

На правах рукописи



Лебедев Владислав Олегович

**СИСТЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ
АСУТП С ПРИМЕНЕНИЕМ СТРУКТУРНЫХ МЕТОДОВ**

**Специальность 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами**

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Автор:

A handwritten signature in black ink, appearing to be the initials 'В.О.' followed by a stylized surname, is written over the word 'Автор:'.

1 2 МАР 2009

Москва - 2009

Работа выполнена в Московском инженерно-физическом институте (государственном университете).

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Власов Виктор Александрович.

Официальные оппоненты:

Антонова Галина Михайловна, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории 33 Института проблем управления РАН.

Кладиев Сергей Николаевич, кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Электропривод и автоматика» ФГОУ ВПО «Северская государственная технологическая академия».

Ведущая организация: Обособленное подразделение «Научно-исследовательский институт автоматики и электромеханики» Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники.

Защита состоится «23» марта 2009г. в 15 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 212.130.02 МИФИ по адресу: 115409, г. Москва, Каширское шоссе, д. 31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МИФИ.

Автореферат разослан «20» февраля 2009г.

Просим принять участие в работе совета или прислать отзыв в одном экземпляре, заверенный печатью организации, по адресу МИФИ.

Ученый секретарь диссертационного совета МИФИ

Д.т.н., профессор



Скоробогатов П.К.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Исследования, проведенные в диссертации, посвящены задаче создания системно-ориентированного подхода к проектированию АСУТП с применением структурных методов на основе системного подхода.

Актуальность:

Неизбежное развитие атомных, химических и других опасных, но необходимых для существования современной экономики, производств, вызывает растущую потребность в совершенствовании средств управления для обеспечения их эффективной и безопасной эксплуатации. Одним из очевидных путей решения этой задачи является широкое привлечение специалистов в области технологии и автоматики непосредственно к разработке и модернизации автоматизированных систем управления и, прежде всего, их программной части как наиболее быстро поддающейся модификации. Но при этом использование наиболее доступных для специалистов без специального образования в области программирования графических средств технологического программирования сужается по сравнению с текстовыми языками (например, в рамках применения языков стандарта МЭК 61131-3). Вызывает также проблемы широкое использование в АСУ ТП программных и аппаратных решений, характерных для офисных систем, но не эффективных для систем реального времени. Отсюда возникает потребность в новых средствах проектирования систем управления. Для их поиска целесообразно применение системного подхода, изучающего объекты и явления как системы с целью вывода общесистемных закономерностей на основе структурного сходства законов, установленных в отдельных областях знания. Применение данного подхода позволило выработать новые методы проектирования систем управления путем преодоления фрагментарности событийно-объектного подхода.

Цель работы:

Целью работы является выработка эффективных методов создания и организации АСУ ТП. Для достижения поставленной цели были сформулированы и поставлены следующие задачи:

- разработка на основе принципов системного подхода средств проектирования АСУ ТП путем формирования типовых методов и элементарных структур;

- проверка эффективности разработанных методов при построении и эксплуатации конкретных АСУ ТП, в том числе в атомной и химической промышленности.

Научная новизна работы.

1. На основе системного подхода как общеметодического принципа и системного структурного анализа опыта проектирования и эксплуатации различных систем управления выработан системно-ориентированный подход к построению АСУ ТП.
2. Исходя из системно-ориентированного подхода развиты основные принципы проектирования АСУ ТП с учетом специфики систем с повышенными требованиями к надежности.
3. Созданы средства проектирования АСУ ТП на базе системно-ориентированного подхода - технологическая алгоблочная система программирования, позволяющая найти оптимальное сочетание компромисс между трудоемкостью проектирования и эксплуатационной эффективностью создаваемых систем.

Практическая значимость работы.

Созданы инструментальные средства проектирования АСУ ТП, пригодные для применения в различных отраслях народного хозяйства и обладающие техническими характеристиками, превосходящими аналоги.

С помощью созданных инструментальных средств спроектирован и внедрен ряд АСУ ТП, том числе с учетом особенностей атомной и химической промышленности. Внедренные системы позволили повысить надежность и эффективность технологических процессов, что подтверждается актами о внедрении. При этом инструментальные средства были освоены специалистами по автоматизации предприятий.

На основе данных инструментальных средств подготовлены средства автоматизированного обучения, которые использованы в лабораторном практикуме по курсу «Проектирование систем управления» на кафедре «Автоматика» МИФИ.

Результаты, выносимые на защиту.

1. Системно-ориентированный подход к созданию как инструментальных средств проектирования АСУ ТП, так и самих АСУ ТП, то есть комплексный подход с выделением типовых элементарных структур и алгоритмов, особенно эффективный для потенциально опасных производств (химическая и атомная промышленность, энергетика и др.).

2. Классификация систем с точки зрения открытости и закрытости, что позволяет правильно учесть такие свойства и характеристики систем, как изменчивость, инерционность, наблюдаемость, такт реального времени.

3. Принципы организации вычислительного процесса и построения структуры аппаратных средств системы реального времени, в том числе:

- сочетание последовательного программного цикла без прерываний с общим информационным пространством системы;
- необходимость выделенного арбитра при организации резервирования систем с наличием программного обеспечения.

4. Алгоблочная система технологического программирования, представляющая собой базу данных с записями постоянной длины с исполняющей средой в виде системы управления базой данных, и включающая алгоритмы обработки данных, управления, резервирования и другие как операторы технологического алгоблочного языка.

5. Возможность реализации функций операционной системы реального времени в рамках исполняющей среды алгоблочной системы.

6. Результаты создания и внедрения ряда АСУ ТП различного масштаба.

7. Применение алгоблочной системы технологического программирования в качестве средства обучения.

Апробация:

Вопросы данной работы докладывались в пяти докладах на научных семинарах в ИПУ РАН и трех докладах на научной сессии МИФИ.

Публикации

Результаты диссертации опубликованы в 13 печатных научных работах, написанных лично или в соавторстве, в том числе в 10 изданиях, рекомендованных ВАК.

Структура и объем работы.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 70 наименования. Общий объем работы составляет 219 страниц. В работе содержится 40 рисунков, 6 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, формулируются цели и постановка задачи диссертации, приведены основные научные результаты и их новизна, данные о публикациях и апробации работы.

В первой главе поясняется необходимость данной работы, ставится ее задача.

Наиболее существенными чертами АСУ ТП можно признать следующие:

- необходимость выполнения управляющих функций в реальном времени, то есть со строго заданными периодами решения задач;
- поддержка выполнения фоновых задач при соблюдении режима реального времени;
- вхождение в состав системы людей как элементов системы, ее подсистем;
- необходимость постоянной модернизации в связи с физическим и моральным старением технических средств в условиях быстрого совершенствования вычислительной техники;
- часто встречающийся распределенный характер объектов управления;
- высокие требования к надежности, особенно для потенциально опасных производств (химическая и атомная промышленность, энергетика и другие).

Эти черты и постоянное взаимодействие различных составных частей АСУ ТП как единой системы и определяют в значительной степени трудности их создания.

Из выделяемых за рубежом уровней к АСУ ТП можно отнести прежде всего следующие:

- полевой уровень, включающий устройства связи с объектом (УСО) и локальное автоматическое управление;
- уровень оперативного автоматизированного управления процессом (SCADA).

На уровне локальной автоматики предъявляются наиболее жесткие требования к реальному времени и надежности ввиду чего применяются специализированные средства вычислительной техники - микропроцессорные контроллеры и специализированное программное обеспечение. Требования по совместимости и необходимость быстрого освоения техническим и обслуживающим персоналом привела к выработке стандартов на интерфейсы программирования. Международный электротехнический комитет (МЭК) в рекомендациях IEC 61131-3 описывает 5 языков технологического программирования – два текстовых: лист инструкций (IL) и структурированного текста (ST) на основе языка Паскаль, и три графических: линейных диаграмм (LD), иначе называемый языком

релейно-контактных схем; функциональных блоквых диаграмм (FBD), графически описывающий потоки данных и узлы их обработки, называемые функциональными блоками; последовательных функциональных схем (SFC), графически задающий логику управления вычислительным процессом.

Несмотря на достаточно полную проработку всех перечисленных выше языков и их взаимодействия, ни один из графических языков в отдельности не позволяет полностью описать вычислительный процесс в распределенной системе с необходимостью разделения ресурсов. Для этого в рамках данного стандарта используются либо смеси языков, либо только текстовый язык ST. Но для последнего теряются все преимущества графического интерфейса технологического программирования – проще все написать на Visual Basic для пользователей с низкой квалификацией или на языке C для профессионалов. Видимо, это и привело к постоянному снижению доли графических языков в программном обеспечении. Однако текстовые языки малопонятны и трудны технологам и специалистам по контрольно-измерительным приборам и автоматике (КИПА) в силу своей абстрактности, оторванности от задач автоматизации, необходимости соблюдения строгих синтаксических правил, излишней универсальности, наконец, англоязычности.

Отсюда возникает потребность в новом походе к графическим средствам технологического программирования, позволяющем реализовывать программы полностью на них и избавить разработчиков - специалистов по автоматизации и технологии - от ненужной нагрузки в виде соблюдения синтаксиса текстовых языков. При этом в качестве отравной точки может быть взята алгоблочная система программирования контроллеров серии Ремиконт.

На следующем иерархическом уровне – уровне автоматизированного управления процессом (SCADA) - основным аппаратным средством становятся одна или несколько ПЭВМ, связанных между собой и со средствами ввода/вывода и локальной автоматике, а основными функциями - подготовка и представление информации о ходе технологического процесса оператору-технологу в режиме реального времени и прием от него команд наряду при сохранении автоматических функций управления. Соответственно в составе ПО SCADA-систем должны присутствовать программные компоненты организации выполнения функций системы в реальном времени и

компоненты поддержки интерфейса оператора с обеспечением их асинхронной работы по отношению к средствам реального времени.

Поскольку ПЭВМ все более специализируются как офисная и бытовая техника, ОС и прикладное ПО также следует этой тенденции. Однако в области АСУ ТП многие характерные черты ОС Windows NT/2000/XP/2003 проявляются как недостатки:

- основанная на обслуживании очереди событий многозадачность ведет к непредсказуемости временных характеристик, что недопустимо для реального времени;
- клиент-серверная сетевая архитектура большинства приложений приводит к перегрузке сетей при большом числе пользователей с интенсивным обменом информацией.

Наконец, непосредственно для атомной отрасли при соблюдении в основном особенностей реального времени, крайне высока стоимость технических решений.

Таким образом, в области АСУ ТП очевидна необходимость совмещения доступности типовых широко распространенных программно-аппаратных средств и эффективности специализированных для АСУ ТП программно-аппаратных решений.

Проведенный анализ широко распространенных программных средств АСУ ТП, разработчики которых, очевидно, пытались решить эту задачу, выявил недостаточную их приспособленность для нужд АСУ ТП как по эффективности выполнения функций в реальном времени, так и по стоимости.

Преодолеть эти недостатки, по мнению автора, можно на пути применения системного подхода к построению АСУ ТП с использованием структурных методов анализа опыта разработки и внедрения систем и результатов их эксплуатации.

Критериями эффективности функционирования анализируемых систем управления должны быть степень удовлетворения требованиям технологии производства при его экологической безопасности. При синтезе подходов к построению систем управления должно быть выполнено условие универсальности технических решений в рамках рассматриваемых классов систем.

Задача диссертационной работы состоит в формировании рационального системного подхода к структурному описанию вычислительной части АСУ ТП, который в дальнейшем будем называть системно-ориентированным подходом.

Вторая глава отвечает на вопрос о принципиальной возможности разрешения поставленной задачи и определяет принципы системно-ориентированного подхода.

Исходя из особенностей современных автоматизированных систем и средств их построения и на основе опыта создания и эксплуатации подобных систем, можно сформулировать основное требование к ним: обеспечение поддержания или изменения параметров объекта управления в требуемых рамках в течение требуемого времени. Эти рамки и время определяются устойчивостью, безопасностью и эффективностью ведения технологического процесса. На основании данных требований решается задача выбора правильного подхода к построению программно-технических средств АСУ ТП.

Отмечено, что все существующие, существовавшие и будущие объекты и явления материального и нематериального мира могут рассматриваться с точки зрения системного подхода, то есть как системы, подсистемы и их взаимодействия.

Показано, что внутренние взаимодействия обеспечивают *сохранение* системы или ее *инерционность*, а внешние – ее *развитие* или *изменчивость*, а их сочетание – возможность *наблюдаемости* со стороны других систем, что можно трактовать как *существование* системы для любого наблюдателя и, таким образом, для всего внешнего мира. Познание при этом может трактоваться как построение системой-наблюдателем системы-модели наблюдаемой системы.

Показано, что системы могут быть классифицированы по степени закрытости:

- закрытая система – это система, в которой любое ее состояние полностью определяется другими ее состояниями, поскольку ее элементы взаимодействуют только между собой,
- состояние открытой системы определяется как ее предыдущими состояниями, так и воздействиями внешних систем, так ее элементы взаимодействуют как между собой, так и с элементами других систем,
- состояние полностью открытой системы зависит только от внешнего воздействия.

Показано, что и рост и разрушение характерны для открытых систем. В закрытой системе, если состояние разрушения наступает, то неизбежно сменяется самоорганизацией и так далее по замкнутому циклу, то есть она вечна. Поэтому из свойств закрытой системы проистекают законы сохранения.

Отмечено, что любая АСУ ТП представляет собой с одной стороны достаточно сложную систему, о которой, с другой стороны, имеется довольно полная информация ввиду ее технического происхождения, что позволяет построить эффективную систему управления. При этом задачей системы управления является *открытие объекта*

управления для целевых воздействий и закрытие для всех остальных. Для решения этой задачи определены следующие понятия:

Режим реального времени - это выполнение контрольных и управляющих функций системы за время, не превышающее интервал, в течение которого состояние объекта управления не требует контроля благодаря его инерционности. Данный интервал времени - это *такт реального времени* системы.

Соблюдение режима реального времени благодаря возможности обработать входные данные об объекте и выработать управляющее воздействие в течение этого конечного для системы управления, но бесконечно малого для объекта управления времени обеспечивает *приближенное решения задачи закрытия системы для внешних воздействий и полного открытия для управлений (рис.1)*. Поэтому несоблюдение такта реального времени является функциональным отказом системы реального времени.



Рис.1. Структура типовой системы регулирования – открытость и замкнутость

Сформулированы принципы системно-ориентированного подхода к построению систем реального времени:

- Система управления рассматривается во все моменты своего функционирования как *единое целое* (включая такие структурные компоненты как объект управления и воздействие окружающей среды, операторы, обслуживающий персонал) с точки зрения цели своего создания и существования – *ведения технологического процесса*.

- *Комплексно*, с учетом цели разработки всей системы, должно вестись проектирование любого ее элемента.
- *Проверка и тестирование* работоспособности и технических характеристик должны проводиться комплексно для случая максимальной загрузки системы.
- Выбор в каждом конкретном случае наиболее эффективного технического решения с точки зрения цели - эффективного ведения технологического процесса.

Основные элементы подхода, определяющие принципы проектирования АСУ ТП:

- определение проектных требований к автоматизированной системе исходя из физических характеристик объекта управления и внешней среды;
- оптимизация программного обеспечения АСУ ТП с точки зрения удовлетворения требований ведения технологического процесса автоматизируемого производства;
- обеспечение единого общедоступного информационного пространства - "общей памяти";
- строгая цикличность вычислительного процесса при отсутствии программных прерываний;
- один однозначно определяемый в каждый момент времени источник для каждой единицы информации в системе;
- реализация технологических программ как базы данных с исполняющей системой в виде специализированной системы управления базой данных (СУБД);
- возможность разработки и реализации технологических алгоритмов специалистами по технологии и автоматизации, не знакомыми с программированием;
- средства разработки должны интегрировать предыдущий опыт как в области управления, так и технологического процесса, то есть являться базой знаний;
- возможность разработки и реализации технологических алгоритмов специалистами по технологии и автоматизации, не знакомыми с программированием;
- минимизация возможности внесения ошибок при программировании;
- обработка технологическим программным обеспечением любых входных данных с предсказуемым результатом при соблюдении режима реального времени.

При циклической обработке, предлагаемой системно-ориентированным подходом для систем реального времени, когда все части программы выполняются строго

последовательно по заранее заданному расписанию с разделением времени по одному или нескольким вложенным циклам, программные прерывания отсутствуют, временных потерь на сохранение и восстановление контекста и обеспечение целостности данных нет. При этом данные могут быть свободно доступны любой программной компоненте через механизмы "общей" памяти. В этом случае режим реального времени гарантируется при максимальной экономии ресурсов, то есть наиболее оптимальным образом. Напротив, дисциплина "клиент-сервер", основанная на предоставлении информации или выполнении задач по запросам от потребителей, ведет к непроизводительным затратам на обработку запросов клиентов уже занятым обработкой сервером при большом постоянном потоке запросов (рис.2).

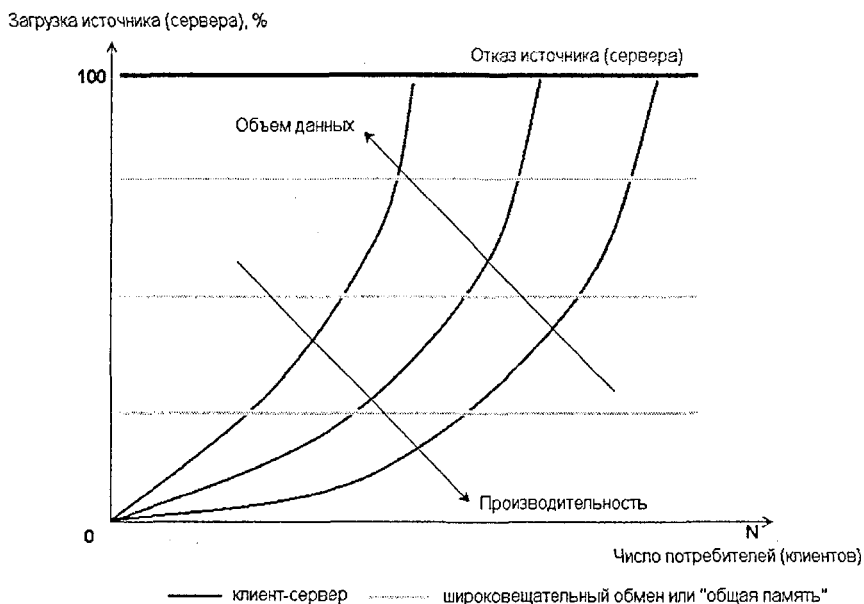


Рис. 2. Загрузка процессора источника данных для различных дисциплин

При резком увеличении запросов в критический для объекта управления и технологического процесса момент ввиду увеличения числа и сложности выполняемых

для отработки ситуации алгоритмов, когда безотказное функционирование системы управления наиболее необходимо, вероятность отказа системы, построенной на основе дисциплины обслуживания "клиент-сервер", максимальна ввиду резкого, часто экспоненциального роста нагрузки на сервер и, соответственно, роста непроизводительных затрат. Эти затраты резко возрастают и с ростом числа потребителей системы.

Напротив, для дисциплин "ведущий-ведомый", широковещательного сетевого обмена, «общей памяти» непроизводительные затраты на обслуживание запросов к занятым источникам данных вообще отсутствуют ввиду отсутствия самой возможности их занятости, что не только резко повышает эффективность их работы, но и гарантирует отсутствие вышеописанных отказов благодаря возможности проектного планирования загрузки сетевых средств.

Однако, следует отметить, что столь явное преимущество циклической обработки и "общей" памяти и т.п. характерно для систем с преобладанием функций реального времени, в которых имеется постоянный интенсивный поток необходимых к выполнению задач, состав и период выполнения которых заранее известен.

Но если обратиться к системам массового обслуживания (банковские, продажи билетов, телефония и т.д.), то окажется, что характеристики вычислительного процесса для них совершенно иные. Число прикладных задач и время их появления неизвестно, для систем массового обслуживания неизвестно и может быть очень велико число пользователей. Поток запросов на выполнение непостоянен и в среднем невелик. При этом в таких системах нет жестких ограничений на максимальное время исполнения функций, интересует лишь среднее его значение, а в отдельных случаях допустимо и невыполнение запрашиваемой функции, если имеется возможность повторного запроса на их исполнение со стороны пользователя. То есть условия и показатели их работы характеризуются не детерминированными, а случайными процессами. Их можно отнести к плохо организованным или диффузным системам в отличие от систем реального времени, которые могут быть отнесены к хорошо организованным. Очевидно, что при таком характере вычислительного процесса событийная организация операционной системы и объектно-ориентированное программирование являются оптимальными.

Для средств технологического программирования предложено:

- построение всей информационной структуры как набора баз данных с регулярной структурой;
- исполнение интерфейса технологического алглоблочного программирования как принципиально графического, где программирование сводится к настройке базы данных путем выбора из меню доступных для реализаций опций и параметров, что обеспечивает принципиальную невозможность синтаксических ошибок и исключение этапа синтаксического анализа при исполнении программы;
- разделение средств программирования по уровням иерархии с ограничением сложности по мере снижения уровня;
- автоматическое формирование типов входных и выходных сигналов при выборе из баз данных входов-выходов для верхнего уровня или при создании алглоблов для среднего;
- выполнение элементарной единицы языка – алглобла – как законченного самодостаточного функционального элемента («иероглифа»), аккумулирующего знания и опыт предыдущих реализаций подобных функций, в том числе технологических.

В третьей главе рассмотрены пути реализации алглоблочной системы программирования и других компонентов системно-ориентированного подхода при построении автоматизированных систем реального времени и в частности АСУ ТП.

Отличием данного подхода является векторная обработка данных при строгой последовательности вычислений. Поэтому прикладная программа алглоблочной системы программирования представляет собой набор баз данных в виде таблиц регулярной структуры: либо один алглобл – одна строка, все строки одинаковой длины и структуры, либо таблицы ссылок и указателей. В них указываются код выполняемой операции и информационные связи с базами данных сигналов системы, который также имеют регулярную структуру: один сигнал – одна строка фиксированной длины и структуры. Эти таблицы обрабатываются исполняющей системой последовательно, один проход является базовым циклом реального времени системы. Выполнение алглобла заключается в выборке данных – операндов – из базы сигналов в соответствии с указанными в алглобле связками, выполнение с ними указанной в алглобле операции и выкладывание результирующих данных – результата – в базу данных сигналов. При

выборке операнда производится преобразование его типа к типу, используемому при обработке, или к типу результата. Операнды и результат могут иметь как скалярную, так и векторную, матричную или списочную структуру.

В процессе обработки *исполнение алгоблока не может быть прервано другим алгоблоком, что обеспечивает целостность данных при доступности любой информации в системе любым алгоблоком системы* в момент его исполнения. При необходимости разделения времени для более медленных процессов при нехватке вычислительных ресурсов организуются более медленные циклы, включающие несколько проходов базового цикла.

Показано, что с точки зрения "алфавита" и "грамматики" языка технологического программирования алгоблок ближе к иероглифу, так как обладает состоятельным функциональным смыслом в отличие от буквы, которая обозначает лишь один из звуков, составляющих слово, и прямо не связана с его смыслом. Соответственно, и законы построения языка алгоблоков близки к иероглифическим, то есть при возникновении новых устойчивых «слов»-функций под них должны создаваться новые алгоблоки.

Показано также, что интерфейс программирования, предназначенный для создания с одновременной отладкой алгоблочных программ, *обеспечивает синтаксический анализ в процессе собственно программирования.*

Технические средства должны быть распределенными, иметь по возможности свой процессор под каждый процесс реального времени, которые объединяются между собой механизмами, эквивалентными памяти, имеющей два или более порта ввода-вывода.

Основой сетевого обмена является режим тактированных широковещательных посылок всех или изменившихся сигналов. В этом режиме узел-источник информации посылает данные в сеть без указания конкретного адресата, и они оказываются доступными любой ЭВМ в сети одновременно, что и обеспечивает реализацию принципа общей памяти в рамках сетей ЭВМ. При этом количество приемников ничем не ограничено, и источников может быть достаточно много.

Базовое программное обеспечение является исполняющей системой алгоблоков и на верхнем уровне АСУ ТП должно работать либо как одна задача с высоким приоритетом, либо под управлением программы-диспетчера также с высоким

приоритетом. В обоих случаях целью является строгая последовательность вычислительного процесса.

Для среднего и нижнего уровня систем *исполняющая система алгоблоков может быть совмещена с операционной системой*. При этом драйверы устройств, как и другие компоненты операционной системы, имеют интерфейс алгоблоков для связи с базой данных сигналов, через которую они доступны прикладному программисту для получения информации и настройки параметров. Базы данных сигналов уже не существуют самостоятельно, а порождаются при создании алгоблока как его выходы.

Рассмотрены основные типы алгоблоков, включая алгоблоки выработки управления, в том числе ПИД-регулирования с идентификацией и автоподстройкой.

Показано, что расчет технико-экономических показателей (ГЭП) производства не только возможен, но часто и более эффективен на уровне задач реального времени, может быть не очень жесткого, а представление текущих данных ТЭП в пределах часа, смены, суток часто просто необходимо на уровне оператора АСУ ТП. Главное отличие алгоблоков подсистемы расчета ТЭП, заключается в добавлении к структуре входных и выходных данных размерности времени, что приводит к необходимости введения тензорных данных для представления матриц, развернутых во времени.

Отмечено, что к построению интерфейса оператора в системах реального времени предъявляются особые требования, впрочем, также как и к другим компонентам таких систем. При этом для интерфейса оператора такт реального времени ограничивается снизу не только объектом управления технологического процесса, но и динамическими характеристиками человека-оператора - скоростью восприятия, реакции и принятия решения. Оценочно они составляют 3-4 Гц для восприятия, 1-2 Гц для управления. Необходимо заранее предусмотреть оптимальное расположение информации на экране, места сменяемых ее частей и порядок их динамической смены оператором, заблокировав все остальные изменения интерфейса. Наилучшим образом это может обеспечить растровая, а не векторная, теряющая в этом случае все свои преимущества, графика.

Вышеизложенные основные принципы организации позволяют обеспечить наилучшие показатели по пиковым нагрузкам и общей эффективности работы системы, но возможно также повышение надежности отдельных узлов и каналов системы, как аппаратных, так и программных, путем их резервирования. Оно имеет смысл, если

элементы системы резервирования обладают на один-два порядка большей надежностью, чем резервируемые компоненты. При этом ввиду возможности отказа программного обеспечения центральных процессоров необходимо применение внешнего арбитра, обладающего высокой надежностью не только аппаратного, но и программного обеспечения. Рассмотрены также решения задачи выбора при резервировании наилучшего значения из нескольких, удовлетворяющих критериям достоверности.

Отмечено, для тестирования и проверки АСУ ТП обычно достаточно проимитировать соответствующее максимальной динамике объекта управления одновременное изменение всех измеряемых параметров системы, проверяя правильность и своевременность выполнения необходимых для контроля и управления объектом функций: регистрации, отображения, выдачи управляющих воздействий и т.д.

Отмечено, что построенные на основе системно-ориентированного подхода инструментальные системы разработки являются одновременно и средствами обучения.

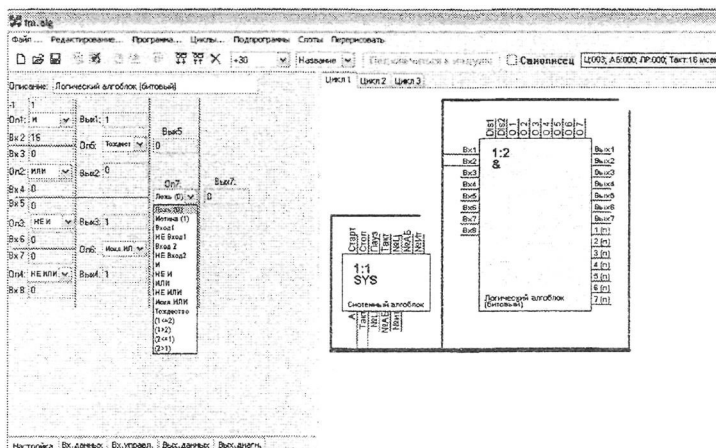


Рис.3. Пример логического алгоблока среднего уровня

В четвертой главе рассмотрены базовые программные и аппаратные средства создания автоматизированных систем реального времени из состава ПТК УМИКОН, а также реализация в их рамках алгоблочных систем программирования всех уровней (рис.3).

Опыт их разработки и применения показал практическую реализуемость данных принципов, как для аппаратных, так и для программных средств, в том числе для систем технологического программирования разного уровня.

Сравнение эффективности технологического программирования различными системами приведено в таблице 1.

Таблица 1. Эффективность систем технологического программирования.

Вид работ	Текстовые языки		МЭК 61131-3		Языки алгоблоков	
	Трансляция	Интерпрет-ция	IsaGraf	CoDeSys	Средний	Верхний
Описание переменных	Текст: Обучение, ОшСинт	Текст: Обучение, ОшСинт	Табл: Обучение	Текст: Обучение, ОшСинт	—	—
Согласование типов	Ручное: Уч, ОшСглТр	Авто: Обучение,	Ручное: Уч, ОшСглТр	Ручное: Уч, ОшСглТр	Авто: —	Авто: —
Задание операторов	Текст: Уч, ОшСинт	Текст: Уч, ОшСинт	Графика: —	Графика: —	Графика: —	Графика: —
Контроль достоверности	Разработка Обучение	Разработка Обучение	Разработка Обучение	Разработка Обучение	П/Авто	Авто
Типовые технологические алгоритмы	Подпро- граммы: Уч, ОшСинт	Подпро- граммы: Уч, ОшСинт	Текст Графика	Текст Графика	Графика встроены —	Графика: Встроены —
Поиск ошибок синтаксиса	Трансляция: ОшСинт, Возврат Пр	Интерпрет-ция: ОшСинт, Поиск на ходу	Трансляция: ОшСинт, Возврат Пр	Трансляция: ОшСинт, Возврат Пр	Авто: —	Авто: —
Поиск ошибок алгоритма	Отладчик с трансляцией Возврат Пр	Отладка на ходу	Отладчик с трансляцией Возврат Пр	Отладчик с трансляцией Возврат Пр	Отладка на ходу	Отладка на ходу
Массовая обработка	Цикл: ОшЗаЦик ВыхД	Цикл: ОшЗаЦик ВыхД	Список входов	Список входов	Список вход/ вых	Вк/Мт/Спс автоконтр
Затраты	У: 6 мес Пр:5	У: 1 мес Пр:3	У: 1 мес Пр:4	У: 1 мес Пр:4	У: 1 и Пр:2	У: 2 и Пр:1

Принятые сокращения:

Уч, обучение – требуется обучение не менее 1 месяца,

У – длительность обучения,

Ош – ошибки

ОшСинт – ошибки синтаксиса языка,

ОшСглГр – ошибки согласования, выявляемые в процессе трансляции,

Возврат Пр – необходимость возврата к редакции программы после трансляции

ОшЗаЦикл – ошибки, связанные с закливанием программы

ВыхД – выход за допустимый диапазон адресов памяти

Вк/Мт/Спс – вектор/матрица/список

Пр - относительная длительность разработки программы (обратная к относительной эффективности).

Данные получены при реализации алгоритма входной обработки набора аналоговых сигналов со сравнением их с уставкой и формированием сводного логического сигнала о выходе за уставку хотя бы одного из аналоговых сигналов. В качестве текстовых языков применялись С и Фортран, интерпретирующего текстового языка – Бэйсик. Из языков МЭК применялся язык FBD (см. рис. 4). Сравнительная эффективность алгоблочного языка верхнего уровня и языка FBD реализации ISAGRAF на одинаковых аппаратных средствах (процессор 133 МГц) – алгоблоков – не менее 500, период исполнения 110 мс, FBD – 50 функциональных блоков с тем же периодом.

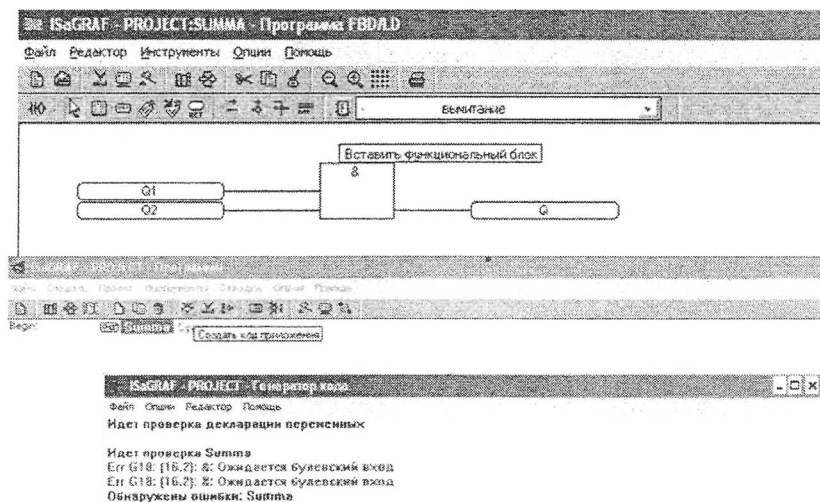


Рис.4. Пример фрагмента программирования на языке МЭК 61131-3 в среде ISAGRAF – последовательность обнаружения синтаксической ошибки

В пятой главе дан анализ практической реализации системно-ориентированного подхода к построению автоматизированных систем реального времени.

Среди рассмотренных системы на ОАО «Каустик», где удалось разработать и реализовать структуру перекрестного резервирования всей системы (рис.5). При этом перекрестно дублируются как АРМы и процессора верхнего уровня, так и каналы связи с крейтами УСО и сами модули ввода и вывода, то есть при отказе, например, первого модуля ввода из первого крейта УСО и второго модуля ввода из второго крейта система продолжает нормально выполнять все свои функции. Выбор достоверного входного сигнала осуществляется специализированным алгоблоком резервирования одним на все модули ввода. Функцию выбора осуществляет исправный модуль центрального процессора, которого в свою очередь определяет блок управления резервированием.

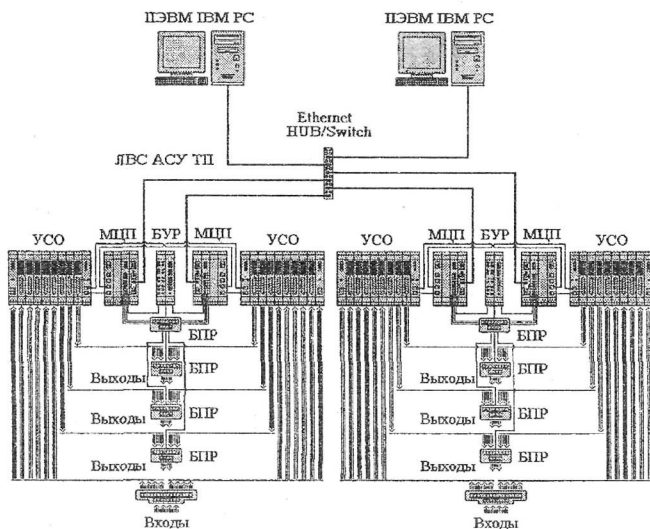


Рис.5. Система управления установкой цеха 21

Все алгоритмы для данного объекта как в контроллерах, так в АРМ реализованы на алгоблоках верхнего и среднего уровня (рис.6).

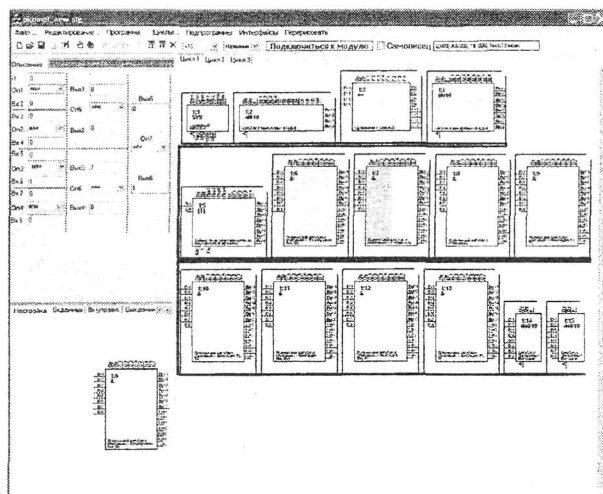


Рис.6. Алгоблочная программа среднего уровня ПАЗ воздушного компрессора

Другим интересным по масштабу объектом является АСУ ТП Радио-химического (РХЗ) Сибирского химического комбината (СХК), которая включает в себя ряд локальных АСУ ТП отдельных технологических участков и отделений, в том числе довольно крупных (до тысяч каналов ввода-вывода), которые постепенно интегрируются в единую многоуровневую сетевую структуру. Большинство систем обеспечивают как функции контроля, так и управления, включая блокировки, обычное и каскадное регулирование и имеют такт реального времени 0,2-0,25 сек. Отдельные подсистемы включают десятки контуров регулирования и сотни сигналов блокировок. Все управляющие подсистемы работают в режиме «горячего резервирования», в то время как информационная часть обычно не резервируется с целью снижения общей стоимости системы (рис.7). Система интересна реализацией всех функций обработки, управления и резервирования, как на уровне контроллеров, так и на АРМах в среде алгоблочного технологического программирования верхнего уровня (рис.8). В процессе построения:

- выполнена унификация настроек для регуляторов с выходом ШИМ и с аналоговым выходом,
- выполнен учет неравномерности выходного воздействия и обеспечено задание зоны нечувствительности по входу и др.

- впервые при обработке входного аналогового сигнала регуляторов применены алгоблоки фильтров, включающие наряду с экспоненциальным сглаживанием фильтрацию выбросов, обеспечивающую отсечку кратковременных сильных помех (выбросов) (Рис.8).

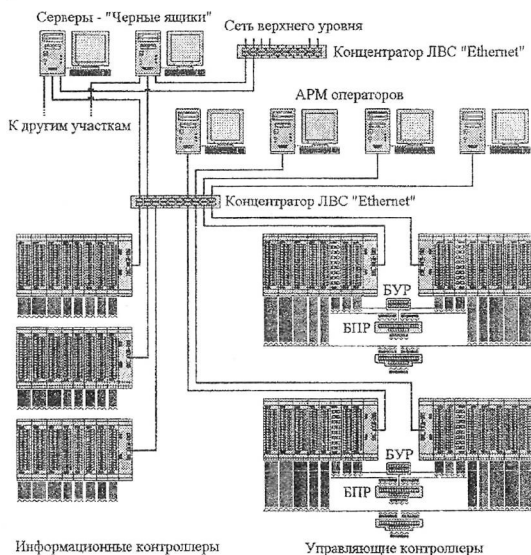


Рис.7. Структура АСУ ТП одного из технологических участков РХЗ СХК

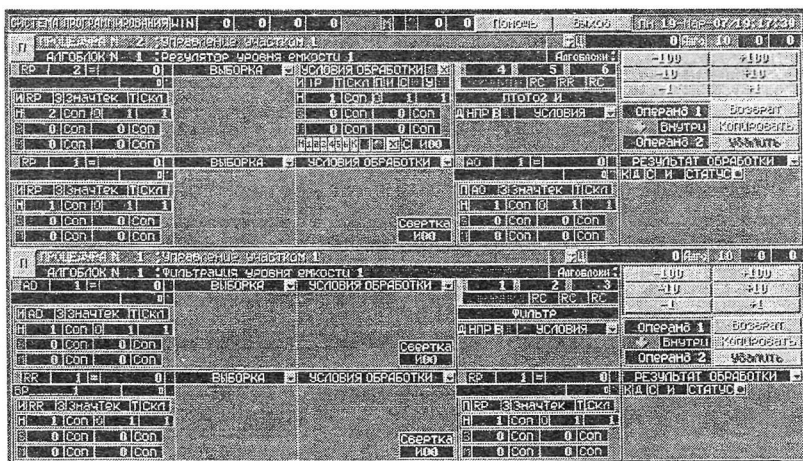


Рис.8. Алгоблоки ПИД-регулятора с ШИМ-выходом и фильтра выбросов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенный анализ существующих программно-технических средств построения АСУ ТП показал, что они обладают рядом недостатков (недостаточно удовлетворены требования реального времени, отсутствуют самодостаточные средства графического технологического программирования), что ограничивает совершенствование технических характеристик АСУ ТП.

2. Установлено, что преодоление этих трудностей возможно путем системно-ориентированного подхода к созданию АСУ ТП.

3. Разработана алгоблочная среда технологического программирования, которая позволяет сократить время проектирования и освоения, а также полностью исключить синтаксические ошибки и значительно сократить алгоритмические.

4. Показано, что построенные на основе системно-ориентированного подхода программно-аппаратные средства АСУ ТП (ПТК УМИКОН) и, прежде всего, средства алгоблочного технологического программирования позволяют создавать, эксплуатировать и развивать весь комплекс современных автоматизированных систем:

- по масштабу - от локального регулятора до распределенной системы на тысячи каналов ввода-вывода и сотни контуров управления;
- по функциям и степени их автоматизации: от информационно-учетной системы до полностью автоматической системы управления и регулирования;
- по доступности для пользователей: многие системы не только сопровождаются и развиваются, но и создаются технологическим и сопровождающим персоналом объектов внедрения.

5. Разработаны автоматизированные средства обучения как технологическому программированию, так и построению систем в целом, которые использовались при создании реальных систем.

6. С применением данного подхода разработаны и внедрены следующие АСУ ТП:

- Радио-химический и Реакторный заводы Сибирского химического комбината, г.Северск Томской области,
- АТЭЦ Реакторного завода Горно-химического комбината, г. Железногорск Красноярского края,
- ОАО «Каустик», г.Волгоград,

- ОАО «Михайловский ГОК», г.Железногорск Курской области,

- РНИЦ «Курчатовский институт», г.Москва.

Внедренные системы позволили повысить надежность и эффективность технологических процессов, а инструментальные средства были освоены специалистами по автоматизации предприятий, что ускорило внедрение и облегчило сопровождение.

Результаты работы показывают, что поставленную цель применения принципов системного подхода при создании средств проектирования АСУ ТП и использования их для разработки и внедрения конкретных АСУ ТП в т.ч. для атомной и химической промышленности можно считать достигнутой.

ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. Лебедев В.О. Опыт создания и применения семейства алгоблочных языков технологического программирования как результат системно-ориентированного подхода к инструментальным средствам разработки АСУ ТП // Промышленные АСУ и контроллеры. 2007. № 3,4.
2. Власов В.А., Лебедев В.О. и др. Системно-ориентированное программирование как средство решения задач реального времени // Промышленные АСУ и контроллеры. 1999. №1
3. Власов В.А., Лебедев В.О. и др. Программно-техническая реализация системы раннего обнаружения и устранения чрезвычайных технологических ситуаций в системах управления экологически опасным производством // Приборы и системы управления. 1997. № 8.
4. Коваленко М.А., Лебедев В.О. и др., От комплекса МикСИС к ПТК УМИКОИ. Особенности, внедрение, развитие // Промышленные АСУ и контроллеры. 2004. № 4.
5. Лебедев В.О. и др. Структура и основные особенности программного комплекса создания систем управления «МикСИС» ПТК «УМИКОИ». Промышленные АСУ и контроллеры. 2004. № 1 с.35-41
6. Власов В.А., Лебедев В.О. и др. Особенности организации сетевого обмена в АСУТП реального времени // Промышленные АСУ и контроллеры. 1999. № 4.
7. Власов В.А., Лебедев В.О. и др. Методы повышения надежности информационного обмена в АСУТП реального времени // Промышленные АСУ и контроллеры. 1999. № 12.
8. Лебедев В.О., Обиосов А.В. и др. Прикладной пакет создания АСУТП и конструирования интерфейса оператора MikSys // Приборы и системы управления. 1999. №9.
9. Власов В.А., Лебедев В.О. и др. Программные средства построения АСУТП MikSys // Приборы и системы управления. 1998 № 8.
10. Лебедев В.О. и др. Построение надежных и производительных многоплатформенных АСУТП на базе комплекса ПО МикСис. Промышленные АСУ и контроллеры. 2003. № 2.

Подписано в печать: 18.02.2009

Заказ № 1607 Тираж - 100 экз.

Печать трафаретная.

Типография «11-й ФОРМАТ»

ИНН 7726330900

115230, Москва, Варшавское ш., 36

(499) 788-78-56

www.autoreferat.ru