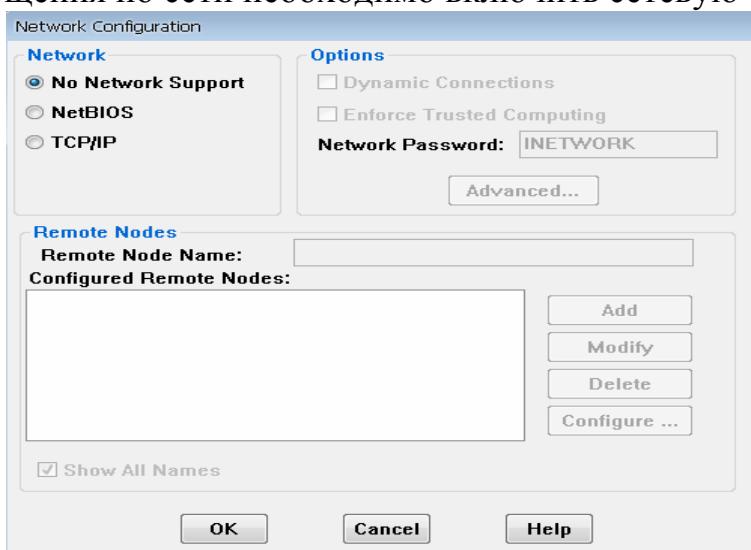


Рис. 51. Конфигурация сетевых соединений

Конфигурация сети позволяет управлять (включить/выключить) сетевыми соединениями данного узла.

1. Активизация сетевых таймеров для конкретного узла.
2. Добавление удаленных узлов в конфигурации сети.
3. Конфигурирование сетевых протоколов.
4. Конфигурирование таймеров iFix.
5. Выключение/включение сетевого пути.
6. Выключение резервирования ЛВС.
7. Включение динамических соединений.
8. Включение резервных SCADA узлов.
9. Включение резервирования ЛВС.
10. Изменение удаленного узла в сети.
11. Удаление узла из стека конфигураций.

Чтобы активизировать сетевой таймер необходимо:

- выбрать узел для конфигурирования;
- нажать кнопку «Configure»;
- нажать кнопку «Таймеры»;
- нажать кнопку «загрузить значение по умолчанию», чтобы использовать установки таймеров по умолчанию, или ввести в поле «секунды» желаемые значения настроек для тех таймеров, которые необходимо активизировать.

Чтобы добавить удаленные узлы в конфигурации сети необходимо:

- ввести все удаленные узлы в поле имени узлов;
- после ввода имени каждого узла нужно нажать кнопку «Add». Имя этого узла появится в окне «Configured Remote Nodes».

Чтобы сконфигурировать сетевые протоколы необходимо:

- нажать по одной из опций NetBIOS или TCP/IP.

Если нет необходимости соединения с сетью, то используется опция

- «No network Support». Эта опция сконфигурирует iFix для работы в режиме автономного сервера.

Чтобы сконфигурировать таймеры сеанса iFix необходимо:

- в поле Network выбрать тип сетевого протокола NetBIOS или TCP/IP;
- нажать по кнопке «Advanced» и отредактировать содержимое поле «секунды» для таймеров, которые необходимо изменить.

Чтобы включить/выключить сетевой путь нужно:

- в поле Network выбрать тип сетевого протокола NetBIOS или TCP/IP;
- нажать по кнопке «Advanced»;

Чтобы выключить резервирование ЛВС нужно:

- в поле Network выбрать тип сетевого протокола NetBIOS или TCP/IP;
- кликнуть по кнопке «Advanced» и по кнопке «Yes» в ответ на предложение продолжить;
- выключить резервирование ЛВС.

Если имеется несколько сетевых путей, то поддержка ЛВС все еще остается включенной. Чтобы выключить множественную поддержку ЛВС, необходимо выключить все сетевые пути, за исключением того, который используется.

Чтобы включить динамические соединения нужно:

- включить «динамические соединения» в зоне опции.

Чтобы включить резервные SCADA узлы нужно:

- кликнуть по кнопке «Configure»;
- включить контрольное окно - логические имена узлов;
- ввести имя первичного сервера в поле «первичный узел» и любые желаемые имена резервных серверов в поле «резервный узел».

Если резервирование ЛВС используется в состоянии с резервным подключением SCADA серверов, то процедуре включения резервирования

ЛВС необходимо провести на всех узлах iclient и всех партнерских SCADA серверах следующим образом:

- в поле Network выбираем тип сетевого протокола NetBIOS или TCP/IP;
- нажать кнопку «Advanced»;
- для обоих путей, которые будут использоваться в резервировании ЛВС выполнить п. 1), 2) и 3):
  - 1) выбрать путь из списка доступных путей;
  - 2) включить его в зоне «статус»;
  - 3) поставьте флажок «включить резервирование ЛВС». Должны включиться ровно два пути;

Чтобы изменить удаленные узлы в сети необходимо:

- выбрать в окне «Configured Remote Nodes» тот узел, который требуется изменить.

Чтобы удалить узел из стека конфигураций, необходимо выбрать из окна «Configured Remote Nodes» тот узел, который удаляется.

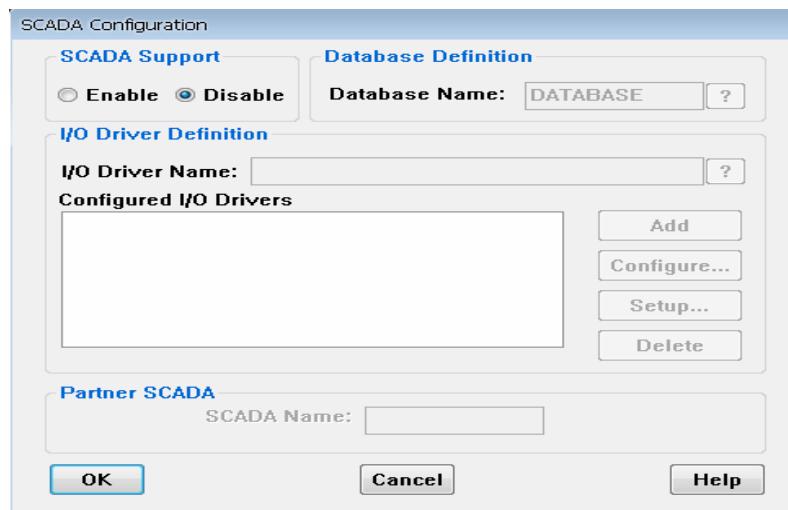


Рис. 52. Конфигурация SCADA

Конфигурация SCADA позволяет:

- добавить или удалить драйверы ввода/вывода.
- включить или выключить поддержку SCADA.
- назначить или выбрать базу данных.

Чтобы добавить драйвер ввода/вывода в окно «Configured I/O Drivers» необходимо:

- нажать по кнопке «?» рядом с полем «I/O Driver Name», чтобы отобразить список драйверов ввода/вывода, инсталлированных на локальном узле;
- выбрать нужный драйвер. Имя этого драйвера появится в поле «I/O Driver Name»;

- нажать по кнопке «Add». SCU добавит этот драйвер в окно «Configured I/O Drivers». При запуске iFix запускаются только драйверы, добавленные в это окно.

В процессе инсталляции автоматически инсталлируется Simulation драйвер (SIM). Этот драйвер обеспечивает 2000 режимов для моделирования динамики процесса и тестирования базы данных.

Чтобы сконфигурировать драйвер ввода/вывода нужно:

- выбрать драйвер в окне «Configured I/O Drivers»;
- нажать по кнопке «Configure», тем самым будет запущена программа конфигурации драйвера ввода/вывода;
- далее ввести затребованную программой конфигурацию.

Чтобы удалить драйвер ввода/вывода в поле «Configured I/O Drivers», нужно выбрать удаляемый драйвер ввода/вывода из списка и нажать на кнопку «Delete».

Чтобы включить или выключить поддержку SCADA, нужно нажать по кнопке Enable или Disable в зоне «SCADA Support».

Чтобы выбрать базу данных процесса нужно:

- ввести имя желаемой базы данных в поле «DataBase Name», расположенному в зоне «DataBase Definition».
- если же используется существующую базу данных, нужно нажать по кнопке «?».

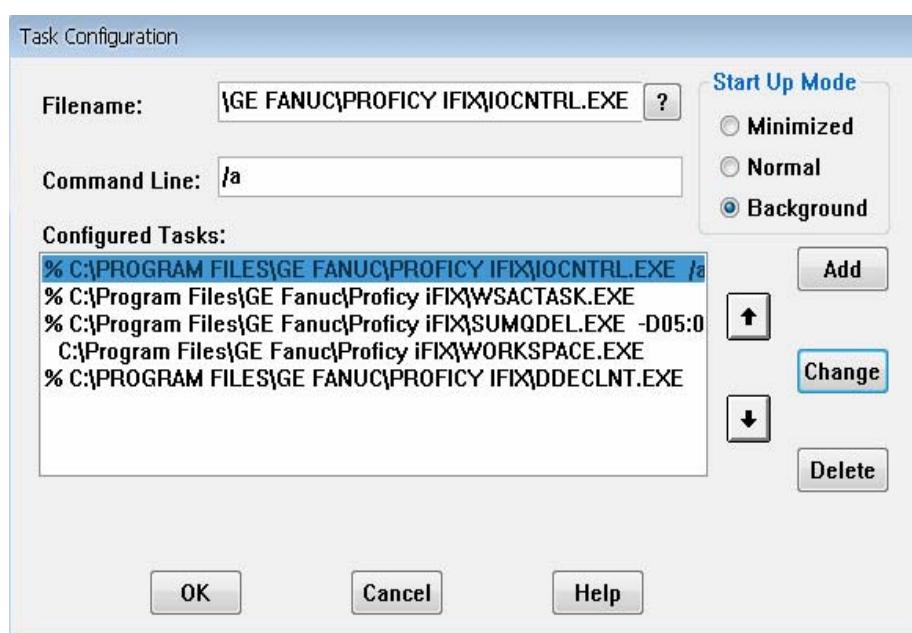


Рис. 53. Конфигурация задач

При загрузке iFix запускает задачи из этого списка в последовательности, указанной в нём.

Для добавления в этот список какой-либо задачи необходимо:

- в поле «Filename» нажать «?», нужный файл, «Add».

В поле командной строки «Command Line» можно вводить необходимые параметры.

Задачи могут быть запущены в одном из режимов:

- Фоновый режим - выполнение в фоне, наличие задачи можно определить в списке процессов Диспетчера задач Windows. У такой задачи слева в списке поставлен символ %.
- Обычный - приложение запускается в открытом окне.
- Свернутый - приложение запускается в свёрнутом окне.

Данная конфигурация предназначена для изменения паролей и добавления/удаления учетных записей. При этом должен быть запущен iFix, и необходимо выполнить Login пользователя Администратор.

Первая строка меню окна User Accounts - список пользователей, их права и пароли.

Вторая строка Group Accounts - список групп.

Третья строка Configuration - включение или отключение защиты проекта.

Четвёртая AutoLogin (Автovход) - указание пользователя, который автоматически регистрируется при запуске проекта.

Пятая Security Areas (Защищенные зоны) - перечислены имена и номера зон. Это служебная информация.

Каждый пользователь принадлежит какой-нибудь группе, и права пользователя задаются в группе (рис. 54).

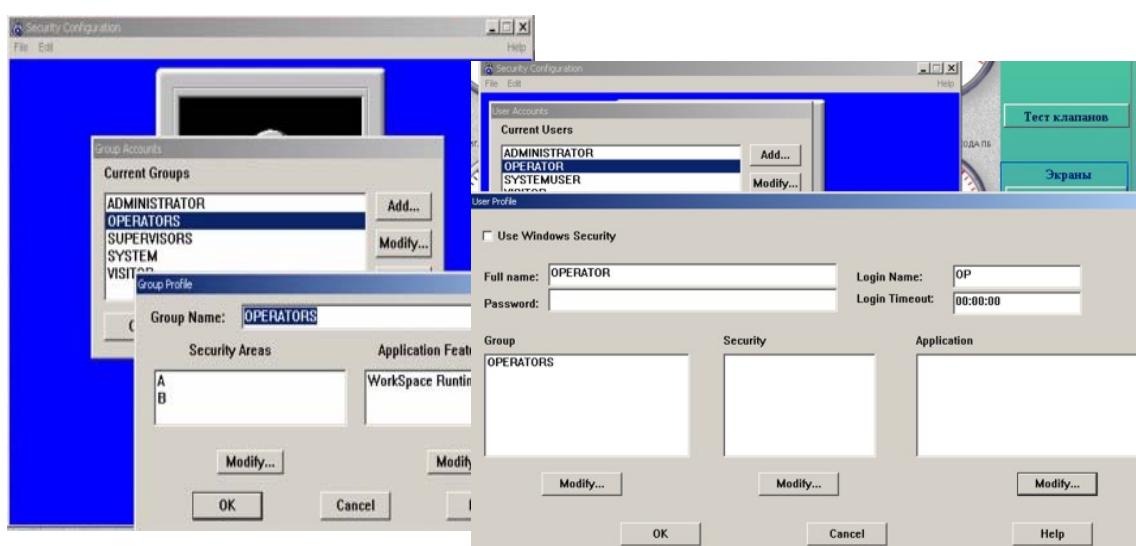


Рис. 54 Группы пользователей

Уровни доступа задаются в окне System Areas:

| Уровень доступа | System Areas |
|-----------------|--------------|
| 1               | A            |
| 2               | A,B          |
| 3               | A,B,C        |
|                 |              |

Для гостя - уровень доступа равен 1, при этом не видны кнопки управления.

Оператор имеет 2 уровень доступа, кнопки управления видны.

Администратору присваиваются все уровни доступа. Он может изменять установки и открывать окно Security.

В окне Application Features (Прикладные функции) задаётся список разрешенных действий.

Пользователи причисляются к какой-нибудь группе и получают права доступа этой группы.

Login TimeOut применяется для выхода из системы после истечения указанного времени автоматически.

Для включения режима защиты должен быть включен флаг “Enable”, для отключения - “Disable”.

В строках Security Path и Backup Path указан каталог, где хранятся настройки защиты.

#### **4.3. Примеры интеграции многоуровневых систем автоматизации**

Программно-технический комплекс «ТЕКРОН» – многоуровневая иерархическая информационно-измерительная открытая управляющая система распределённого типа.

Программно-технический комплекс «ТЕКРОН» решает следующие задачи:

- измерение, оперативный контроль технологических параметров, управление технологическим оборудованием, автоматическое управление и регулирование технологических процессов, выполнение противоаварийных защит и блокировок

технологических процессов, архивирование значений параметров и событий;

- коммерческий учет и диспетчеризацию добываемого, транспортируемого, перерабатываемого и распределяемого природного газа и их компонентов, а также оперативный контроль и архивирование текущих, суммарных и усредненных значений их технических параметров;
- коммерческий учет и диспетчеризацию отпускаемой или потребляемой тепловой энергии и теплоносителя в открытых и закрытых водяных и паровых системах теплоснабжения и системах теплопотребления, подключённых по зависимой или независимой схеме присоединения к тепловой сети, и оперативный контроль, архивирование текущих, суммарных и усредненных значений теплофизических параметров теплоносителей;
- коммерческий учёт производимой, распределяемой и потребляемой электроэнергии (активной и реактивной составляющей электроэнергии) и режимных параметров электрической сети, а также оперативный контроль, архивирование текущих, суммарных и усредненных значений параметров энергоснабжения/энергопотребления;
- сбор данных телеметрии и телесигнализации с датчиков телеметрии, коммутационного, технологического и вспомогательного оборудования, выдача и контроль выполнения команд телеуправления и телерегулирования коммутационным оборудованием и исполнительными механизмами.

Программно-технический комплекс «ТЕКРОН» может применяться в различных отраслях промышленности, в том числе на взрывопожароопасных производствах:

- в энергетике, в том числе в энергосистемах, электростанциях, энергетических объектах, на промышленных и приравненных к ним предприятиях, у бытовых потребителей и на других энергопотребляющих или энергопоставляющих предприятиях и организациях
- в нефтегазовой, химической и нефтехимической отраслях
- в металлургических и коксохимических производствах

- в машиностроении, в пищевой, деревообрабатывающей и других отраслях.

ТК «ТЕКРОН» относится к средствам измерений электрических величин по ГОСТ 22261.

Базовые программные модули, определяющие функциональную область применения ПТК:

- ТЕКРОН® - Р – с применением модуля управления, регулирования, технологических защит и блокировок;
- ТЕКРОН® - Г – с применением модуля коммерческого учета газа;
- ТЕКРОН® - Т – с применением модуля коммерческого учета тепловой энергии и теплоносителя;
- ТЕКРОН® - Э – с применением модуля коммерческого учета электроэнергии;
- ТЕКРОН® - ТМ – с применением модуля телемеханики.

**На нижнем уровне ПТК** могут применяться следующие технические средства:

а) программируемые логические контроллеры (ПЛК):

- контроллеры многофункциональные МФК3000;
- контроллеры многофункциональные МФК;
- системы интеллектуальных модулей ТЕКОНИК®;
- контроллеры многофункциональные ТКМ410;
- контроллеры многофункциональные ТКМ700,

которые выполняют функции автоматического сбора (по аналоговым и цифровым измерительным каналам), хранения и обработки измеряемых параметров, автоматического регулирования, технологических защит и блокировок, а также реализуют вычислительные алгоритмы, в том числе вычисление количественных и качественных показателей энергоносителей

б) барьеры искрозащиты серии ТСС Ex.

Также на нижнем уровне могут использоваться коммуникационные контроллеры на базе процессорных модулей Р06 ТЕКОНИК® или им аналогичных. Такие контроллеры предназначены для автоматического сбора (обмена), хранения и первичной обработки измеряемых параметров от внешних устройств и средств измерений по стандартным интерфейсам RS-232, RS-485, Ethernet. Реализуются вычислительные алгоритмы, в том числе вычисление количественных и качественных показателей

энергоносителей.

**На верхнем уровне (СВУ) ПТК** применяются технические средства (ТС), выполненные на базе IBM PC совместимых компьютеров промышленного или офисного исполнения под управлением операционных систем, совместимых со SCADA «КРУГ-2000», а также сетьевое оборудование для объединения всех ТС локальной вычислительной сетью Ethernet.

В качестве устройств верхнего уровня, в общем случае, могут использоваться:

- выделенные серверы оперативной и (или) архивной базы данных (Серверы ОБД и АБД), предназначенные для сбора, регистрации, заданной математической обработки, в том числе для реализации алгоритмов вычисления количественных и качественных показателей энергоносителей, документирования и архивирования информации, поступающей с ПЛК нижнего уровня;
- автоматизированные рабочие места (АРМ) оперативно-диспетчерского и управляемого персонала, которые в общем случае могут быть выполнены с использованием архитектуры «клиент-сервер» (АРМ клиенты). Они предназначены для визуализации оперативной и архивной информации о технологическом процессе с серверов ОБД и АБД, а также для формирования оперативного дистанционного воздействия на объект управления;
- серверы «Web-Контроля», предназначенные для передачи информации с ПТК сторонним Пользователям посредством сети Internet
- станции инжиниринга, предназначенные для осуществления наладочных и сервисных работ по обслуживанию абонентов нижнего и верхнего уровней ПТК;
- серверы точного времени, предназначенные для поддержания единого астрономического времени абонентов нижнего и верхнего уровней ПТК, с его коррекцией по сигналу точного времени, получаемого со спутника (по GPS-приёмнику);
- СОМ-серверы для связи с другими подсистемами АСУ ТП;
- табло коллективного пользования для отображения информации.

Режим работы ПТК – круглосуточный с остановками на техническое обслуживание во время остановок технологического оборудования.

Основные технические характеристики, общие для всех модификаций ПТК:

- Общее количество аналоговых и дискретных измерительных/управляющих каналов – до 30 000;
- Период обновления информации на верхнем уровне ПТК – от 1 с;
- Периодичность опроса сигналов, обеспечивающая требования по точности фиксации событий и значений аналоговых сигналов по отношению к системному времени ПТК (в зависимости от динамических свойств параметра):
  - дискретных пассивных: 0,03-0,5 с;
  - дискретных инициативных: 10 мс;
  - аналоговых: 0,02 -0,2 с;
  - аналоговых для температурных параметров: 0,25 -2 с;
- Время выдачи управляющего воздействия по каналам технологических защит (ТЗ) после обнаружения аварийной ситуации (для ТЗ, не имеющих выдержки времени) – не более 0,1-0,2 с;
- Время прохождения команды от момента нажатия оператором-технологом кнопки виртуального блока управления до появления сигнала на выходных цепях ПТК – не более 1 с;
- Задержка от момента выдачи оператором команды дистанционного управления до отображения на мониторе результатов выполнения команды без учета времени отработки команды объектом управления – не более 1,5 с;
- Параметры формируемых трендов:
  - количество трендов – до 50 000;
  - дискретность записи в тренды – от 1 секунды и выше;
  - количество дискретных точек в трендах ("глубина" трендов):
    - a) оперативных – до 100 000;
    - b) архивных – ограничено только ёмкостью дискового накопителя;
- Количество регистрируемых в ПТК сообщений (событий):
  - оперативных – до 21 000 за одни сутки
  - архивных – ограничено только ёмкостью дискового накопителя

- Дискретность регистрируемых сообщений (событий) – от 10 мс.

ПТК «ТЕКРОН» изображен на рис. 55, 56:

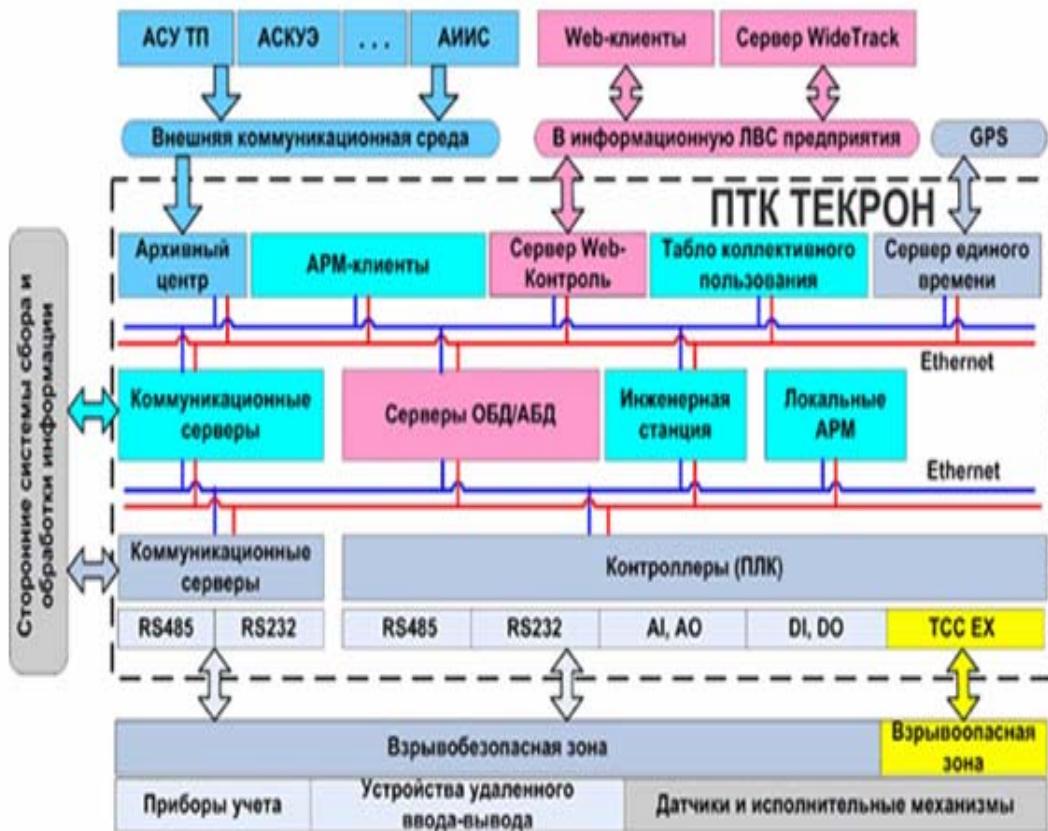


Рис. 55. ПТК «ТЕКРОН»

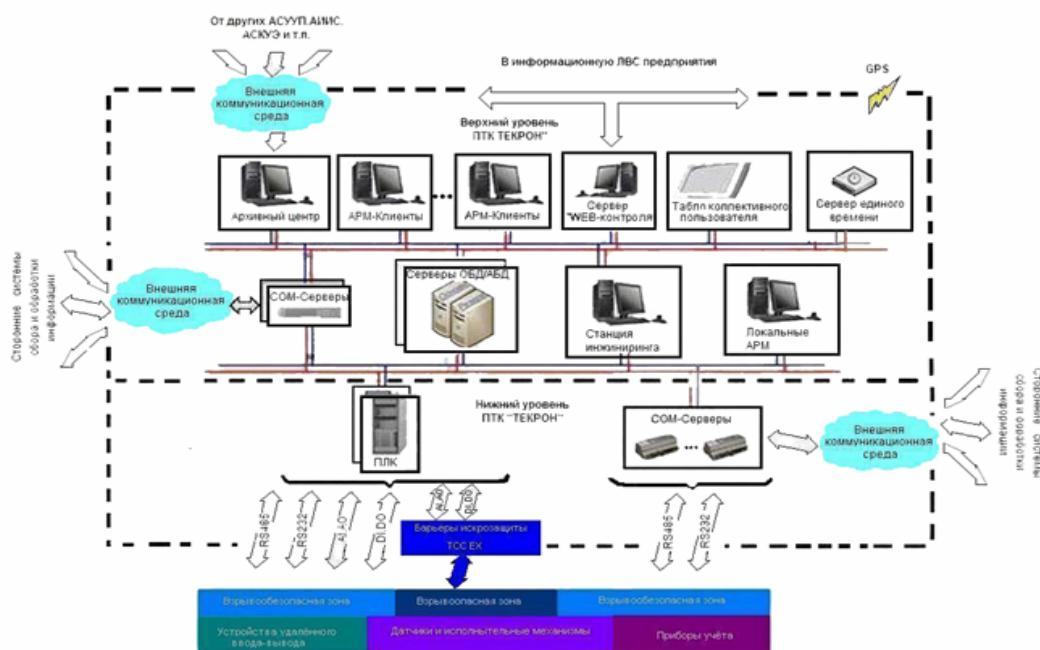


Рис. 56. Уровни управления ПТК «ТЕКРОН»

Программно-технологический комплекс «ТЕКРОН» на верхнем уровне применяет IBM PC компьютеров с операционными системами совместимыми со SCADA «Круг-2000», а также сетевое оборудование для объединения технических средств локально-вычислительной сетью Ethernet .

Назначение SCADA - системы «Круг-2000»:

- в машиностроении.
- в деревообрабатывающей промышленности.
- в пищевой промышленности.
- в нефтегазовой промышленности.
- в химической промышленности.
- в энергетике.

Архитектура системы «Круг-2000» - многоуровневая иерархическая открытая автоматизированная система распределённого типа, включающая в свой состав отечественные контроллеры ТЕКОН и SCADA – пакет «Круг-2000».

На нижнем уровне применяются ПЛК типа МФК, МФК3000 (до 700 установок есть возможность опрашивать), которые выполняют функции сбора, хранения, обработки и автоматического управления, вычисляют показатели качества параметров технических процессов.

Данные с ПЛК нижнего уровня поступают на сервере ОБД и/или АБД для сбора и регистрации данных, математической обработки данных, документирования и архивирования событий. Локальные АРМ предназначены для визуализации оперативной и архивной информации с серверов ОБД и АБД и оперативно-диспетчерского влияния на объекты управления.

Станция инжиниринга – для осуществления пуско-наладочных и сервисных работ по обслуживанию устройств всех уровней - для инженеров и специалистов.

СОМ – серверы предназначенные для связи и передачи данных внешним (региональным, корпоративным) АСУ.

На верхнем уровне – АРМ-клиенты – операторские станции диспетчеров и табло коллективного пользования для главных специалистов. Сервер «Web-console» - предназначен для взаимодействия «Текрона» с системами ЕРР, MES.

Сервер точного времени – для поддержания и коррекции единого астрономического времени на всех уровнях системы. Сигнал точного времени получается со спутника по GPS-приёмнику.

### **Функциональные возможности системы «Круг-2000»:**

- 1) Контроль и измерение, в том числе телеметрические измерения и телесигнализация технологических параметров;
- 2) Автоматическое регулирование;
- 3) Технологические защиты и технологические блокировки;
- 4) Регистрация аварийных ситуаций;
- 5) Логическое управление;
- 6) Визуализация информации (экраны операторских станций, тренды, теги);
- 7) Архивирование данных;
- 8) Резервирование станций операторов, серверов, сетей, ПЛК;
- 9) Связь с устройствами «третьих» фирм (программные драйверы);
- 10) Связь с системами управления предприятием (MES, ERP);
- 11) Диагностика;
- 12) Синхронизация системного времени;
- 13) Поддержка OPC-технологии;

Если число контролируемых параметров до тысячи, то SCADA-пакет «Круг-2000» может быть реализован на одной ПЭВМ типа IBM PC, с установленной на нём ОС Windows XP и требующей:

- наличие не менее 512 Мб оперативной памяти,
- не менее 3 Гб дискового пространства,
- видеокарта и монитор, поддерживающие разрешение от 1024x1280,
- наличие сети для связи с контроллером, IP-адрес (172.16.64.xx),
- звуковую карту и динамики для подачи звуковых сигналов при тревогах,
- оптический привод для установки ПО.

Общие технические характеристики системы «Круг-2000»:

- 1) Общее количество аналоговых и дискретных измерительных управляющих каналов – до тридцати тысяч;
- 2) Период обновления информации на верхнем уровне – от одной секунды;
- 3) Периодичность опроса дискретных сигналов – 10 мс ÷ 50 мс;
- 4) Периодичность опроса аналоговых сигналов – 20 мс ÷ 200 мс;
- 5) Время выдачи управляющего воздействия по каналам технологических защит после обнаружения аварийных ситуаций – не более 0,1 ÷ 0,2 секунды;
- 6) Время прохождения команды от момента нажатия оператором-технологом кнопки блока управления до появления на выходных цепях системы – не более одной секунды.
- 7) Количество трендов - до 50000;
- 8) Дискретность записи в тренды - от одной секунды и выше;
- 9) Количество дискретных точек в трендах («глубина» трендов):
  - оперативных - до 100000;

- архивных - ограничено только емкостью дискового накопителя;

10) Количество регистрируемых событий (сообщений):

- оперативных - до 21000 за сутки;

- архивных - ограничено только емкостью дискового накопителя;

11) Дискретность регистрируемых событий – от 10 мс.

Современные требования, предъявляемые к качеству выпускаемой продукции, к актуальности и достоверности информации на предприятиях, особо остро ставят задачи построения высокопроизводительных, надежных и безопасных систем мониторинга, управления и сбора данных (Supervisory, Control And Data Acquisition). Именно поэтому естественным является динамичное и интенсивное развитие SCADA «КРУГ-2000». Очередной важный этап развития – версия 3.0, в которой реализовано много принципиально новых, полезных и интересных возможностей, главные из них следующие:

- Межсерверный обмен и многосерверный доступ;
- Новая система событий;
- Новая интегрированная среда разработки программ Пользователя;
- Встроенный OPC-клиент;
- Новая диагностика процессов SCADA «КРУГ-2000»;
- Функции коммерческого учета теплоресурсов, природного газа и его компонентов в среде исполнения SCADA «КРУГ-2000».

В SCADA «КРУГ-2000» версии 3.0 реализованы гибкие средства межкомпонентного, внутрисистемного взаимодействия, которые позволяют строить системы контроля и управления с ещё более сложными архитектурой и функционалом.

Межсерверный обмен предназначен для прямого обмена информацией между серверами различных АСУ ТП на базе SCADA «КРУГ-2000» версии 3.0. Обмен производится паспортами выбранных переменных и связанными с ними событиями.

Обмен данными между различными АСУ ТП можно организовать в виде графа произвольной сложности, отображающего связи между серверами АСУ ТП (рис. 57). Возможно, например, на одном рабочем месте организовывать мониторинг технологических процессов нескольких АСУ ТП. Для этого достаточно создать на этом рабочем месте базу данных, состоящую исключительно из каналов связи с переменными, получаемыми с других АСУ ТП.

Межсерверный обмен поддерживает резервирование серверов как на АСУ ТП источнике данных (серверная АСУ ТП), так и на АСУ ТП приемнике данных (клиентская АСУ ТП). Для этого используется новый протокол обмена «Сервер БД», поддерживающий резервирование каналов связи «Сервер БД». Серверы АСУ ТП могут быть одновременно источниками и приемниками данных как для двух АСУ ТП, так и для другого произвольного количества систем.

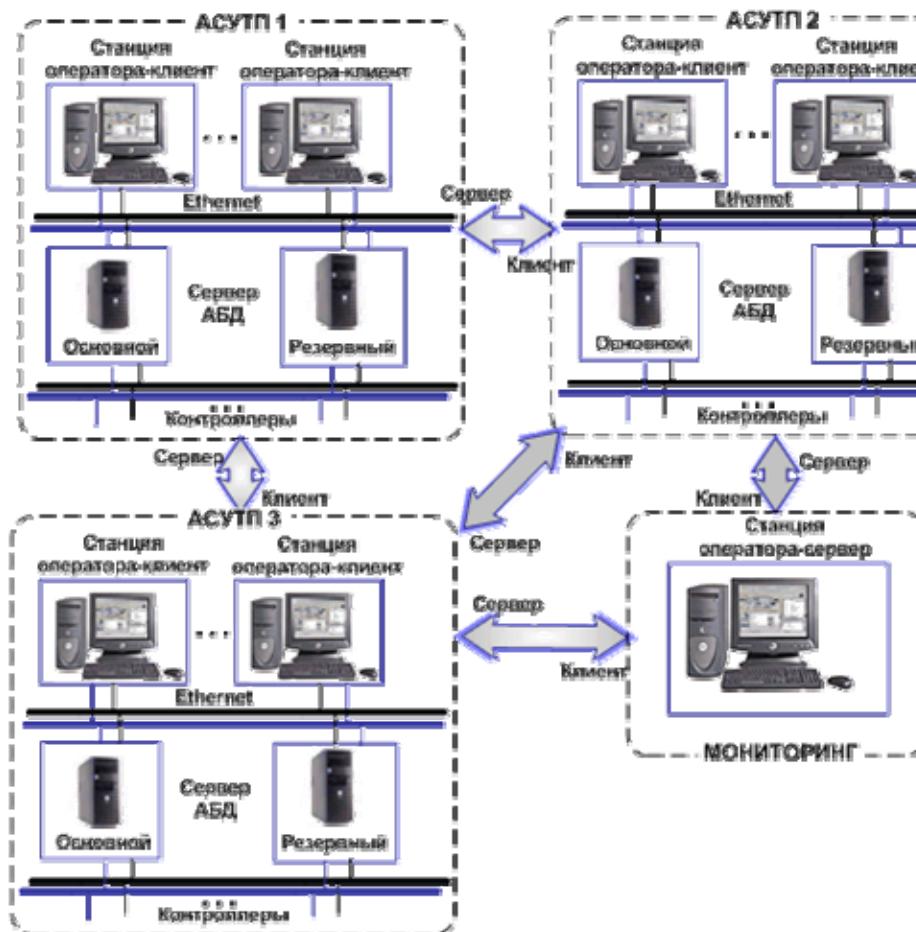


Рис. 57 – Архитектура межсерверного обмена

Многосерверный доступ – это возможность легкого переключения доступа клиентских станций к нескольким Серверам базы данных через интерфейс Пользователя.

В версии 3.0 клиентские приложения получили новые возможности по управлению и диагностике нескольких Серверов базы данных:

- Отображение обобщенной звуковой сигнализации

с заданных Серверов БД;

- Смена графического проекта и подключение клиента к другому Серверу БД по команде из графического интерфейса.

Эти возможности настраиваются в Менеджере задач «КРУГ-2000» в свойствах проекта. Теперь для каждого проекта можно задавать несколько Конфигураций подключения к Серверу базы данных, в которых указываются имена графических проектов, адреса Серверов баз данных, настройки звуковой сигнализации и резервирование клиентов (рис. 58).

Во время запуска проекта Менеджер задач загружает заданные графические проекты и регистрирует их на соответствующих серверах. Затем, через определенные промежутки времени, менеджер задач считывает сигнализацию с серверов, рассчитывает и, при необходимости, формирует звуковую сигнализацию.

Имеется возможность временного отключения некоторой конфигурации проекта, определения порядка запуска и основной конфигурации.



Рис. 58 Настройка подключения клиентов к серверам

Новая система событий создана для организации более гибкого и эффективного отслеживания реакций системы на возникающие события в контролируемом

объекте. Система событий предоставляет Пользователю огромные возможности по выборкам (фильтрам) самых разнообразных видов и категорий событий, начиная от комбинаций символов в позиции переменной (поддержка систем классификации типа AKS, KKS и любых других), выборкой событий по одному агрегату или устройству и заканчивая всеми событиями для одной переменной.

В версии 3.0 введено чёткое разграничение событий и формируемых на их основе сообщений. Если в версии 2.5 событию соответствовало одно сообщение, то в версии 3.0 сообщение может быть сформировано из нескольких событий. Статус (Авария, Предупреждение, Норма) всего сообщения рассчитывается на основе алгоритмов, определяемых Пользователем. Таким образом, появилась возможность повысить наглядность и информативность системы сообщений путём объединения событий, относящихся к одной технологической переменной, в одно сообщение.

Также существует среда разработки программ пользователя.

Существенные улучшения реализованы в интегрированной среде разработки программ Пользователя – ИСР КРУГОЛ™. Новая версия интегрированной среды (ИСР КРУГОЛ™ версия 2.0) отвечает современным требованиям к разработке технологических программ (IEC 61131-3) и объединяет в своем составе компоненты разработки на языках структурированного текста (СТ) и функциональных блочных диаграмм (ФБД).

Главные принципы среды разработки КРУГОЛ:

- Один проект и для станции оператора и для контроллера;
- Один проект – много платформ (Windows, Linux, QNX).

Новое в ИСР КРУГОЛ:

- В одну среду разработки объединены средства для программирования на языках ФБД и СТ
- Программы КРУГОЛ могут использовать общие

исходные тексты СТ и схемы ФБД как в одном проекте, так и в одной программе

- Отладка программ, как для станций верхнего уровня, так и для контроллеров в одной среде
- Значительно расширены функциональные возможности ФБД, в частности добавлены удобные блоки условия и цикла
- Общее количество функций в библиотеках составляет более 200
- Новый компонент «Библиотекарь КРУГОЛ» (рис. 59) – это возможность легко включать функции Пользователя (языки C/C++/Delphi/...) в библиотеку функций КРУГОЛ для их выполнения на различных платформах (Windows, Linux, QNX)
- Значительно усовершенствован интерфейс Среды разработки и добавлено много полезных сервисов
- Ядро КРУГОЛ новой версии обеспечивает ускорение выполнения программ КРУГОЛ в среднем в 7-8 раз.

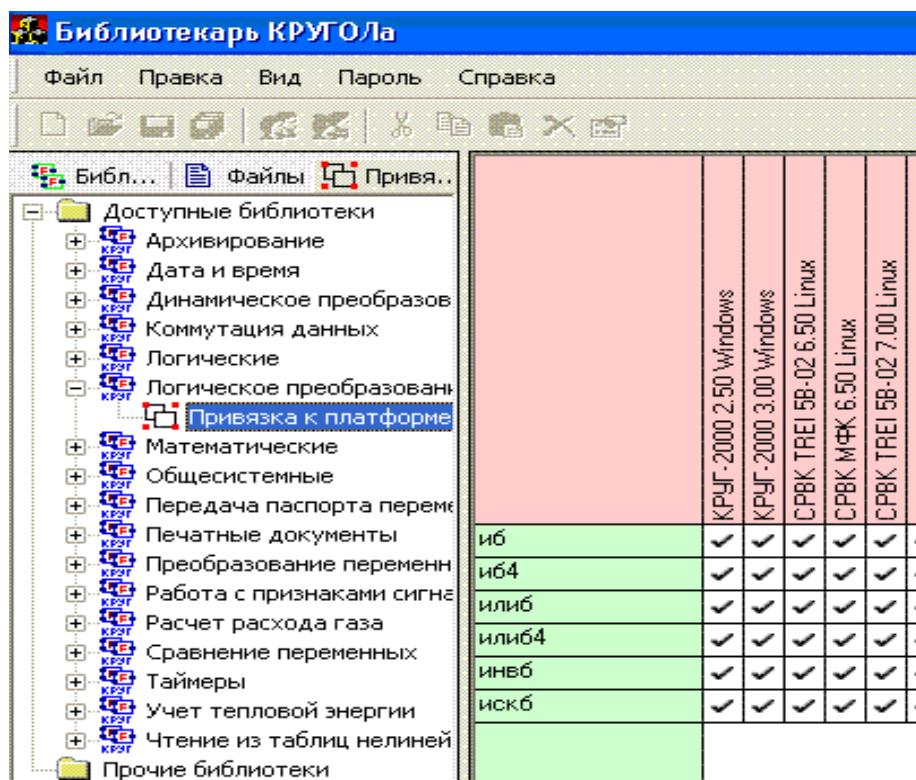


Рис. 59 – Библиотекарь программ КРУГОЛ

Универсализация доступа к различным источникам данных путём использования OPC-технологий – отличительная черта SCADA «КРУГ-2000».

Чтобы упростить передачу данных, исключая промежуточное звено (Сервер ввода-вывода в версии 2.x), и сделать связь системы с OPC-серверами более прозрачной и понятной для Пользователей, в версии 3.0 произведена тесная интеграция OPC-клиента с Сервером базы данных. Теперь настройку OPC-клиента можно просто осуществлять в стандартных диалогах Генератора базы данных.

Для подключения OPC-серверов введен новый тип абонента - «OPC-сервер». Это сделано для того, чтобы можно было обозначить источник данных (компьютер), на котором, возможно, не установлена никакая часть SCADA «КРУГ-2000». Абонент «OPC-сервер» имеет общие свойства, присущие всем абонентам системы. Однако абонентом, содержащим OPC-сервер, может быть абонент любого типа.

Настройка OPC-клиента происходит в несколько этапов:

- Определение и добавление абонентов в систему (если необходимо).
- Создание каналов данных (по числу опрашиваемых OPC-серверов).
- Указание соответствий между тегами или атрибутами тегов каждого OPC-сервера и атрибутами переменных оперативной БД.

Привязка OPC тэгов к переменным базы данных является максимально открытой для Пользователя и позволяет связать любой атрибут тега с любым атрибутом в паспорте любой переменной БД (рис 60).

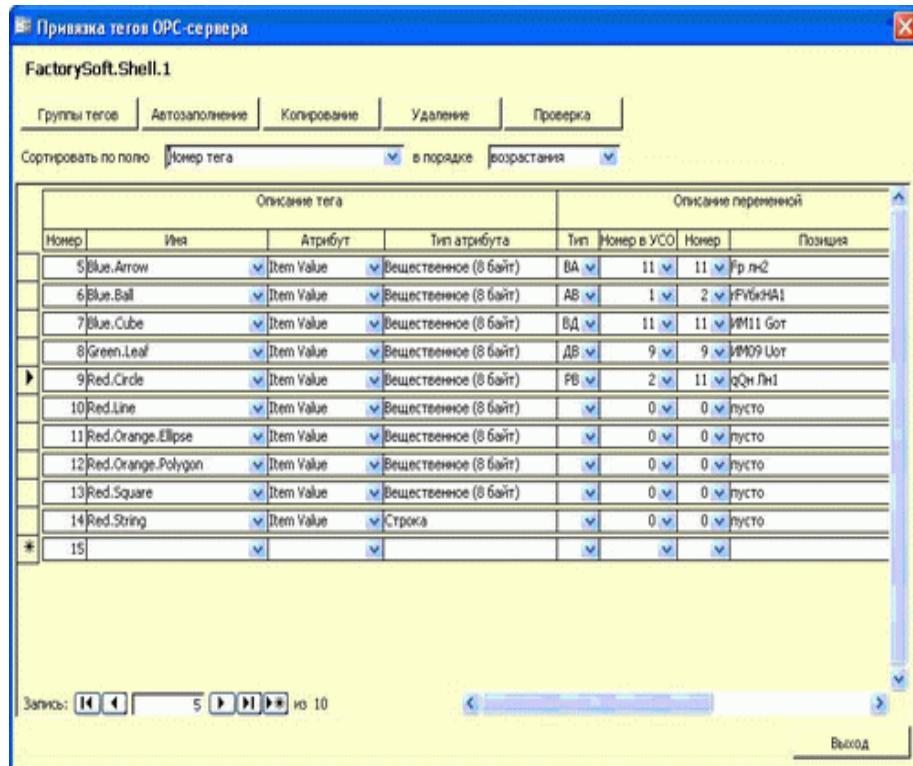


Рис. 60 Привязка OPC-тегов к переменным базы данных

В версии 3.0 модернизирована диагностика процессов, запускаемых Менеджером задач SCADA «КРУГ-2000». Такие процессы (а это основные исполняемые программные модули SCADA-системы – Сервер БД, Графический интерфейс и др.) в версии 3.0 могут предоставлять Менеджеру задач ряд специальных диагностических параметров, описывающих состояние процесса (размер занимаемой памяти, кол-во GDI-ресурсов, процент загрузки процессора и т.д.), и допустимые границы изменения этих параметров. При выходе диагностического параметра процесса за граничные значения Менеджер задач осуществляет перезапуск процесса.

Всё это делает работу «КРУГ-2000» ещё более надёжной.

Функции коммерческого учета теплоресурсов, природного газа и его компонентов реализованы и в Среде исполнения (run-time) SCADA «КРУГ-2000» (в предыдущих версиях эти функции были доступны

только в системе реального времени контроллера).

Поддерживаются все функции учета тепловой энергии и функции расхода газа из библиотеки функций КРУГОЛ™.

Упаковка дискретных переменных – это ещё один (экономичный) способ передачи/получения значений большого количества дискретных переменных при обмене между контроллером и Сервером БД SCADA «КРУГ-2000». При этом производится сокращение числа передаваемых пакетов и, соответственно, уменьшение объёма передаваемой информации. Так, например, при организации группы из 8000 дискретных переменных выигрыш по количеству передаваемых пакетов составит 40 раз, а, соответственно цикл обмена переменных «контроллер – сервер БД» существенно уменьшается. Для «упаковки» создаются группы дискретных переменных, которые принадлежат одному каналу (ненулевому) и имеют один тип: входные или выходные. Тип канала, для которого будет работать упаковка, может быть «РС-контроллер» или «РС-контроллер (дублируемый процессор)».

#### **4.4. SCADA-приложения для слежения за производственным процессом**

Практически все SCADA системы имеют приложения, позволяющие просматривать базу данных в виде таблицы [1]. Эти таблицы являются электронными и содержат данные, которые обновляются через заданные промежутки времени, называемые периодом сканирования. Обновляемые данные за определенный период сканирования (0,3 с, 0,5 с, 1 с....) являются отражением («слепком») хода производственного процесса.

Электронная таблица данных SCADA систем оперирует понятием тега базы данных, положенных в основу функционирования генератора базы данных.

Наиболее распространеными являются 4 типа тегов: Аналоговый ввод(Analog Input-AI), аналоговый вывод(Analog Output-AO), Дискретный ввод(Digital Input - DI), Дискретный вывод(Digital Output - DO).

Под сканированием базы данных понимаем обработку блоков (тегов) базы с заданной периодичностью.

Теги базы данных это программные блоки с множеством полей. У разного типа тегов – разный набор полей. Но есть поля, присутствующие

во всех тегах – такие как: имя тега, тип тега, описание тега и т.д., как показано в табл. 14.

Таблица 14

|             |  |
|-------------|--|
| TagName     | имя тега. В базе не может быть двух тегов с одинаковыми именами.   |
| Type        | Тип тега<br>AI – Аналоговый вход – данные из контроллера (Float или integer)<br>AO – Аналоговый выход – данные в контроллер (Float или integer)<br>DI – Дискретный вход – данные из контроллера (1 бит)<br>DO – Дискретный выход – данные в контроллер (1 бит) |
| Description | Описание тега. Разрешено до 40 символов.   |
| Scan Time   | Период сканирования. Определяет, как часто обновляются данные в блоке.   |
| I/O Dev     | Драйвер ввода/вывода   |
| I/O Addr    | Адрес ввода/вывода   |
| Cur Value   | Текущее значение   |

Имя тега в проекте формируется следующим образом:

XXX...X\_C1 – данные первого контроллера

XXX...X\_C2 – данные второго резервирующего контроллера

Если в проекте используется два контроллера, все теги продублированы. Имена дублирующих тегов совпадают, кроме последних трех символов - \_C1 или \_C2.

В теге для получения данных через OPC – протокол указывается: имя сервера; имя группы; тип данных (IN или OUT); IP-адрес: порт: группа: слово в группе\_ разряд (бит) в слове (может быть/ может не быть).

### **Блок аналогового входа (AI).**

Блок получает аналоговые данные от контроллера каждый раз, когда программа WSACTASK сканирует блок.

Блок AI может быть порожден: аналоговыми сигналами (температура, давление, частота, напряжение и т.д.), которые преобразованы в цифровую форму и записаны в регистре (буфере) в виде входных слов, состоящих из 8,16,32 бит. Таким образом все аналоговые сигналы оцифрованы и записываются в регистрах AI. Диалоговое окно для настройки аналогового тега типа AI открывается нажатием кнопки Basic (рис.61)

Для просмотра конкретного тега в окне генератора базы данных нужно сделать двойной щелчок мышью по строке с выбранным тегом. В качестве примера рассмотрим тег с именем T1. К примеру, в этом теге помещается информация о положении детали на конвейере. T1 – счетчик-таймер контроллеров. Через 0,1с идет анимация кубика (детали) на конвейере. От этого времени зависит динамика координаты перемещения детали – кубика (детали) по конвейеру.

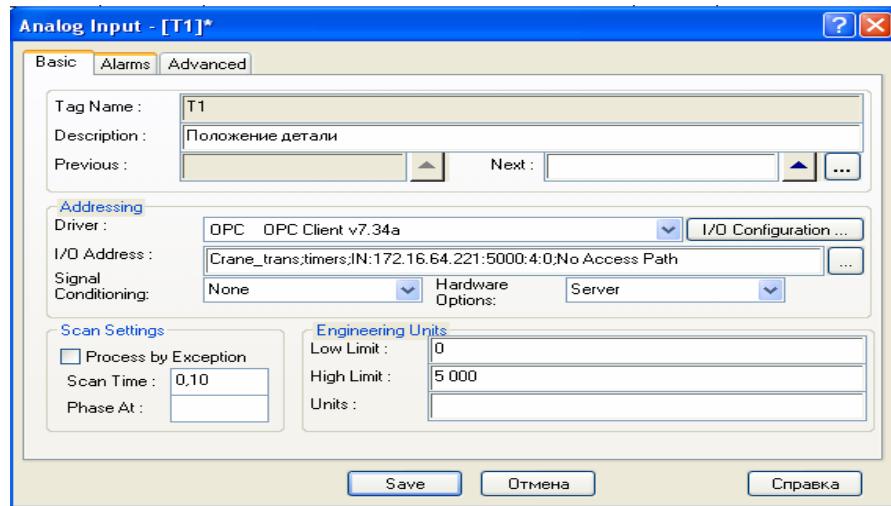


Рис. 61 Вкладка Basic тега аналогового входа

В табл. 15 на первой вкладке окна определены следующие поля:

Таблица 15

|                    |  |
|--------------------|--|
| Имя тега           | T1   |
| Описание           | Положение детали   |
| Драйвер            | OPC  |
| Адрес ввода/вывода | Crane_trans;timers;IN:172.16.64.221:5000:4:0;<br>Crane_trans – имя сервера OPC<br>timers – имя группы<br>IN – входной аналог<br>172.16.64 маска сети<br>221 – IP адрес контроллера, с которого принимаются данные о положении детали<br>5000 – номер порта контроллера<br>4:0 – адрес, 4 – группа (регистр) контроллера<br>0 – нулевое слово |
| Scan time          | 0.10 секунды   |
| Минимум            | 0  |
| Максимум           | 5000   |

|                   |   |
|-------------------|---|
|                   | Кроме мин/макс в этих полях определяется точность запрашиваемых данных, т.е. количество знаков после запятой. |
| Единица измерения | Градусы (град), вольты (В), метры (м) и др.   |

В табл. 16 указывается – будут ли генерироваться тревоги, и, если будут, при каких значениях.

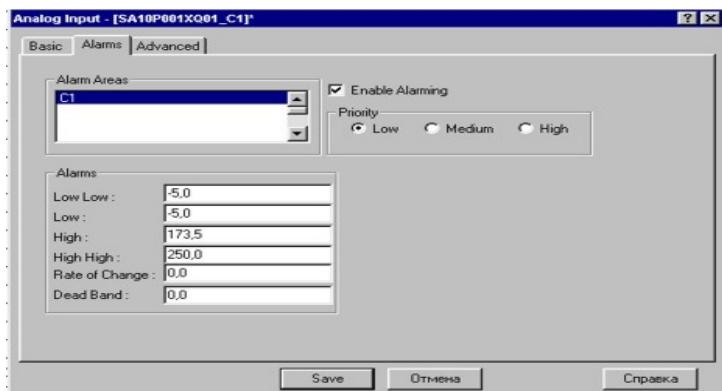


Рис.62 Вкладка тега аналогового входа – Alarms (тревоги)

Таблица 16

|                 |  |  |  |
|-----------------|--|--|--|
| Enable Alarming | Включение обработки алармов. Если это поле отключено (галки нет), значения остальных полей игнорируются.   |  |  |
| Alarm Area      | Зона тревоги. Например, зона C1 – тревоги в цехе 1, зона C2 – тревоги по всему заводу. Для данного проекта определены две зоны тревоги C1 и C2. C1 – это просто текст, который может быть любым, напр., вместо C1 – CTRL1 и т.д.<br>Эта зона используются для фильтрации тревог при выводе тревог и сообщений. |  |  |
| Priority        | Приоритет тревоги.<br>Low – низкий<br>Medium – средний<br>High – высокий<br>Приоритет используется для выбора цвета при выводе тревог в окно тревог, при выборе звукового файла, чтобы сигнализировать их появление.   |  |  |
| Low             | Нижняя аварийная граница. При совпадении с минимумом аварийная тревога не генерируется.  |  |  |
| Low             | Нижняя предупредительная граница. При совпадении с   |  |  |

|                |   |
|----------------|---|
|                | Low Low предупредительная тревога не генерируется   |
| High           | Верхняя предупредительная граница. При совпадении с High High предупредительная тревога не генерируется   |
| High High      | Верхняя аварийная граница. . При совпадении с максимумом аварийная тревога не генерируется.   |
| Rate of Change | Скорость изменения значения тега.<br>Если задано скорость изменения, то при каждом цикле вычисляется разница текущего и предыдущего значения, т.е. полученного при предыдущем сканировании. Если величина больше, чем число указанное в этом поле, генерируется тревога.  |
| Dead Band      | Мертвая зона или зона нечувствительности при генерировании новой тревоги. В нашем примере поле равно нулю. Предположим, что тревога включена, и значение аналога каждую секунду колеблется: 173,4 – 173,5 – 173,4 – 173,5 .....<br>И каждую секунду при значении 173,4 – будет выдано сообщение о том, что сигнал в Норме (OK), при 173,5 – генерироваться предупредительное сообщение. И каждую секунду сообщение о предупреждении будет записываться в журнал тревог и сообщений. |

На рис. 63 представлена третья вкладка блока аналогового входа:

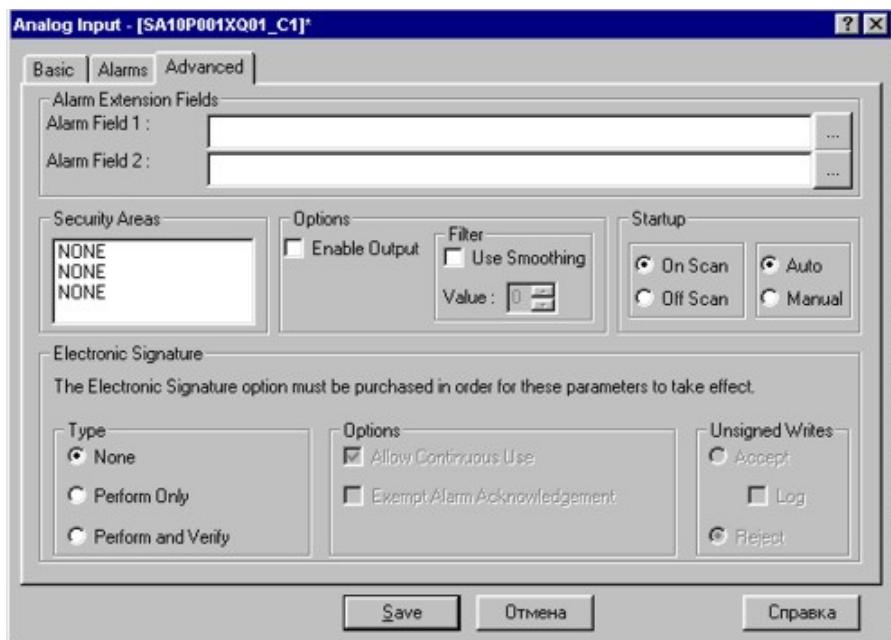


Рис. 63. Третья вкладка тега аналогового входа

Таблица 17

|   |  |
|---|--|
| Alarm Field 1<br>Alarm Field 2              | Дополнительные текстовые поля, выводимые при генерации тревоги. Напр., для всех тегов 1-го контроллера в Alarm Field 1 напишем “контроллер 1” и укажем в конфигурации Алармов это поле. После в файл тревог будет записан текст Р пар в регулирующей ступени ЦВД. Контроллер1. |
| On scan<br>Off scan                         | При загрузке базы сканирование этого тега будет включено (On scan) или отключено.  |
| Auto<br>(автоматическое)<br>Manual (ручное) | при загрузке базы сканирование запускается автоматически или вручную.  |

### **Блок (тег) аналогового выхода (АО)**

Блок (тег) посыпает аналоговые данные контроллеру.

Здесь все поля аналогичны блоку AI, поле Scan Time отсутствует, так как выходные данные АО из базы данных нет смысла сканировать.

В поле Invert OutPut производится перерасчет значение выходного сигнала по формуле:

$(\text{Max} + \text{Min}) - \text{Заданное значение. Initial Value} - \text{начальное значение поля, присваиваемое при загрузке базы.}$

Адрес аналогичен адресу блока AI, только вместо IN (входного) указывается OUT (выходной). Блок АО не генерирует алармы. Блоки АО используются в проекте для передачи уставок. Для каждого блока АО в базу добавлен блок дискретного выхода (DO). При передаче уставки значение этого блока устанавливается в 1. Контроллер считывает значение блока АО, только если соответствующий блок DO установлен в 1.

### **Блок (тег) дискретного входа (DI)**

Блок DI получает дискретные значения (0 или 1) от контроллера соответствующие состояниям включено/выключено оборудования конвейера каждый раз, когда программа сканирования обрабатывает этот блок. Рассмотрим тег SV1 RED. Теги SV(светофоры) привязаны к загрузочной станции конвейера и сигнализируют в виде индикации. Всего в рассматриваемом лабораторном комплексе 15 тегов SV. Для каждой станции (кран, позиция загрузки конвейера, фрезерный станок, сверлильный станок, позиция выгрузки конвейера) имеется свой светофор, который имеет 3 цвета: красный (RED), желтый(YEL) и зеленый(GRE).

Красный сигнализирует – авария, желтый – комплекс занят, зеленый – готов к работе.

SV1, SV2, ... - светофоры. На рис. 64 приведена 1-ая вкладка (Basic) блока дискретного входа

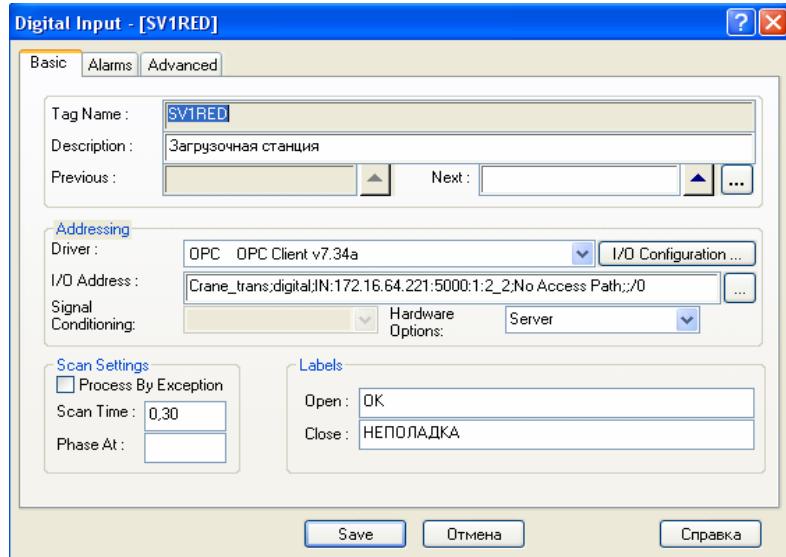


Рис. 64 Вкладка Basic тега дискретного входа

На первой вкладке тега дискретного входа в таблице 18 определены следующие поля:

Таблица 18

|                    |  |
|--------------------|--|
| Имя тега           | SV1RED – красный сигнал светофора 1  |
| Описание           | Загрузочная станция  |
| Драйвер            | OPC  |
| Адрес ввода/вывода | Crane_trans:digital; IN:172.16.64.221:5000:1:2_2;NO<br>Access Path;;/0<br>Crane_trans – имя сервера OPC<br>digital – имя группы<br>IN – входной<br>172.16.64 маска сети контроллера<br>221 – IP адрес контроллера<br>5000 – номер порта контроллера<br>1:2_2- адрес (1-ый буфер, 2-е слово, 2-ой бит (отсчет с 1)) |
| Scan time          | 0,30 секунда – период сканирования   |
| OPEN               | Что пишем в тревоги и картинки при значении сигнала = 0  |
| CLOSE              | Что пишем в тревоги и картинки при значении сигнала = 1  |

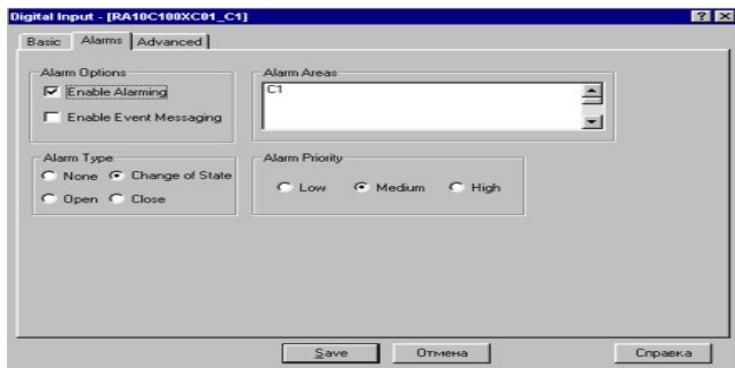


Рис. 65. Вторая вкладка тега дискретного входа тревоги

Здесь указывается (табл. 19) – будут ли генерировать тревоги и при каких значениях.

Таблица 19

|                        |  |
|------------------------|--|
| Enable Alarming        | Включение обработки тревог. Если это поле отключено (галки нет), значения остальных полей игнорируются.  |
| Enable Event Messaging | Если это поле отключено, то при возникновении тревоги сообщение появляется в окне тревог и записывается в файл тревог (журнал тревог). Если поле включено, тревога записывается в файл тревог и не появляется в окне тревог (не показывается оператору). |
| Alarm Area             | Зона тревоги. Для данного проекта определены две зоны тревоги C1 и C2. C1 – это просто текст, который может быть любым, напр., вместо C1 – CTRL1 и т.д. Зоны тревоги используются для фильтрации алармов при выводе тревог и сообщений.                  |
| Priority               | Приоритет тревоги.<br>Low – низкий<br>Medium – средний<br>High – высокий<br>Приоритет используется для выбора цвета при выводе тревог в окно тревог, при выборе звукового файла, чтобы сигнализировать их появление.                                     |
| Alarm Type             | Типы тревог:<br>None – отключена<br>Open – тревога генерируется при значении сигнала, равного 0<br>Close – тревога генерируется при значении   |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>сигнала, равного 1</p> <p>При квитировании оператором сообщения в окне тревог запись не удаляется из окна тревог до тех пор, пока значение не изменится на противоположное.</p> <p>Статус тревоги – CFN ( Change From Normal – уход с нормального значения)</p> <p>Change Of State тревога генерируется при изменении сигнала, т.е. и при 0 и при 1. Сообщение удаляется из окна тревог после квитирования, независимо от значения сигнала.</p> <p>Статус тревоги – COS (Change of State – изменение значения)</p> |
|--|---|

Третья вкладка тега дискретного входа такая же, как у блока аналогового входа (AI).

### **Блок (тег) дискретного выхода (DO)**

Для любой команды дискретным выходом является значение тегов

Блок (тег) DO передает дискретные значения (0 или 1) контроллеру.

Блоки (теги) DO используются в данном проекте для передачи команд или сигнализации об изменении уставки, которая передается в блоке АО.

Теги базы данных - это программный блоки с множеством полей (рис. 66). У разных типов тегов – разный набор полей. Но есть поля, присутствующие во всех тегах – такие как: имя тега, тип тега, описание тега и т.д., как показано в таблице 20.

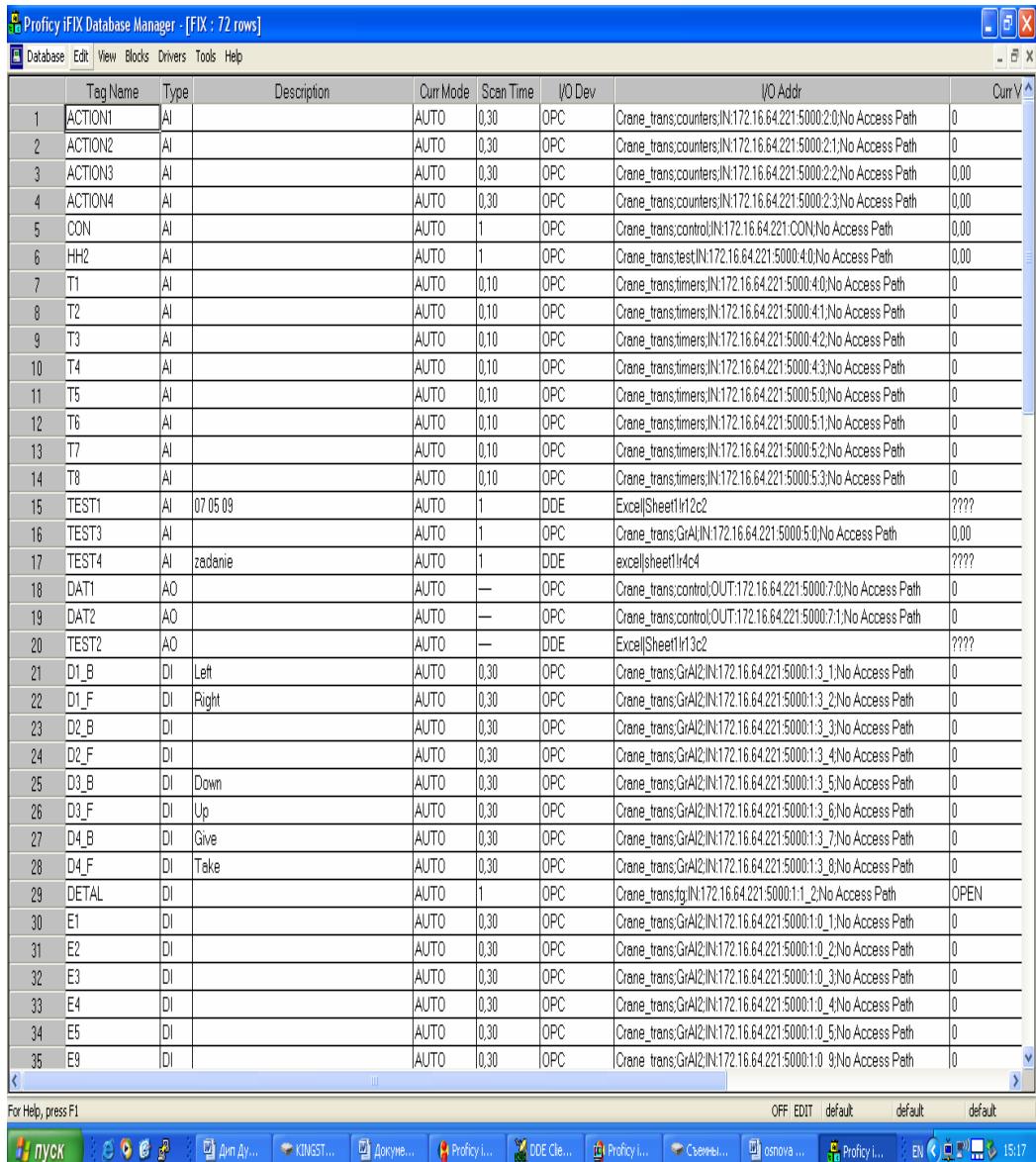


Рис. 66 Теги базы данных роботизированного технологического комплекса

Таблица 20

|             |  |
|-------------|--|
| TagName     | имя тега. В базе не может быть двух тегов с одинаковыми именами.   |
| Type        | Тип тега<br>AI – Аналоговый вход – данные из контроллера (Float или integer)<br>AO – Аналоговый выход – данные в контроллер (Float или integer)<br>DI – Дискретный вход – данные из контроллера (1 бит)<br>DO – Дискретный выход – данные в контроллер (1 бит) |
| Description | Описание тега. Разрешено до 40 символов.   |

|           |  |
|-----------|--|
| Scan Time | Период сканирования. Определяет, как часто обновляются данные в блоке. |
| I/O Dev   | Драйвер ввода/вывода   |
| I/O Addr  | Адрес ввода/вывода   |
| Cur Value | Текущее значение   |

Имена тегов (TagName) в базе данных (рис. 66):

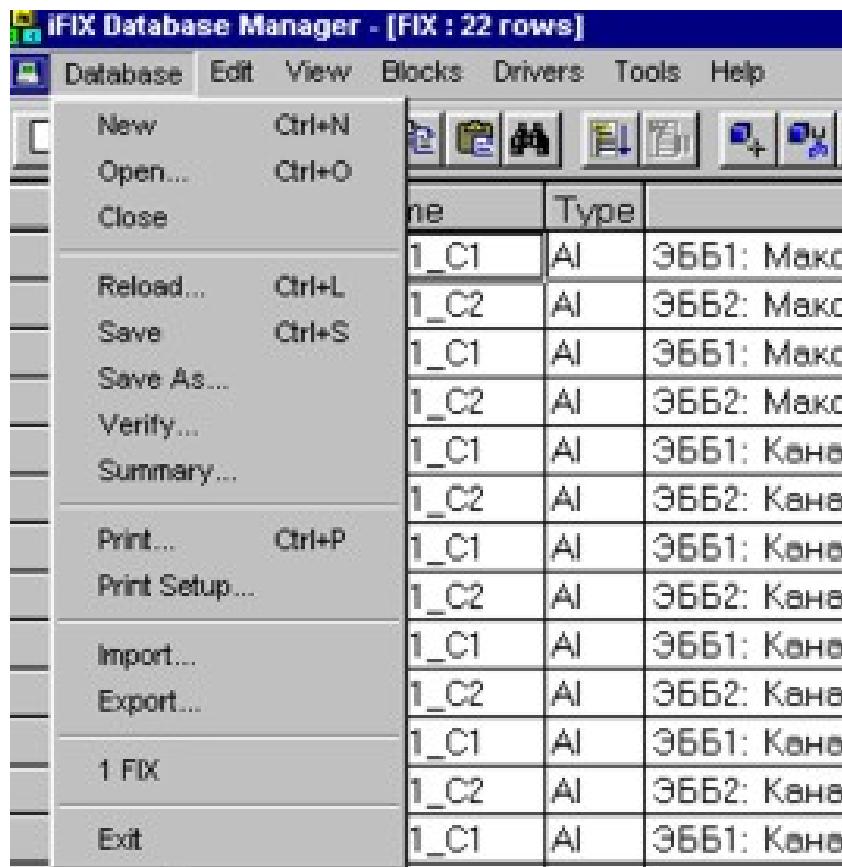
- ACTION 1 – ACTION 4 - текущее перемещение по соответствующим степеням подвижности манипулятора;
- CON – тег, отвечающий за связь с контроллером;
- T1 - T8 – таймеры, содержащие время прохождения пути детали по конвейеру между двумя соседними датчиками позиционирования;
- DAT 1,2 – теги, отвечающие за ввод времени работы станков роботизированного комплекса;
- D1 - D4 – управление краном;
- E1 - E12 – датчики состояния оборудования участка;
- E12 Fake – установка манипулятора в начальное состояние;
- T1 - T8 – Теги, содержащие время прохождения пути детали между двумя соседними датчиками;
- M1 - M8 – двигатели;
- SV1 - SV5 – светофоры;
- ON/OFF – включение/выключение.

Список тегов просматривается с помощью приложения SCADA-системы с именем DataBaseManager 

Просмотр базы невозможен, если на компьютере установлен ключ iFIX RunTime.

Ниже приводится подробное описание приложения SCADA-системы - генератора базы данных.

Меню электронной таблицы базы данных



## Database

|             |   |
|-------------|---|
| New         | Создать новую базу данных   |
| Open        | Открыть базу данных   |
| Close       | Закрыть базу данных   |
| Reload      | <p>Перегрузить базу данных.<br/>База данных загружается в оперативную память при запуске iFix.</p> <p>Если нужно заменить базу данных без перезагрузки iFix, необходимо скопировать новую версию файл.pdb в каталог \PDB, а затем выполнить команду перегрузки, т.е. загрузить эту версию в оперативную память.</p> |
| Save        | Сохранить   |
| Save as     | Сохранить как   |
| Verify      | Проверить. Обычно эта команда используется при изменении базы, добавлении или удалении тегов. При наличии ошибки открывается окно со списком всех неверных тегов.   |
| Summary     | <p>Получить справку о количестве тегов. В каждом ключе записан максимум тегов базы. Причем не всех тегов, а типа AI, DI, AO, DO.</p> <p>При добавлении тегов в базу необходимо проверять – не вышли ли мы за установленный для ключа максимум.</p>  |
| Print       | Печать списка тегов. Печатается не все теги, а те, что выбраны по запросу.  |
| Print Setup | Настройка печати.   |

|        |  |
|--------|--|
| Import | Импорт.<br>Загрузка в базу данных тегов из файла типа CSV , имеющий определенный формат. Т.е. это операция, противоположная команде Экспорт.   |
| Export | Экспорт.<br>Сохранение базы в файле типа CSV<br>Файл такого формата можно просмотреть в NodePad (блокнот) или Excel.<br>Для сохранения открыть меню DataBase и выбрать пункт Export, после чего указать имя файла, в котором будет сохранена база данных.<br>Нужно помнить, что в файл записывается не вся база данных, а та, которую вы выбрали в окне запроса. Т.о. можно записать в файл только блоки аналогового ввода (запрос {TAG NAME} = "*" AND {Type}="AI") или блоки дискретного ввода (запрос {TAG NAME} = "*" AND {Type}="DI") или всю базу данных |
| Fix    | Имя текущего узла  |
| EXIT   | Закрытие окна  |

### Edit

|         |                    |
|---------|--------------------|
| Cut     | Вырезать           |
| Copy    | копировать в буфер |
| Past    | Вставить           |
| Find    | Вырезать           |
| Replace | Заменить           |
| Goto    | Перейти            |

### View

|                |                     |
|----------------|---------------------|
| Freeze Columns | Заморозить колонки  |
| Re-sort        | Пересортировать     |
| Refresh        | Обновить            |
| Property       | Свойства            |
| Tool Bar       | Панель инструментов |
| Status Bar     | Панель состояния    |

### Block

|        |                                      |
|--------|--------------------------------------|
| Add    | Добавить новый тег                   |
| Modify | Изменить                             |
| Delete | Удалить                              |
| Show   | Показать. Эта команда, как и Modify, |

|           |  |
|-----------|--|
|           | эквивалентна двойному клику по строке списка тегов |
| Duplicate | Дублировать  |
| Generate  | Добавить блок с помощью мастера                    |

### Driver

Открывает список подключенных драйверов ввода/вывода

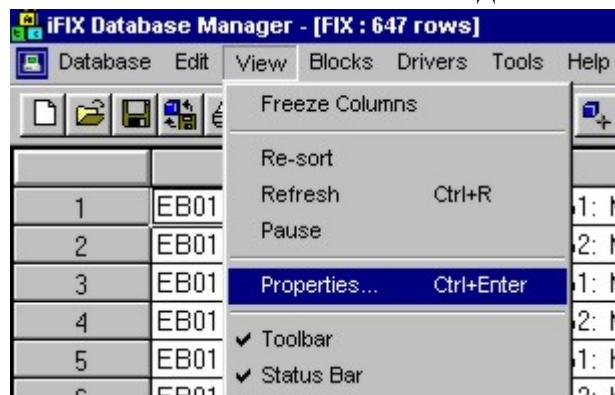
### Запросы и сортировка данных

Можно изменять вид списка базы данных – показывать или прятать колонки, изменять способ сортировки, фильтровать теги.

Все эти изменения задаются в окне Свойства.

Окно состоит из нескольких вкладок.

7

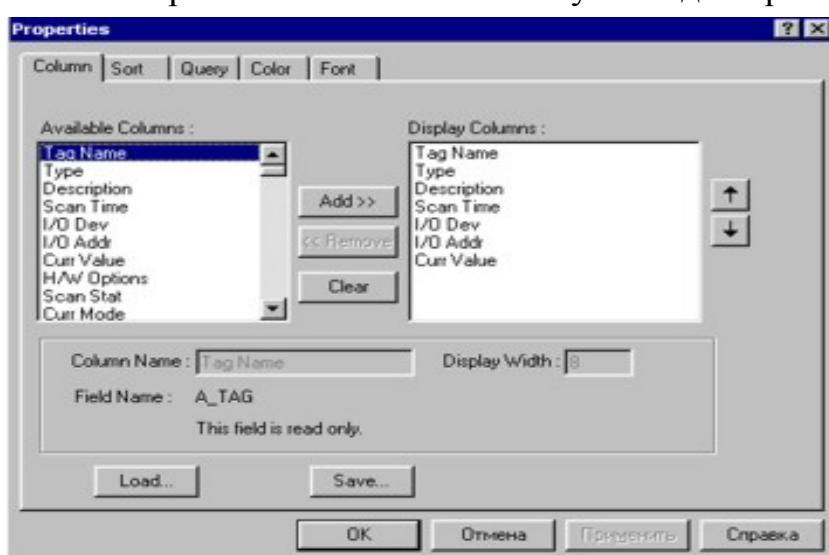


### Колонки

В правой панели – список всех допустимых для просмотра колонок.

В левой – выбранные для просмотра колонки.

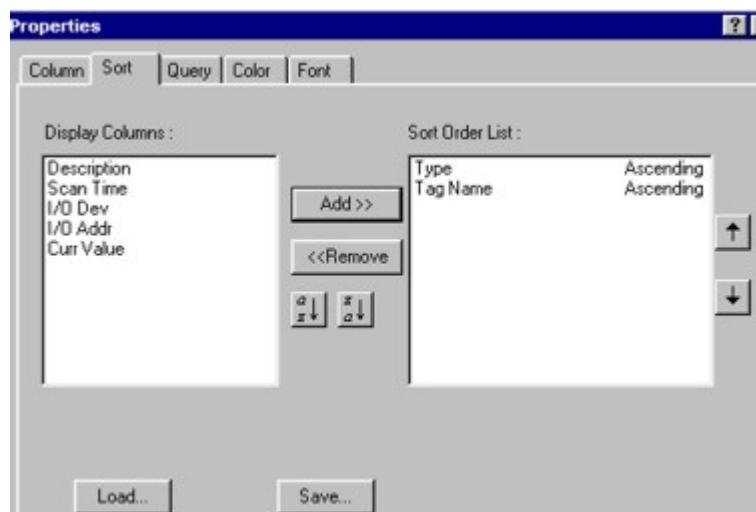
Ниже перечислены часто используемые для просмотра колонки:



|                   |   |
|-------------------|---|
| TagName           | имя тега  |
| Type              | Тип тега  |
| Description       | Описание тега   |
| Scan Time         | Время сканирования  |
| I/O Dev           | Драйвер ввода/вывода  |
| I/O Addr          | Адрес ввода/вывода  |
| Cur Value         | Текущее значение  |
| Low EGU           | Минимум   |
| High EGU          | Максимум  |
| Analog EGU Desc   | Единица измерения Аналогового тега  |
| Digital Close Tag | Дискретный тег. Что будет записано в сообщении о тревоге при значении тега, равному 1 |
| Digital Open Tag  | Дискретный тег. Что будет записано в сообщении о тревоге при значении тега, равному 0 |

### Сортировка

В правой панели – список выбранных для просмотра колонок, в левом – по каким колонкам сортируем.



### Запрос на выборку

В правой панели – список всех допустимых для просмотра колонок, в верхнем поле – запрос на выборку.

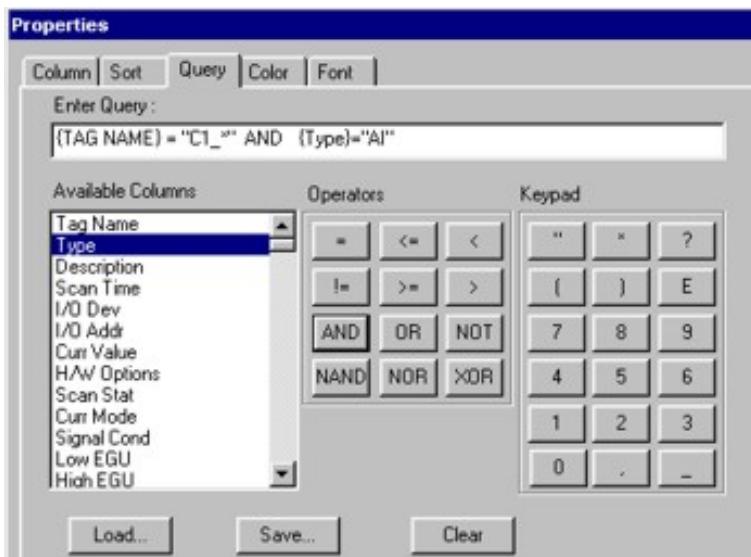
Запрос составляется так:

**{Имя колонки} = “Фильтр”**

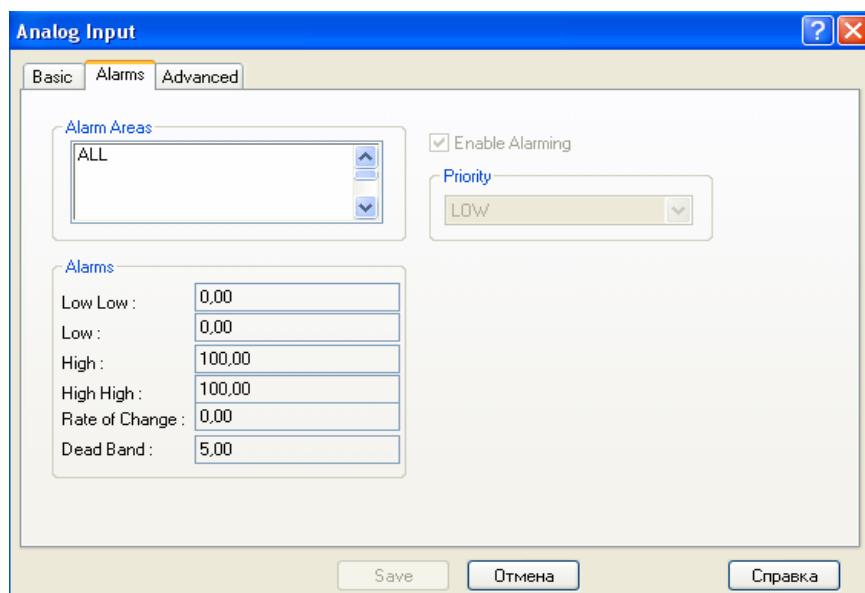
Чтобы не набирать имя колонки вручную, нужно нажать мышью по выбранной в правой панели колонке, и ее имя отобразится в поле запроса.

Вместо знака равно можно поставить знак != (не равно), а также любой знак из группы Operators.

Фильтр должен быть заключен в двойные кавычки. Символ \* означает – все, что попадется под руку. Так строка {TAG NAME} = "\*" означает запрос на выборку тегов, имя которых может быть любым, т.е. показать все теги базы данных. Запрос {TAG NAME} = "C1\_\*" – показать теги, имя которых начинается с символов C1\_



Параметры настройки тегов на тревоги сведены в таблицу и приведены ниже:



|                 |  |
|-----------------|--|
| Enable Alarming | Включение обработки алармов. Если это поле отключено (галки нет), значения остальных полей игнорируются.   |
| Alarm Area      | Зона тревоги. Например, зона C1 – тревоги в цехе 1, зона C2 – тревоги по всему заводу. Для данного проекта определены две зоны тревоги C1 и C2. C1 – это просто текст, который может |

|                |   |
|----------------|---|
|                | быть любым, напр., вместо C1 – CTRL1 и т.д.<br>Эта зона используются для фильтрации тревог при выводе тревог и сообщений.   |
| Priority       | Приоритет тревоги.<br>Low – низкий<br>Medium – средний<br>High – высокий<br>Приоритет используется для выбора цвета при выводе тревог в окно тревог, при выборе звукового файла, чтобы сигнализировать их появление.  |
| Low            | Нижняя аварийная граница. При совпадении с минимумом аварийная тревога не генерируется.   |
| Low            | Нижняя предупредительная граница. При совпадении с Low Low предупредительная тревога не генерируется  |
| High           | Верхняя предупредительная граница. При совпадении с High High предупредительная тревога не генерируется   |
| High           | Верхняя аварийная граница. . При совпадении с максимумом аварийная тревога не генерируется.   |
| Rate of Change | Скорость изменения значения тега.<br>Если задано скорость изменения, то при каждом цикле вычисляется разница текущего и предыдущего значения, т.е. полученного при предыдущем сканировании. Если величина больше, чем число указанное в этом поле, генерируется тревога.  |
| Dead Band      | Мертвая зона или зона нечувствительности при генерировании новой тревоги. В нашем примере поле равно нулю. Предположим, что тревога включена, и значение аналога каждую секунду колеблется: 173,4 – 173,5 – 173,4 – 173,5 .... И каждую секунду при значении 173,4 – будет выдано сообщение о том, что сигнал в Норме (OK), при 173,5 – генерироваться предупредительное сообщение. И каждую секунду сообщение о предупреждении будет записываться в журнал тревог и сообщений. |

Графическое представление значений технологических параметров во времени способствует лучшему пониманию динамики технологического процесса предприятия. Поэтому подсистема создания трендов и хранения информации о параметрах с целью ее дальнейшего анализа и использования для управления является неотъемлемой частью любой SCADA - системы.

Тренды реального времени (Real Time) отображают динамические изменения параметра в текущем времени. При появлении нового значения параметра в окне тренда происходит прокрутка графика справа налево.

Таким образом текущее значение параметра выводится всегда в правой части окна.

Тренды становятся историческими (Historical) после того, как данные будут записаны на диск и можно будет использовать режим прокрутки предыдущих значений назад с целью посмотреть прошлые значения. Отображаемые данные тренда в таком режиме будут неподвижны и будут отображаться только за определенный период.

### Отображение трендов

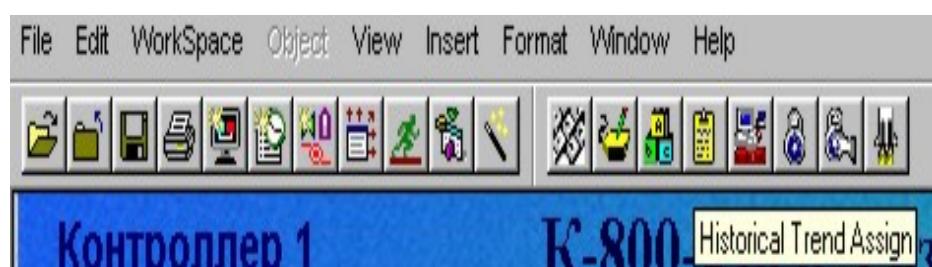
Для отображения трендов на экране предусмотрены специальные шаблоны страниц:

- одиночный тренд (SingleTrend) - шаблон для создания страницы с одним окном трендов, в котором имеется до 8 перьев;
- двойной тренд (DoubleTrend-) - шаблон для создания страницы с двумя окнами трендов, в каждом из которых имеется до 8 перьев;
- сравнительный тренд (CompareTrend) - шаблон для создания страницы с двумя трендами, наложенными один на другой в целях их сравнения (до четырех пар графиков);
- масштабный тренд (ZoomTrend) - шаблон страницы с функцией масштабирования;
- выпадающий тренд (PopTrend) - шаблон для вывода тренда в любом месте экрана (в отдельном окне).
- тренды по событию (EventTrend) - шаблон страницы с одним окном для тренда по событию во времени на восемь перьев;

### Списки тегов для записи в файл трендов.

Список тегов для записи в файл содержится в Historical Trend Assign.

Для открытия этих списков нужно перейти в режим разработки при снятом ключе



|  |  |
|--|--|
| 4 Hours files<br>8 Hours files<br>24 Hours files | 4-х часовой файл,<br>8-х часовой файл,<br>24-х часовой файл.<br>Можно выбрать лишь одно из указанных полей. При выборе поля “4-х часовой файл” очередной файл трендов будет создаваться каждые 4 часа, и имя его |
|--|--|

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
|                                      | <p>будет таким:<br/>ГГММДД№.Н04, где ГГ – год, ММ – месяц, ДД – день, № - порядковый номер файла, созданного за текущие сутки.</p> <p>При выборе поля “8-х часовой файл” файл создается каждые 8 часов и имеет имя ГГММДД№.Н08</p> <p>При выборе поля “24-х часовой файл” файл создается один раз в сетки (в 0 часов) имеет имя ГГММДД00.Н24</p> |
| Automatically Purge Data Files After | <p>Через сколько дней после создания файла система должна его удалить.</p> <p>Далее в поле указано число дней. Т.е. каждый файл “проживет” 200 дней. Если отключить галку в строке, где указано 200 дней, файлы не будут удаляться автоматически. Их удаляют вручную.</p>  |

Далее следует список групп тегов. Теги объединяются в группы.

|           |  |
|-----------|--|
| Node      | имя узла.  |
| Rate      | Периодичность записи в файл всех тегов группы.   |
| Qualifier | <p>К каждой группе тегов можно присвоить тег, который служит выключателем записи группы в файл, т.е. если это тег равен 1 – группа пишется, при нулевом значении запись в файл прекращается. Здесь в качестве тега переключателя указан тег, показывающий есть ли связь с контроллером.</p> <p>Т.о. при отсутствии связи с контроллером теги группы в архив не пишутся, а в окне Трендов при просмотре для этих тегов данного отрезка времени будет показано, что данных нет.</p> <p>Не стоит удалять теги Qualifier(квалифициаторы). Дело в том, что потеряв связи iFix запоминает последние значения и, если не отключить запись в архив, эти последние значения будут писаться как достоверные.</p> |
| Status    | Активный или неактивный.   |
| Tags      | Количество тегов в группе  |

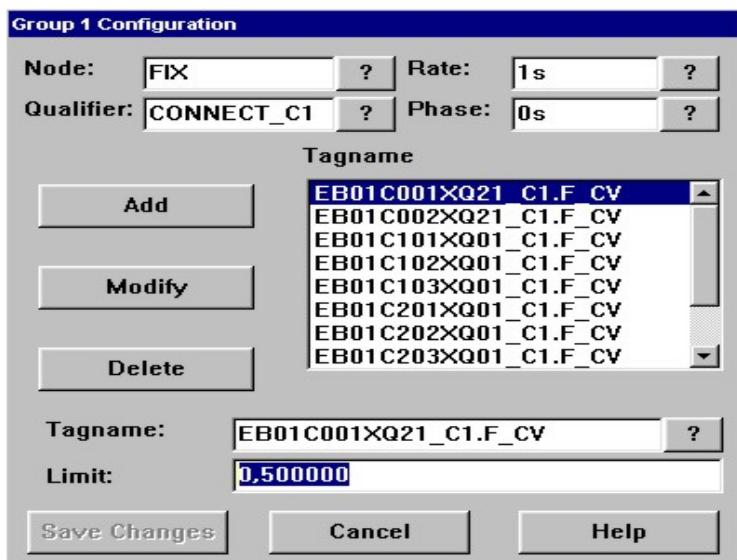
При двойном клике на группу открывается список тегов группы:

Для выбора тега нужно нажать мышью по его имени в списке. Тег считается выбранным, если его имя появилось в поле TagName.

Команды: Удалить и Изменить действуют только для выбранных тегов.

Для удаления тега из списка нужно его выбрать и нажать кнопку Delete.

Для изменения – выбрать, изменить и нажать кнопку Modify.



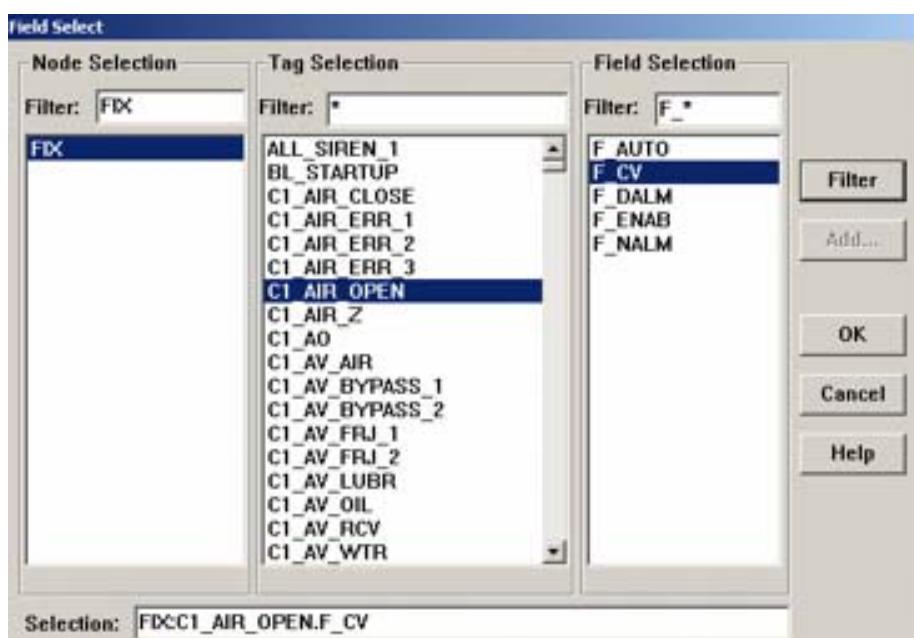
Для добавления тега нужно набрать его имя в поле TagName и нажать кнопку ADD. Следует выбрать тег из базы, для чего нужно нажать кнопку «?».

После выбора тега указывается поле F\_CV.

Если в списке были какие-то изменения, кнопка Save Changes становится доступной и ее необходимо нажать, чтобы сохранить изменения.

После Добавления или удаления тегов из групп необходимо создать заново файл C:\....\App\TrendsGroup\avhist.csv. Этот файл используется в экране Тренды при выборе тегов для просматриваемых графиков. Поэтому, если добавите тег в списки архивных трендов, но не измените файл avhist.csv, этот тег будет писаться в архивные тренды, но его график будет невозможно просмотреть.

Для изменения файла avhist.csv выберите пункт меню “Сохранить как” и сохраните его как C:\....\App\TrendsGroup\avhist.csv.



При работе с экранной формой пакета SCADA iFIX используют три инструментария:

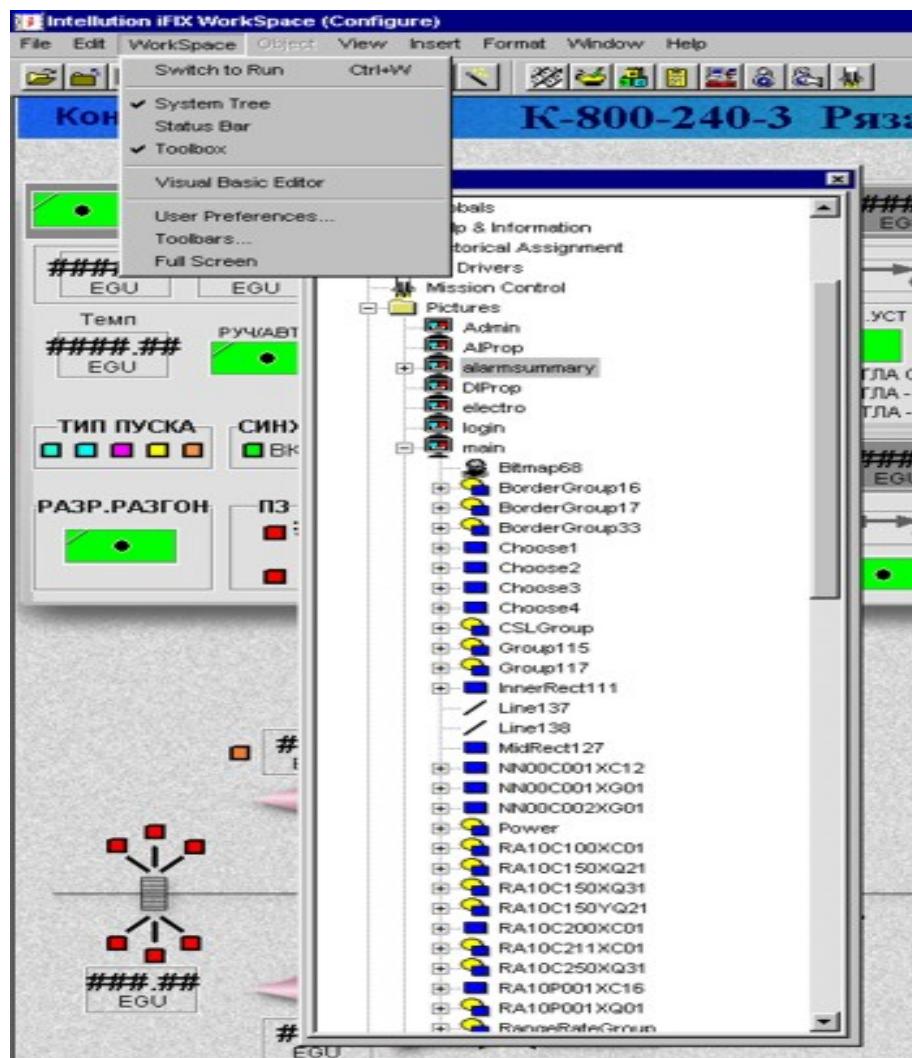
- Системное дерево
- Панель инструментов
- Панель Свойства Элемента

Системное дерево открыто, если в меню System Tree выставлена галка. Панель инструментов открыта, если в меню Toolbox выставлена галка.

Для открытия панели Свойств нужно щелкнуть правой кнопкой по любому элементу картинки и выбрать пункт Property Window.

Системное дерево можно прикрепить справа и слева экрана, но при этом очень неудобно работать с картинкой. Чтобы отцепить, нужно перетянуть его за верхнюю границу.

В системном дереве имеется раздел Picture – картинки, который связывается с тегами при проектировании операторских панелей автоматизированной системы.



## Панель инструментов

|  |   |
|--|---|
|  | Вырезать  |
|  | Копировать  |
|  | Вставить  |
|  | Вставить строку, показывающую время   |
|  | Вставить строку, показывающую дату  |
|  | Прямоугольник   |
|  | Прямоугольник с закругленными углами  |
|  | Овал  |
|  | Хорда   |
|  | Многоугольник   |
|  | Сектор  |
|  | Дуга  |
|  | Линия   |
|  | Ломаная линия   |
|  | Текст   |
|  | Добавить кнопку   |
|  | Объект OLE  |
|  | Добавить число, связанное либо с тегом, либо с  |
|  | Окно тревог и сообщений   |
|  | Добавить переменную   |
|  | Добавить таймер   |
|  | Событие   |
|  | Графики   |
|  | Вставить картинку типа BMP, JPG и т.д. Так<br>Фоном большинства экранов проекта является<br>картинка типа JPG, и хранится она в каталоге<br>Docs\Image. |



|   |  |
|---|--|
|    | Выровнять несколько выбранных элементов картинки по нижнему краю |
|    | Выровнять центры по горизонтали                                  |
|    | Выровнять по левому краю   |
|    | Выровнять центры по вертикали                                    |
|    | Выровнять по правому краю  |
|    | Выровнять по верхнему краю                                       |
|    | Группировать выбранные элементы                                  |
|    | Разгруппировать  |
|    | Поместить элемент наверх   |
|    | Поместить элемент вниз   |
|   | Однаковые пропуски по вертикали                                  |
|  | Однаковые пропуски по горизонтали                                |
|  | Открыть окно “Выбор цвета”                                       |
|  | Задать шрифт   |
|  | Выровнять по сетке   |
|  | Задать слой  |
|  | Показать слой  |



|  |                             |
|--|-----------------------------|
|  | Открыть окно Анимация       |
|  | Изменить размер             |
|  | Вращать                     |
|  | Отменить последнее действие |
|  | Вырезать                    |
|  | Копировать                  |
|  | Удалить                     |
|  | Дублировать                 |
|  | Поместить на передний план  |
|  | Поместить на задний план    |
|  | Войти в группу              |
|  | Разгруппировать объекты     |
|  | Показать фон                |
|  | Цвет                        |
|  | Стиль линии (края) элемента |
|  | Стиль заднего плана         |
|  | Шрифт                       |
|  | Редактировать скрипт        |
|  | Назначить клавиши           |
|  | открыть окно “Свойство”     |

### Окно “Свойства элемента”

Каждый элемент картинки обладает набором свойств, которые отображаются в окне “Свойства”. Это окно открывается при выборе пункта из меню по правой кнопке мыши.

Количество свойств, присущих объектам WorkSpace, зависит от их типов.

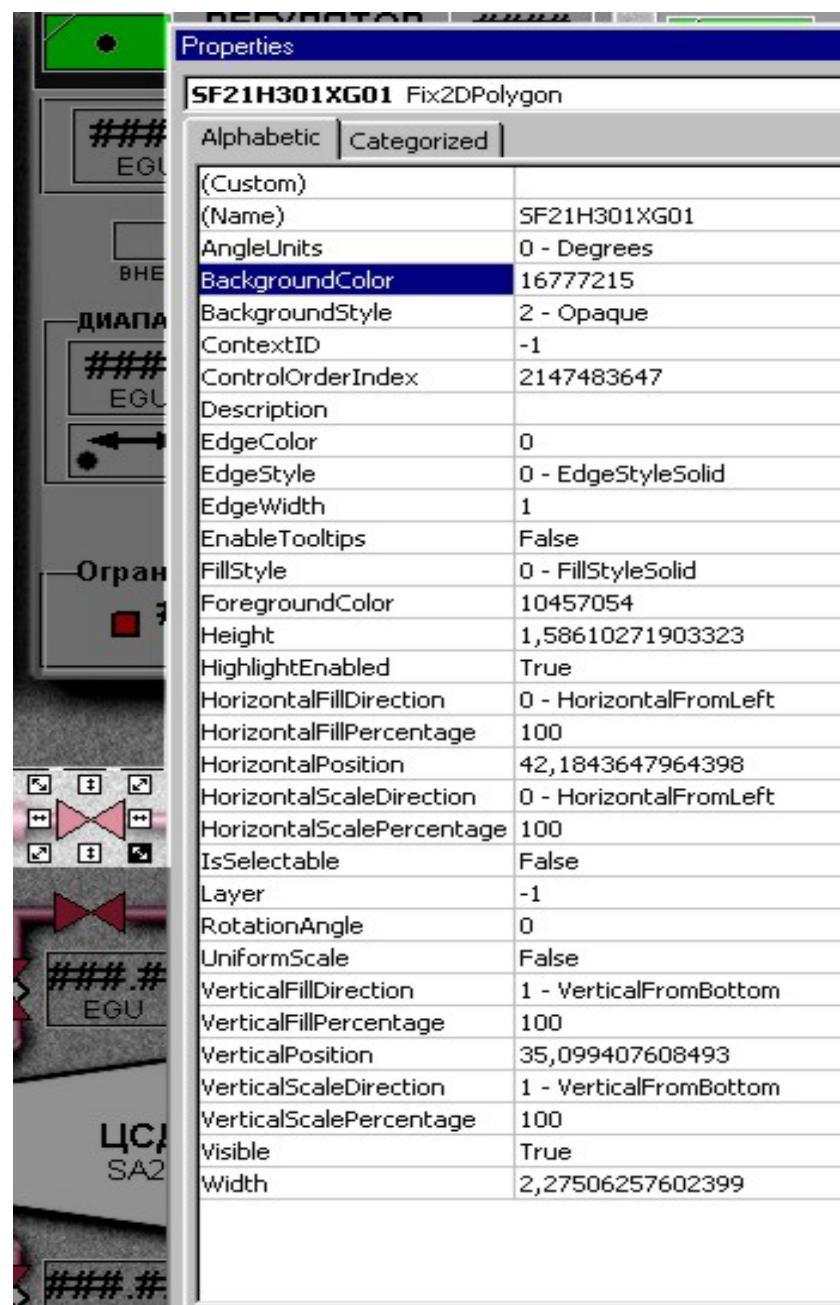
Так, объект типа круг поддерживает 22 анимируемых свойства, прямоугольники имеют 26 свойств, текстовый объект - 31 свойство и т.д.

Более сложные объекты, обычно применяемые при построении экранных форм iFIX (например, Диаграмма), отображают данные без интерпретации - "как есть", но, благодаря возможности подключения к ним анимационных объектов, они также могут интерпретировать состояния процесса.

Источниками данных для объектов WorkSpace являются: базы данных реального времени локального или удаленных SCADA серверов FIX, локальные или удаленные OPC серверы, а также другие объекты экранной формы.

Рассмотрим свойства элемента Многоугольник:

|                  |   |
|------------------|---|
| Name             | имя выбранного элемента   |
| AngleUnits       | Единицы изм углов - градусы   |
| BackGroundColor  | Цвет фона   |
| BackGroundStyle  | Стиль фона: Transparent – прозрачный, Opaque – непрозрач.   |
| Description      | Описание  |
| EdgeColor        | Цвет линии (края)   |
| EdgeStyle        | тип линия (сплошная, штриховка)   |
| EdgeWidth        | Толщина линии   |
| FillStyle        | Стиль заполнения:<br>Solid - сплошной<br>Hollow – нет заполнения<br>Horizontal – заполнение горизонтальными линиями |
| ForegroundColor  | Цвет  |
| Height           | Высота элемента   |
| HighLightEnabled | Подсвечивать или нет при выделении  |
| .....            |   |
| Visible          | Видимость   |
| Width            | Ширина  |
|                  |   |

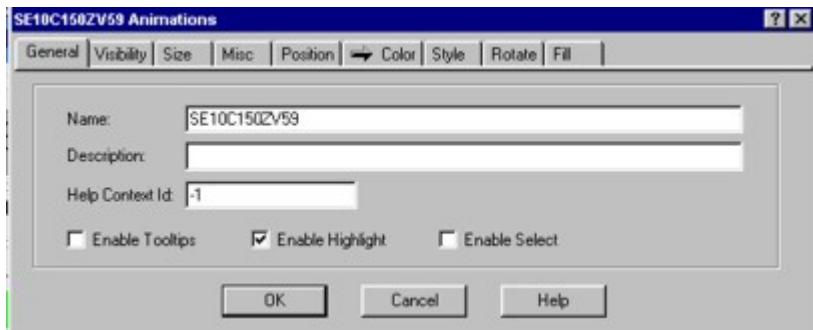


## Окно “Анимация элемента”

Открывается при выборе пункта меню Animation (правая кнопка мыши) или по двойному клику мышью по выбранному элементу.

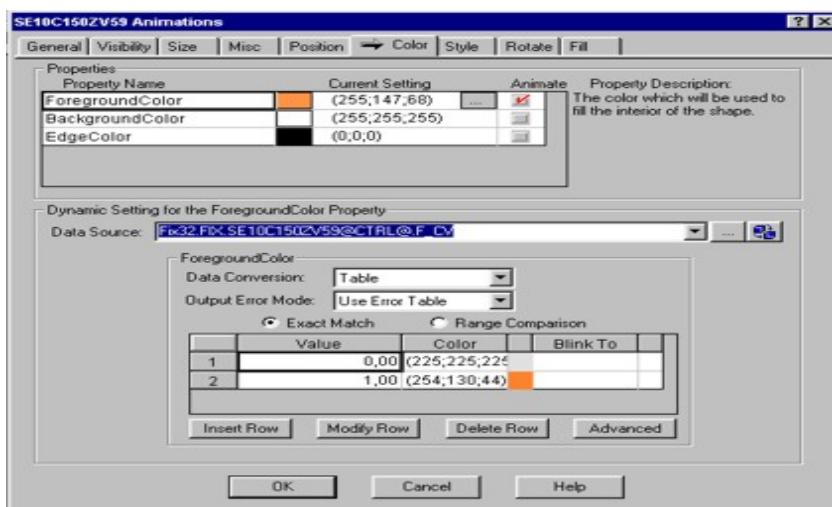
В поле Objects Name – имя элемента, анимацию которого просматривается.

Ниже перечислены свойства элемента, которые можно анимировать. Галками отмечены те, которым назначена анимация.



Для просмотра анимации нужно нажать кнопку "Configure". В этом окне также перечислены свойства, которые можно анимировать, анимированные свойства указаны стрелочками.

Необходимо открыть вкладку Color (цвет), чтобы посмотреть ее анимацию.



Поскольку каждый элемент имеет есть три свойства “Цвет” – цвет линии, цвет фона, цвет переднего плана, в панели показаны три строчки. В примере выбрана строка ForegroundColor – цвет переднего плана.

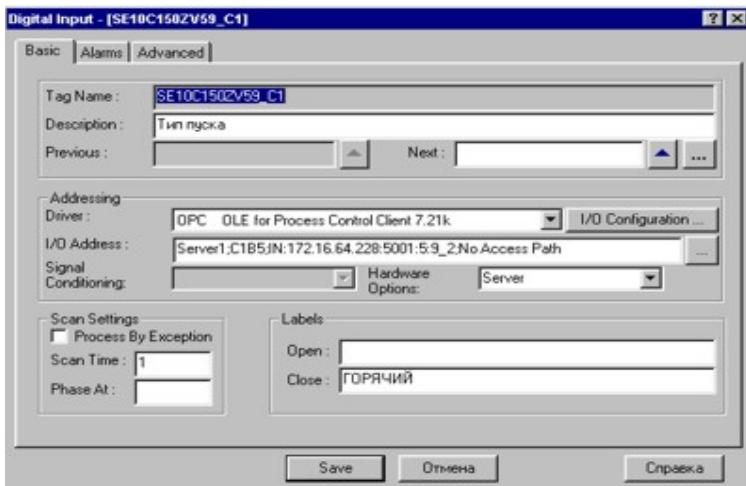
Т.о. этот цвет будет меняться в зависимости от значения величины, которая указана в строке DataSource:

Fix32.FIX.SE10C150ZV59@CTRL@.F\_CV Fix32.FIX – указывает, что элемент берется из базы данных.

В этой строке указан тег с именем SE10C150ZV59. Как видно из базы данных, это тег дискретного входа:

- F\_CV – указано, что берется текущее значение тега.
- @CTRL@ – номер контроллера

Ниже в таблице назначается цвет каждому значению тега.



### Группирование и разгруппирование элементов рисунка.

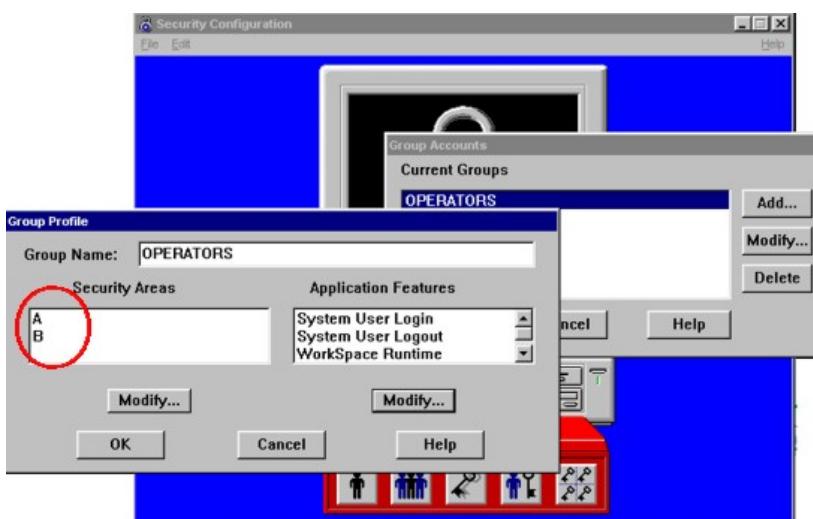
Элементы рисунка объединяют в группы по разным причинам:

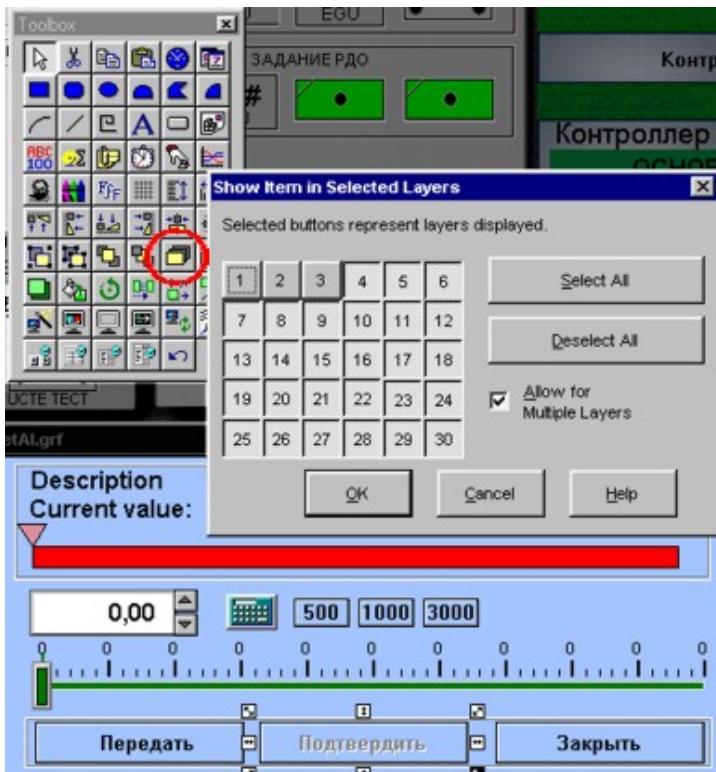
- На экране удобнее работать с группами
- Всю группу можно анимировать, например, при выключенном регуляторе частоты не показывать его параметры.
- Если разгруппировать анимированную группу, свойства анимации группы удаляются.

### Распределение по слоям и видимость.

В проекте выбор слоев используется при определении видимости элемента (или группы) для текущего зарегистрированного пользователя.

При конфигурации доступа для каждого пользователя определены зоны доступа, в которых разрешено работать пользователю.





При выборе слоя в картинке, считается, что 1-му слою соответствует зона А, 2-му слою – зона В и т.д.

В результате, при регистрации пользователя считаются его зоны доступа. Затем для всех картинок определяется номер текущего слоя.

Например, пользователю Operator назначены зоны доступа А, В и С. В картинке “Установка” для кнопки “Подтвердить” указано, что кнопка видима во всех слоях, кроме 1-го, 2-го и 3-го.

При регистрации оператора считаются доступные зоны, это зоны А, В и С. Т.е. три первые зоны. Уменьшаем на 1, получаем 2 первых зоны. В итоге системе указывается, что слои 1-ый и 2-ой недоступны.

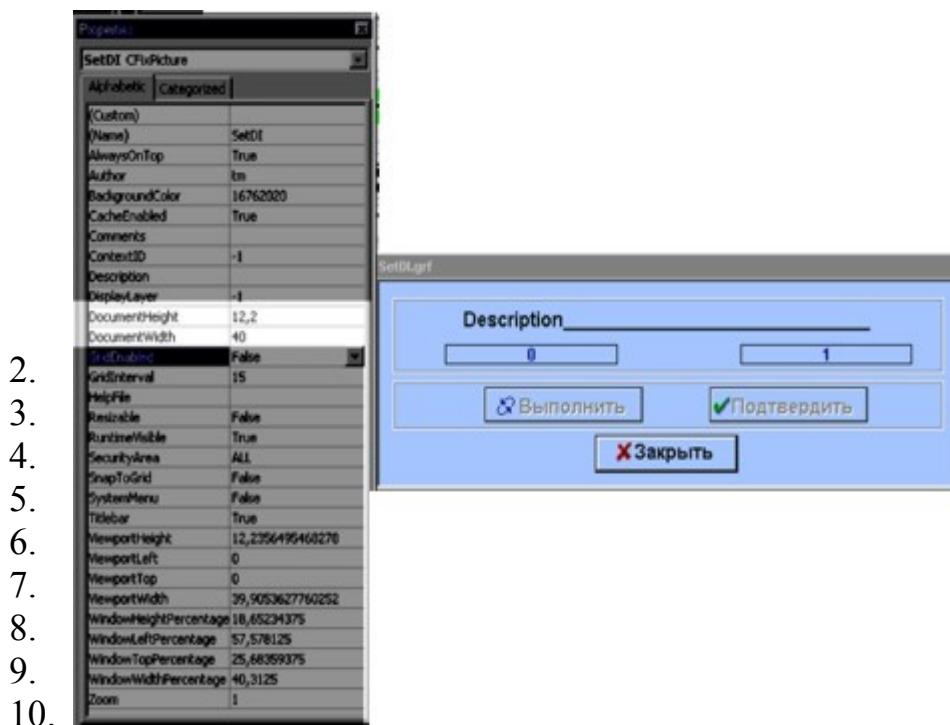
## Изменение размеров окна:



Иногда при переносе проекта на другой компьютер или при смене монитора, расползаются размеры некоторых экранов. При этом появляются полосы прокруток, которые очень мешают при работе.

Рассмотрим пример с экраном SetDi.

1. В системном дереве найдем строку SetDi, откроем картинку, если она еще не открыта, и по правой кнопке вызовем окно свойств (Property Window).



11. В окне свойств изменяет два параметра – DocumentHeight (высота) и DocumentWidth (ширина).

Начнет понемногу увеличивать высота и ширину до тех пор, пока не исчезнут полосы прокрутки.

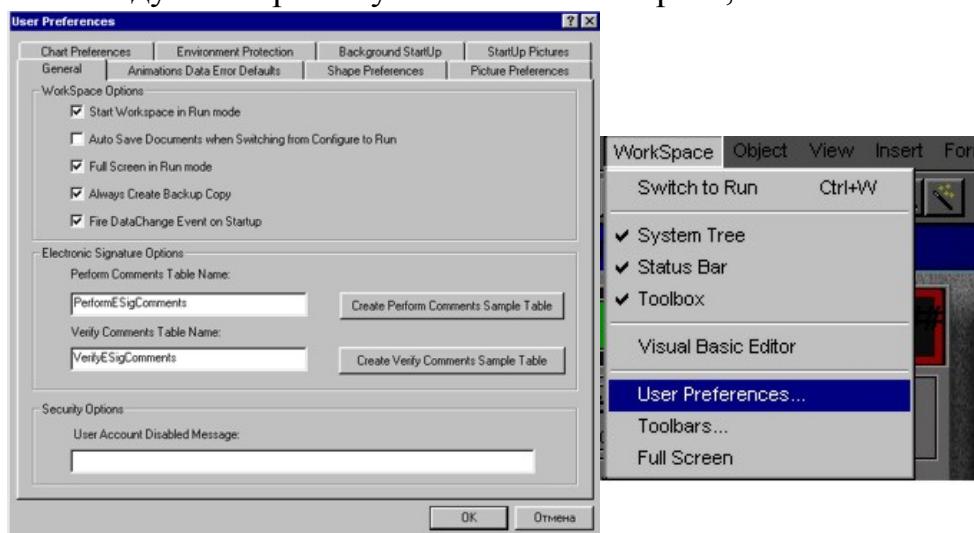
В нашем примере достаточно было высоту изменить с 12 на 12,2, чтобы полосы прокрутки исчезли.



12. Затем выбираем пункт меню View и в нем нажимаем на строчку Update Window Location, после чего картинку можно сохранить и закрыть.

### 13. Настройка WorkSpace

Следует выбрать пункт меню WorkSpace, в нем – User Preferences.

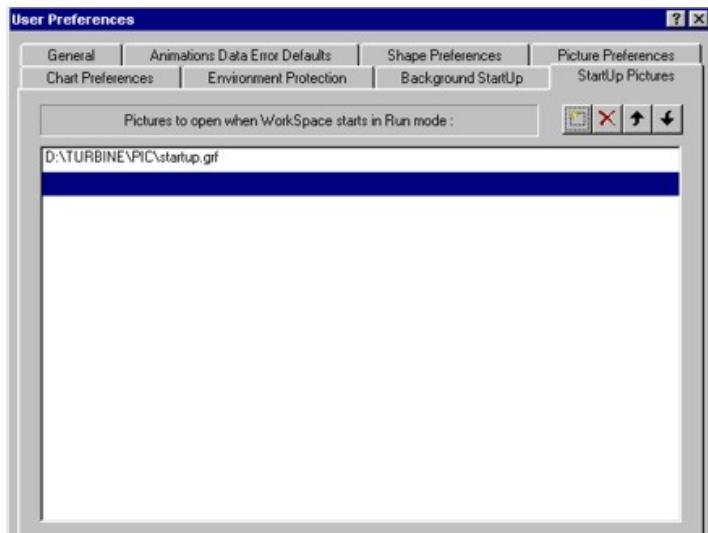


#### Вкладка General (Общие)

Здесь существует записи блока WorkSpace Options (Опции).

- a. Start WorkSpace in Run Mode - При запуске проекта будет выбран режим выполнения (RunTime)

- b. AutoSave.... Измененные картинки будут автоматически сохраняться при переходе из режима разработки в режим выполнения.
- c. Full Screen in Run Mode – В режиме выполнения использовать всю область экрана.
- d. Always create Backup Copy – при всегда создавать копии рисунка перед его изменением.



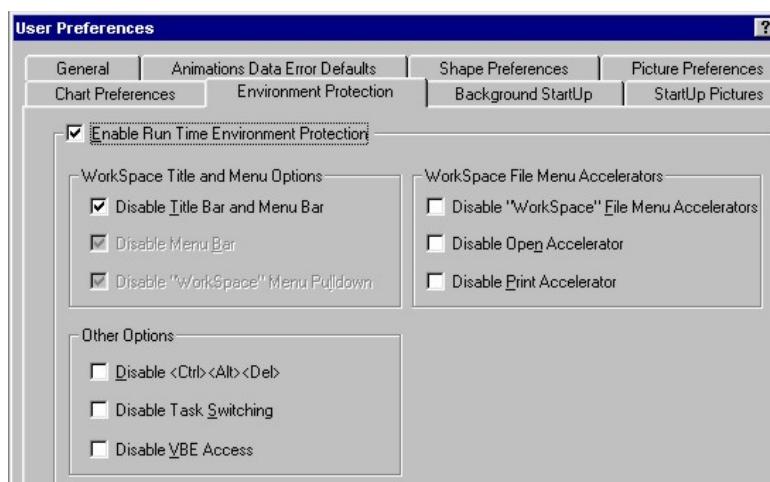
### Вкладка StartUp Pictures

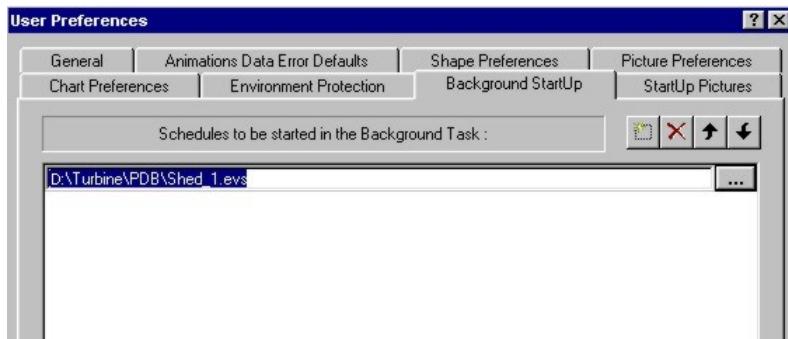
В этой вкладке указано, какой рисунок будет открыт при запуске проекта.

Рисунок StartUp.grf, который в свою очередь открывает рисунки Menu.grf, AlarmSummary.grf и Main.grf.

### Вкладка Environment Protection – защита

Disable Title Bar And Menu Bar - сделать недоступным Меню и Заголовок среды WorkSpace.





Вкладка BackGround StartUp (Запуск фоновых задач)

Все эти настройки запоминаются в файле \Local\FixUserPreferences.ini

### Настройка Файлов – конфигураторов – FIX.SCU и View.SCU

|         | Узел FIX | Узел VIEW |
|---------|----------|-----------|
| Scada   |          |           |
| NetWork |          |           |

|       |   |  |
|-------|---|--|
| Tasks | <pre> Configured Tasks: % C:\DYNAMICS\WOCNTRL.EXE /a % C:\DYNAMICS\WSACTASK.EXE D15 % C:\DYNAMICS\HTC.EXE % C:\DYNAMICS\SUMQDEL.EXE -D01:00 -F C:\DYNAMICS\WORKSPACE.EXE % C:\DYNAMICS\FIXBACKGROUND SERVER. </pre> | <pre> Configured Tasks: % C:\DYNAMICS\HTC.EXE C:\DYNAMICS\WORKSPACE.EXE </pre> |
|-------|---|--|

## Заключение

Интегрированная автоматизированная система использует новейшие средства обработки информации, связанные в единую сеть.

В целях повышения эффективности системы построение осуществляется сквозным методом и обеспечивается совместимостью подсистем в едином информационном пространстве, в основе которого использование открытых архитектур международных стандартов.

Для сбора данных с производственного оборудования в реальном времени и передачи данных из офиса (пульта управления) на производственное оборудование производится посредством процессоров установленных в устройствах называемых операторскими панелями. Операторская панель имеет средства отображения информации (экран), пультовые терминалы с программным обеспечением. Операторские панели снабжены различными универсальными интерфейсами для подключения к различным устройствам управления различных производителей.

Интегрированная автоматизированная система согласно ГОСТ 27.002-83 применяет дополнительные микропроцессорные модули, модули ввода\вывода, коммуникационные модули, серверные модули и другие элементы для обеспечения надёжной работы. Методы постоянного и динамического резервирования используются в схемах проектов систем автоматизации.

Пакеты программ SCADA систем предоставляет широкие возможности разработки проектов интегрированных систем автоматизации. Весь проект интегрированной системы может быть реализован на одном персональном компьютере с автоматической имитации отсутствующих входных/выходных сигналов. Обмен данными по сети не требует специальной настройки проекта, кроме задания списка узлов, сетей и применяемых протоколов. В пакетах имеются развитые средства многоуровневого ограничения прав доступа, включающие формирование перечня должностей с настройкой прав доступа для

операторов на должности и в смены, регистрацию каждой должности, администрирование назначения в зашифрованном журнале всех действий операторов. Пакет программ SCADA имеет ряд возможностей, направленных на повышение надёжности работы (восстановление проекта после сбоя, горячий рестарт, копирование архива).

Интегрированные автоматизированные системы имеют многоуровневую иерархическую структуру. Относятся к классу больших систем управления с клиент-серверной архитектурой по способу организации обработки данных: централизованная, распределённая и смешанная.

## Литература

1. Информационная поддержка жизненного цикла изделий машиностроения: принципы, системы и технологии CALS<sup>1</sup>/ИПИ<sup>2</sup>: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. / А.Н. Ковцов, Ю.Ф. Назаров, И.М. Ибрагимов, А.Д. Никифоров. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 304 с.
2. SCADA-системы: взгляд изнутри. / Е.Б. Андреев, Н.А. Кунцевич, О.В. Синенко. – М.: Издательство «РСТ Софт», 2004. – 176 с.
3. Основы построения автоматизированных информационных систем:
4. Основы построения автоматизированных информационных систем: учебник – М.: Изд-во «ФОРУМ»; ИНФРА-М, 2007.- 320 с.
5. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУ ТП. Проектирование и разработка. Учеб.-практ. пособие. – М.: Инженерие, 2008.
6. В.М. Бельфор, В.Н. Суриков. Информационные технологии в вычислительных и телекоммуникационных сетях: учебное пособие / ГОУ ВПО СПбГТУРП. Спб., 2006. – 106 с.
7. Аппаратные средства и программное обеспечение систем промышленной автоматизации: Учеб. пособ. / ИЛ. Данилушкин; Самар. гос. техн. ун-т. Самара, 2005.
8. Ю.И.Иванов, В.Я.Югай. Интерфейсы средств автоматизации: Учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ТРТУ. 2005.
- Средства обеспечения освоения дисциплины (ресурсы Internet)
9. [www.pa.ru](http://www.pa.ru)

<sup>1</sup> CALS (Continuons Acquisition ant Lifecycle Support) – непрерывное сопровождение и поддержка этапов производства изделий.

<sup>1</sup> ИПИ – информационная поддержка производств изделий. Аналог понятия CALS.

