

На правах рукописи

ЗВОЛЬСКИЙ ЛЕОНИД СТАНИСЛАВОВИЧ

МЕТОД ФОРМАЛИЗОВАННОГО СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ
АВТОМАТИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

05.13.06 – Автоматизация и управление
технологическими процессами и производствами (машиностроение)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Барнаул –2007

Работа выполнена в Федеральном государственном унитарном предприятии
«Федеральный научно-производственный центр "Алтай"»

Научный руководитель:

доктор технических наук,
доцент Попов Федор Алексеевич

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор
Татаркин Евгений Юрьевич
Кандидат технических наук, доцент
Сонькин Михаил Аркадьевич

Ведущая организация:

Томский университет систем управления и
радиоэлектроники (ТУСУР г. Томск)

Защита диссертации состоится 28 мая 2007 года в 10 часов на заседании регионального диссертационного совета КМ212.004.01 в ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» по адресу: 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова».

Автореферат разослан 28.04 2007 г.

Ученый секретарь регионального
диссертационного совета к.э.н., доцент

А.Г. Блем

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Экономический спад советской, а затем и российской промышленности наметившийся к концу 80-х началу 90-х годов привел к значительному сокращению финансирования научных и практических разработок в большинстве направлений народно-хозяйственной деятельности.

Такое состояние значительно повлияло на внедрение современных информационных технологий, особенно в оборонной промышленности, где реализуются потенциально опасные технологии и предъявляются особые требования к системам и качеству выполнения работ. Известные сегодня подходы совершенствования технологий управления промышленными объектами и предприятиями требуют «революционных» кадровых и структурных реорганизаций и для большинства действующих предприятий неприемлемы. Однако, в настоящее время, эффективное функционирование любого предприятия невозможно представить без внедрения современных автоматизированных систем и методов управления.

Поэтому, для действующих предприятий наиболее приемлемым является эволюционный путь, обеспечивающий постепенную переподготовку кадров и структурную реорганизацию, по мере внедрения новых методов управления промышленными объектами и предприятиями. Эффективность при этом достигается за счет внедрения и построения современных автоматизированных систем, которые в работе рассматриваются не как «чистые» АСУТП, а как системы промышленной автоматизации (СПА), создаваемые с учетом и использованием новых информационных технологий, тенденций и подходов. Неверно выбранные стратегии организации управления (как с помощью АСУ, так и без них), в обычной практике приводят к тому, что ошибки становятся очевидными лишь при практической реализации решений.

Это, зачастую, приводит к значительным материальным потерям, обусловленным отсутствием эффективных способов тестирования и контроля принимаемых решений на начальных стадиях проектирования систем.

Метод формализованного проектирования, конструирования и программирования (*в дальнейшем просто «создания»*) СПА, обеспечивает возможность коллективного анализа принимаемых решений, виртуального моделирования, тестирования, корректировки и выбора оптимальных решений, до начала их реализации. Это позволяет принимать выверенные решения на начальных стадиях создания систем, сберегать материальные ресурсы, повышать производительность инженерного труда, так же снизить влияние субъективного фактора на качество принимаемых решений и повысить их эффективность, что является достаточно актуальной задачей для исследуемой области.

Цели и задачи работы состоят в разработке и внедрении метода формализованного создания СПА, позволяющих на виртуальном уровне (без использования объектового оборудования), выполнять значительную часть проектных и конструкторских работ, создавать документы и программные продукты, которые затем используются при практической реализации и внедрении СПА.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- разработка типовых структур СПА;
- разработка новых технических конструкций для создания систем;
- разработка формализованных алгоритмов для программирования систем;
- разработка новых структур СПА с улучшенной функциональной надежностью;
- исследование принципов функционирования человеко-машинных систем и поиск путей повышения их эксплуатационной надежности.

Объект, предмет и методы исследования. В качестве объектов исследования выбраны действующие в ФГУП ФНПЦ «Алтай» технологические процессы изготовления изделий на основе взрывчатых веществ (ВВ) общепромышленного назначения.

Предметом исследования являются процессы инженерной деятельности реализуемые при создании СПА.

При выполнении работы использовались методы системного анализа, теории вероятности, теории массового обслуживания, методы имитационного и компьютерного моделирования, метод экспертных оценок.

В работе используются теоретические и методологические подходы российских и зарубежных ученых, в области создания СПА для технологических объектов с дискретным характером производственных процессов.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- создан научно-обоснованный метод, обеспечивающий интеграцию четырех функционально разделенных в обычной практике процессов инженерной деятельности, реализуемых при создании СПА и позволяющий виртуально моделировать, коллективно анализировать и тестировать необходимые процессы до их практической реализации с целью поиска оптимальных решений;
- найден и реализован подход, позволяющий характеризовать автоматизируемые объекты, не физико-химическими явлениями и математическими описанием реализуемых технологических процессов, а универсальной системотехнической характеристикой (СТХ), которая обеспечивает достаточную для реализации метода формализацию структур, логических моделей и графических образов.

Практическая значимость работы заключается в том, что:

- внедрение методов формализованного создания СПА на основе виртуальных моделей, который обеспечивает повышение производительности инженерного труда вдвое, на всех стадиях создания СПА – от технического задания до внедрения и сопровождения систем, что позволяет сократить время адаптации виртуальных структур к реальным объектам;
- разработан и используется в инженерной практике специализированный программный конфигуратор, позволяющий на основе универсальной СТХ конструировать составные части, моделировать графические образы и структуры СПА, исследовать и тестировать их на начальных стадиях создания, что снижает практические риски аварий при «прогонке» системы с использованием уникального объектового оборудования;
- предложен формализованный алгоритм разработки и реализации программ автоматизированного дистанционного управления сложными промышленными объектами не имеющий логических тупиковых ветвей, что повышает качество управления процессами;
- реализованы структурные схемы СПА с улучшенной функциональной надежностью, основанные на способе логического резервирования составных частей системы.
- На основе полученных результатов разработаны три типовые конструкции устройств связи с объектом (УСО), проектные документы и программные продукты, обеспечивающие «быструю» адаптацию формализованных структур в случае принятия решений направленных на практическое создание СПА.

Внедрение метода позволило создать комплексную лабораторию и инициировать получение в 2002 году Государственной лицензии «Д-304412, рег. № ГС-6-22-02-21-0-2204001038-00554-1» на право самостоятельного (без услуг Генпроектировщика) выполнения работ по созданию СПА для потенциально опасных технологических процессов. За разработку и внедрение СПА для производства ВВ, автору в 2002 году, в составе коллектива, присуждена премия Правительства Российской Федерации, а в 2003 году вручена Почетная грамота Российского агентства по боеприпасам, которая имеет статус Правительственной награды.

Реализация результатов работы. Методы формализованного создания СПА на основе виртуальных структур применяются на действующем предприятии (ФГУП ФНПЦ «Алтай») в течение ряда лет, где созданы различные СПА для производства ВВ.

В полном объеме эффективность методов была проверена при создании и внедрении СПА различного назначения, созданных в кратчайшие сроки для выполнения шести международных контрактов с подписанием актов внедрения.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались на научно-практических конференциях ФГУП ФНПЦ «Алтай», Алтайском государственном университете и представлены в различных публикациях. По теме работы в открытой печати опубликовано 19 статей, в том числе 1 статья в журнале определенном ВАК.

На защиту выносятся:

- метод проектирования, конструирования, программирования и сопровождения СПА для технологических процессов с дискретным характером функционирования;
- формализованное конструирование УСО с улучшенными функциональными характеристиками;
- интерактивный алгоритм разработки программного обеспечения и применимость новых схемных решений для повышения функциональной надежности систем.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка используемой литературы. Материал изложен на 152 страницах, включает 27 рисунков, 19 таблиц и 4 приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность, научная новизна и практическая значимость работы, приведен анализ научных подходов в исследуемой сфере и дана оценка существующим подходам их преимуществам и недостаткам, изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены теоретические основы структурного анализа различных СПА.

Одна из фундаментальных задач в этой области состоит в выявлении подходов и новых методов создания оптимальных структур по формализованным законам их функционирования.

В диссертации выполнен структурный анализ формализованной на начальном этапе исследований модели в виде «черного ящика».

Такой подход позволяет, определенным образом, формализовать процессы создания СПА на виртуальном уровне (с помощью компьютерного моделирования) для каждой из четырех стадий: проектирования, конструирования, программирования, и сопровождения систем.

В теории управления и исследовании операций различают два вида моделей «*черных ящиков*»: к первому виду относят объекты, реакция которых на возмущение определяется однозначно, это своего рода цифровые автоматы; второй вид обнаруживает свои свойства только в результате эксперимента, когда изучается его реакция на возмущение.

В диссертации обоснованы и исследуются модели первого вида, которые позволяют значительно упростить задачи построения структур СПА.

При таком подходе, любой управляемый процесс рассматривается как система (*модель*), на вход которой воздействует обобщенный вектор (С) или операнд.

С помощью оператора перехода (Т) вектор (С) преобразуется на выходе в соответствующий вектор (Е), определяющий образ выхода.

Для оценки качества или правильности функционирования такой системы необходим либо «*сторонний наблюдатель*», который формирует вектор (С) и по результатам вектора (Е) оценивает работоспособность оператора (Т), либо некое техническое устройство, способное выполнять задачу «*наблюдателя*».

Системы, где часть функций наблюдения за поведением технологической структуры выполняется совместно «*оператором системы и техническими средствами*» определены в научной литературе как эргатические системы.

В обобщенном виде, используя модели формализованного взаимодействия указанных составляющих (С, Т и Е) можно синтезировать полную структуру любой сложной системы.

На рисунке 1 показана синтезированная формализованная структура СПА, которая для объектов любой сложности должна состоять из трех взаимосвязанных систем: организационной системы (Н), технологической (Т) и технической (U).

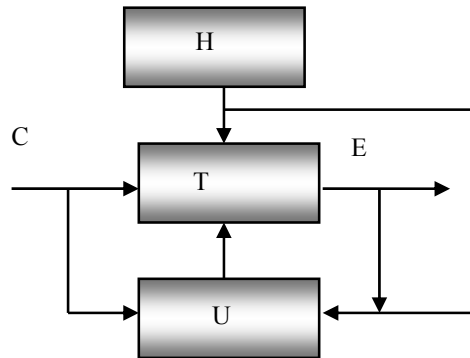


Рисунок 1 – Синтезированная структура сложной системы

Здесь, Н – наблюдатель, Т – технологический объект, U – техническое устройство.

Используя такой подход, названный проф.А.А. Ляпуновым макроскопическим, можно методом декомпозиции «разложить» системы любой «сложности» до требуемого уровня детализации учитывая тот фактор, что каждой из систем любого уровня (*порядка*) свойствен принцип замкнутости информационных контуров (*принцип обратной связи*).

В предлагаемом подходе технологическую систему целесообразно рассматривать как некий дискретный автомат, потребляющий и генерирующий информационные потоки (С и Е) для наблюдателя (Н) и технической системы (U).

Известно, что современные технические средства могут оперировать с различными информационными сигналами (потоками), которые в конечном виде преобразуются к двум основным типам физических сигналов: сигналы, непрерывно меняющиеся во времени (аналоговые) и сигналы, скачкообразно меняющиеся во времени (дискретные).

Тогда, для классификации информационных потоков, а значит и классификации различных систем можно использовать формализованную характеристику, как обобщающий универсальный количественный показатель (*таб.1*), информационных потоков. В диссертационной работе такая характеристика названа СТХ.

Таблица 1. Общий вид СТХ

Наименование сигнала	Кол – во
Входной дискретный сигнал	N1
Выходной дискретный сигнал	N2
Входной аналоговый сигнал	N3
Выходной аналоговый сигнал	N4

Универсальность СТХ состоит в том, что с ее помощью можно достаточно полно описать принципы функционирования различных, как существующих, так и виртуально моделируемых технологических систем с точки зрения организации информационного обмена с технической и организационной системами.

В работе, предложен способ условной классификации объектов, предназначенных для автоматизации, по совокупной сумме сигналов N1-N4 или так называемой информационной мощности систем, которая определяется по формуле (1).

$$I_m = \sum_{i=1}^4 Ni. \quad (1)$$

Теперь, все СПА можно условно разделить на три класса систем:

$I_m \leq 256$ – система малой информационной мощности;

$I_m \leq 512$ – система средней информационной мощности;

$I_m \leq 1024$ – система большой информационной мощности.

Таким образом, с помощью формализованных количественных характеристик, где объем информации и время ее преобразования, являются существенными параметрами системы, можно виртуально синтезировать, оценивать и моделировать различные организационно-технические (эргатические) структуры и создавать формализованные СПА, которые в конечном итоге могут быть адаптированы к реальным процессам и объектам.

Выполненный в работе анализ структур информационных потоков показывает, что до 70% их объема составляют потоки, имеющие дискретную физическую природу.

Этот факт подтверждает выдвинутое ранее предположение, что большинство исследуемых структур функционирует по принципам дискретных цифровых автоматов или могут быть сведенным к этим принципам.

Тогда, функция преобразования входного потока в выходной, для любого (j -го) единичного сигнала в любой момент времени описывается соотношением (2).

$$c_j(t) = T e_j(t), \quad (2)$$

где ($j=1,2,...,m$), а (T) – это оператор, реализующий функцию преобразования сигнала $c_j(t)$ в $e_j(t)$.

Оператор (T) в нашем подходе реализует известную Булеву функцию, хорошо описывающую законы функционирования дискретных автоматов.

Здесь любой единичный сигнал (c_j) может в любой момент времени (t) принимать только два логических значения – ноль (выключено) или единица (включено).

Так построена логика многих дискретных элементов в системной технике, и такой подход позволяет на формализованном уровне описывать законы функционирования систем с помощью единственного параметра, а именно времени преобразования потока входных сигналов (C) в поток выходных сигналов (E). Высказанное утверждение справедливо при одном обоснованном допущении, что любой поток непрерывных сигналов необходимо рассматривать как последовательность сигналов пуска и останова (включения-выключения) примитивных непрерывных процессов. Важным фактором такого формализованного подхода анализа структур СПА является то, что во многих случаях удастся перейти от параметров различной размерности ($кг, мм.рт.ст., температуры, сек. и т.д.$) к величинам характеризующимся единой размерностью, в данном случае временем, а физическая природа различных сигналов (*световых, электрических, звуковых, директивных и др.*) сводится, в конечном итоге, к информационным потокам (дискретным и аналоговым) удобным для обработки современными техническими средствами автоматизации.

Такой метод позволяет не только строить структуры СПА любой сложности, но и выполнять на формализованном уровне работы связанные с проектированием, конструированием составных частей и программированием систем, а так же давать им качественную и количественную оценку.

Для качественной оценки эргатической структуры в целом, можно применять коэффициент производной информации, как отношение объема информации на выходе системы к объему информации на входе.

$$K = \frac{Ve}{Vc}, \quad (3)$$

где K – коэффициент производной информации, а Vc и Ve – объемы выходной и входной информации соответственно.

Если рассматривать информацию как меру организованности системы, то качество функционирования любой системы можно оценивать по энтропии информации, с учетом того, что любой производственный процесс есть закрытая стационарная система. Известно, что изменение энтропии может быть выражено через первую производную по времени.

Тогда, если, (H_x) энтропия системы от воздействия случайного вектора, определяющего внутреннее состояние системы через момент времени (t) после воздействия, то можно получить формальные характеристики любых систем:

$$\frac{dH_x}{d_t} < 0 \text{ – самоорганизующая система;} \quad (4)$$

$$\frac{dH_x}{d_t} > 0 \text{ – деградирующая система;} \quad (5)$$

$$\frac{dH_x}{d_t} = 0 \text{ – стабилизированная система.} \quad (6)$$

Во второй главе рассмотрены принципы структурной организации технологических систем и особенности их построения, для объектов с потенциально опасной спецификой реализуемых процессов и выполнена формализованная декомпозиция технической системы (U) до уровня составных частей.

Определены необходимые и достаточные уровни таких частей для виртуального проектирования СПА. В работе показано, что любая техническая система (рис. 2) состоит из трех частей: первая это собственно вычислительные средства, вторая – это УСО, которое обеспечивает информационную связь между технологической системой и вычислительным устройством, третья – это датчики и исполнительные механизмы (ДИМ), которые, совместно с УСО принимают и преобразовывают информационные потоки (С,Е), к виду удобному для ввода в ЭВМ или вывода на пульт оператора и объект управления.

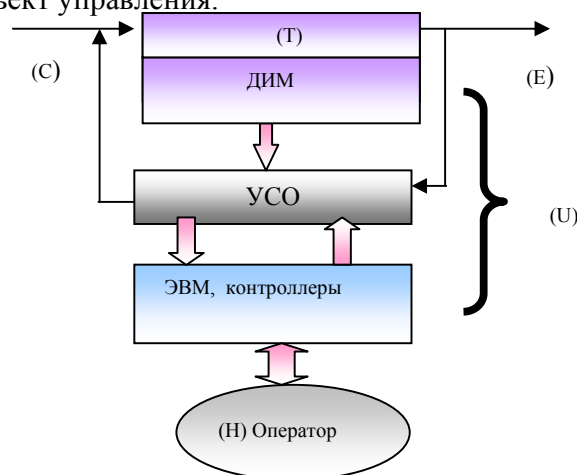


Рисунок 2 – Декомпозиция технической системы до уровня основных составляющих

Анализ структуры технической системы показывает, что в любой СПА основным устройством является УСО, которое обеспечивает реализацию функции информационного обмена между

системами, а оператор в таких структурах является представителем организационной системы. Он «закрывает» на себя часть контуров управления и контроля с целью анализа информационных потоков систем (Т и У) и принятия решений по управлению процессом.

На примере виртуальной СПА, ориентированной на управление оборудованием в потенциально опасной зоне, показаны правила формализованного графического моделирования документов на стадии проектирования, объем которых является достаточным для конструирования реального УСО.

Приведены инженерные расчеты, подтверждающие возможность виртуального конструирования УСО для СПА различной информационной мощности, на основе универсальной СТХ и показаны формализованные методы выполнения необходимых работ для реализации «перехода» от виртуальных структур к реальным образам.

Например, для трех распределенных объектов, с СТХ приведенными в таблице 2, виртуальное УСО (УСО_в) конструируется таким образом, что бы его информационная мощность была максимальной из всех возможных вариантов для этих объектов.

Таблица 2. СТХ для трех виртуальных объектов

Сигнал		ОУ-А	ОУ-В	ОУ-С
Дискретный поток	входной	<u>a_1</u>	b_1	c_1
	выходной	a_2	<u>b_2</u>	c_2
Аналоговый поток	входной	a_3	b_3	<u>c_3</u>
	выходной	<u>a_4</u>	b_4	c_4

Информационная мощность виртуального УСО (Im_v) в этом случае будет определяться выражением (7).

$$Im_v = a_1 + b_2 + c_3 + a_4, \quad (7)$$

где a_1 , b_2 , c_3 и a_4 , наибольшие значения информационных потоков разных типов сигналов, выбранных для каждого объекта в отдельности (в таблице такие сигналы выделены и подчеркнуты).

С помощью УСО_в обеспечивается управление любым из трех объектов – А, В или С, так как его информационная мощность «перекрывает» любую из требуемых. Тогда объекты управления становятся для такого УСО идентичными (на логическом уровне) с точки организации информационного обмена по любому известному протоколу.

Для виртуального моделирования УСО_в и исследования структурных схем СПА с различной информационной мощностью, разработан специализированный программный продукт – «ВОХ 2004». Это виртуальный конфигуратор, который в режиме трехмерной графики, позволяет конструктору моделировать, исследовать и выбирать оптимальные конфигурации УСО_в для их практической реализации.

На рисунке 3 представлена формализованная графическая модель (функциональная схема) виртуальной СПА, на примере которой в работе показаны основы конструирования УСО_в для объектов с потенциально опасной спецификой производственных процессов.

Схема реализует дистанционный режим управления стендом мойки оборудования, в котором находятся остатки взрывоопасной смеси и обеспечивает блокировку работы оборудования (аварийную остановку), если по каким – либо причинам открывается дверь в помещении.

СТХ исследуемого виртуального объекта приведена в таблице 3 и использована для конструирования виртуального УСО,

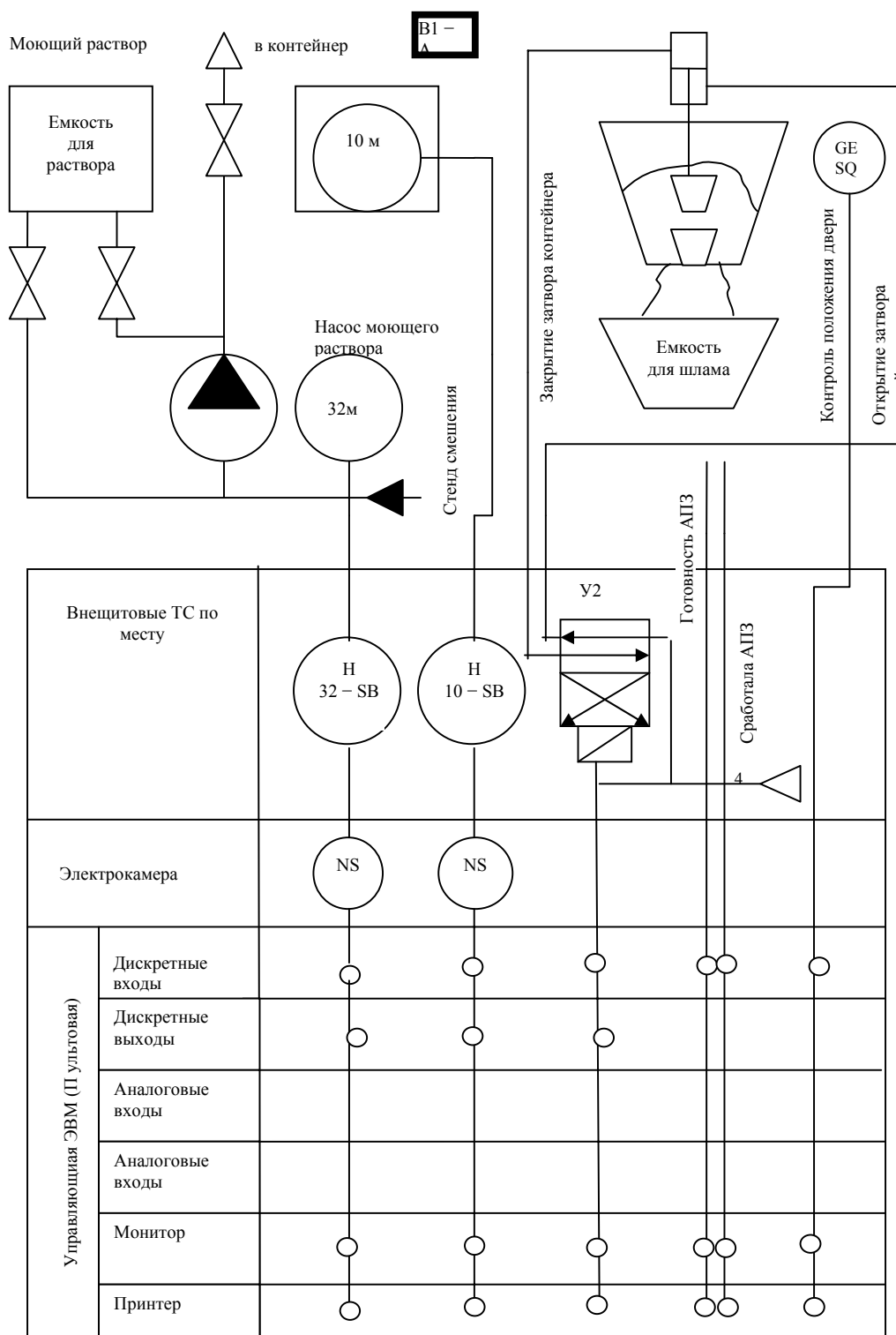


Рисунок 3 – Функциональная схема виртуальной СПА станда мойки оборудования

Ниже, на рисунке 4 представлено виртуальное УСО, сконструированное с помощью программного конфигуриатора «BOX-2004» с использованием СТХ, приведенной в таблице 3

Таблица 3. СТХ для конструирования УСО

Сигнал		СТХ
Дискретный поток	входной	6
	выходной	3
Аналоговый поток	входной	-
	выходной	-

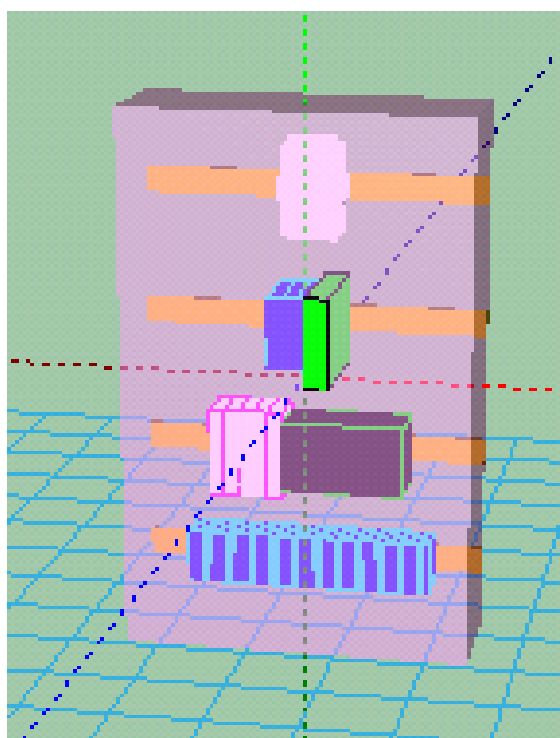


Рисунок 4 – Конструкция УСО_в для стенда мойки оборудования, реализованная с помощью программы «BOX-2004»

В конце главы, приведены примеры графического формализованного начертания виртуальных схем, которые в последствии используются в основном комплекте проектной документации.

В третьей главе выполнен анализ комплектности проектной документации и показано, какие, и какое количество (около 50% от объема), документов можно выполнить на начальных стадиях виртуального создания СПА и затем использовать их при практической реализации принятых на формализованном уровне решений.

Показано, что принципы взаимодействия (Т) и (U) как цифровых автоматов исключают наличие тупиковых логических состояний технологической системы, что позволяет строить логику управления по формализованному алгоритму.

В повседневной практике таким формализованным алгоритмом является регламент, в котором описаны лишь общие принципы функционирования технологической системы.

Однако даже такой информации достаточно, для разработки виртуального алгоритма управления и диагностирования всех состояний объектового оборудования в масштабе реального времени при его реализации.

Для приведенного выше примера СПА реализующей управление стандом мойки оборудования, такой регламент или директивный алгоритм, выглядит следующим образом:

- процесс выполнить в дистанционном режиме;
- закачать моющий раствор в контейнер;
- включить двигатель станда мойки;
- вращать контейнер в течение времени (Т);
- остановить вращение;
- вылить раствор в емкость для шлама;
- остановить все операции, если открыта дверь.

Разработанный формализованный алгоритм (рис. 5) обеспечивает выполнение функций непрерывного «сканирования» технической системой выходного информационного потока (Е), для распознавания реакции технологической системы на возмущения вектора (С).

Непрерывно сравнивая модель управления объектом (MUi) с моделью его ожидаемого состояния (MSi), в любой сколь угодно малый период времени (ti) такой алгоритм позволяет удерживать объект управления в стабилизированном режиме при любых форс-мажорных обстоятельствах, возникающих на нем.

В случае рассогласования фактической и ожидаемой модели, объект управления переводится в стационарное безопасное состояние. Алгоритм отлаживается на виртуальных моделях, без использования объектового оборудования с выявлением всех несостоятельных логических решений до его практической «прогонки» на объектовом оборудовании.

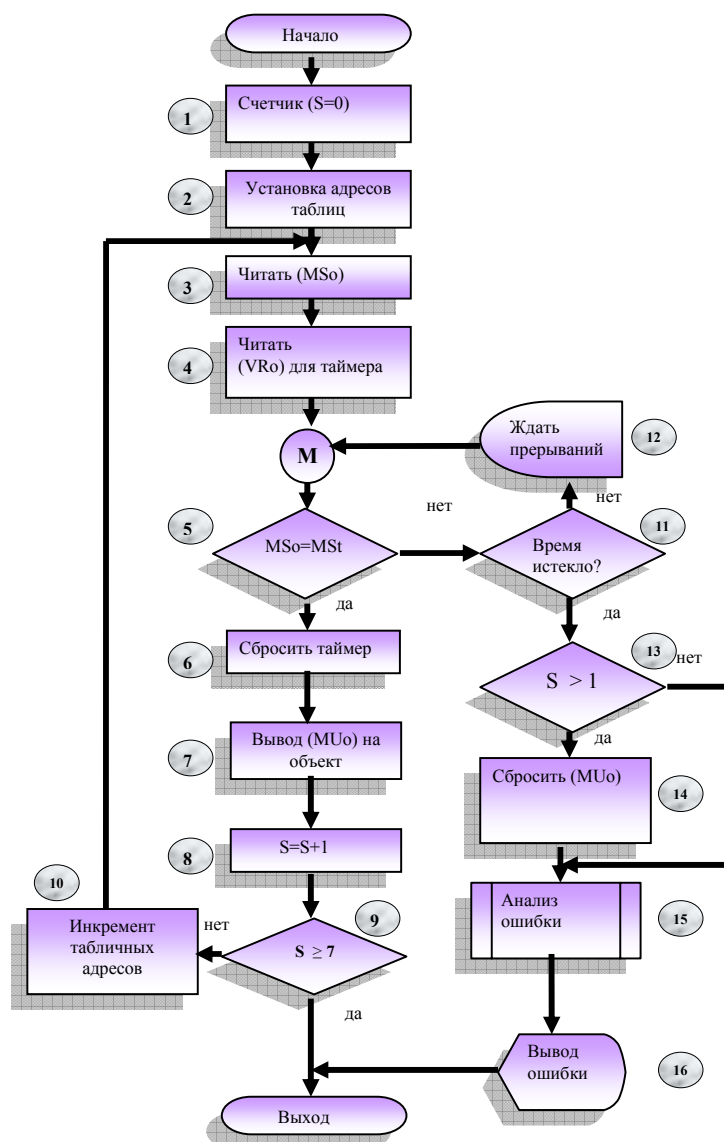


Рисунок 5 – Блок-схема для разработки формализованных программ управления СПА

Формализованные логические модели управления (MU) и модели состояния (MS) адекватно описывают реакцию, и состояние технологической системы в любой сколь угодно малый момент «дискрет» времени, ограниченный только максимально возможной частотой сканирования (*быстродействием технической системы*) выходного вектора (E).

Учитывая функциональные возможности современных ТСА, можно утверждать, что с точки зрения реально протекающих процессов в технологических системах, практически осуществляется непрерывное (*примерно через 20-50мс*) сканирование состояния выходного вектора (E), и, следовательно, техническая система «следит» за «поведением» управляемого объекта постоянно –

в реальном масштабе времени. Алгоритм обеспечивает надежный многоуровневый логический контроль реализации любого шага управления.

Контроль исполнения управляющих воздействий технологической системой, выполняется и по времени, и по ожидаемому изменению модели состояния (MS_i) для любого, (i -го) воздействия, где (i) есть номер текущей модели управления.

По рассогласованию ожидаемой и текущей модели состояний легко определяется причина такого рассогласования.

В этом смысле алгоритм «работает» и как управляющий и как диагностирующий и даже как обучающий.

При реализации алгоритма в полной мере используются принципы функционирования цифровых дискретных автоматов. «Переход» от формализованных моделей к реальным образам, выполняется при заполнении так называемых «автоматных таблиц», описывающих модели управления и модели состояния (табл. 4 и табл. 5 соответственно) в любой момент времени его функционирования. Такая таблица может корректироваться и самим технологом без изменения алгоритма программ управления.

Здесь, в качестве примера, показаны принципы формирования автоматных таблиц для 16-битных регистров ввода-вывода информации.

Ячейки, помеченные символом (-) означают, что это резервный бит регистра, который может быть использован при наращивании информационной мощности СПА.

Таблица 4. Модели управления виртуальным объектом

Адрес потока MU	Резерв	Резерв	Резерв	Резерв	Резерв	Резерв	Резерв	Упр. M 32	Резерв	Упр. M10	Резерв	Упр. Y2	Резерв	Резерв	Резерв	Резерв
MU0	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0	-	0	-	-	-	-
MU1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	0	-	0	-	-	-	-
MU2	-	-	-	-	-	-	-	0	-	1	-	0	-	-	-	-
MU3	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0	-	1	-	-	-	-
MU4	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0	-	0	-	-	-	-
MU5	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0	-	0	-	-	-	-
MU6	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0	-	0	-	-	-	-

Таблица 5. Модели состояний виртуального объекта

Адрес потока MS	Резерв	Резерв	Резерв	M32 «Включен»	M32 «Выключен»	M10 «Включен»	M10 «Выключен»	Пробка открыта	Пробка закрыта	Готовность АПЗ	Резерв	Сработала АПЗ	Резерв	Двери открыты	Двери закрыты	Резерв
MS0	-	-	-	0	1	0	0	0	1	1	-	0	-	0	1	-
MS1	-	-	-	1	0	0	0	0	1	1	-	0	-	0	1	-
MS2	-	-	-	0	1	1	0	0	1	1	-	0	-	0	1	-
MS3	-	-	-	0	1	0	1	1	0	1	-	0	-	0	1	-
MS4	-	-	-	0	1	0	0	0	1	1	-	0	-	0	1	-
MS5	-	-	-	0	1	0	0	0	1	1	-	1	-	1	1	-
MS6	-	-	-	0	1	0	0	0	1	1	-	1	-	0	0	-

Автором неоднократно и с успехом применялся этот метод при реализации СПА на таких технических средствах как ЭВМ «СМ-4» и «Электроника-60», выполнявшей функции УСО, а программы управления реализовывались на машинно – ориентированном языке – МАКРО 11 или обычном АССЕМБЛЕРЕ.

При программировании на современных языках высокого уровня (Delphi и др.) для реализации метода достаточно использовать виртуальный буфер памяти, имитирующий регистры ввода-вывода информационных потоков, как это обычно выполняется на машинно-ориентированных языках.

В четвертой главе показаны пути повышения функциональной надежности СПА при их сопровождении в производственных условиях.

На основе анализа эволюции структур СПА, найдены и обоснованы принципиально новые структуры, обеспечивающие высокую функциональную надежность. Принцип их построения заключается не в физическом, а в логическом резервировании структурных составляющих. На рисунке 6 приведена структурная схема системы промышленной автоматизации, которая может быть создана для трех различных технологических объектов управления и реализация которой обеспечит логическое резервирование элементов, составляющих такую структуру.

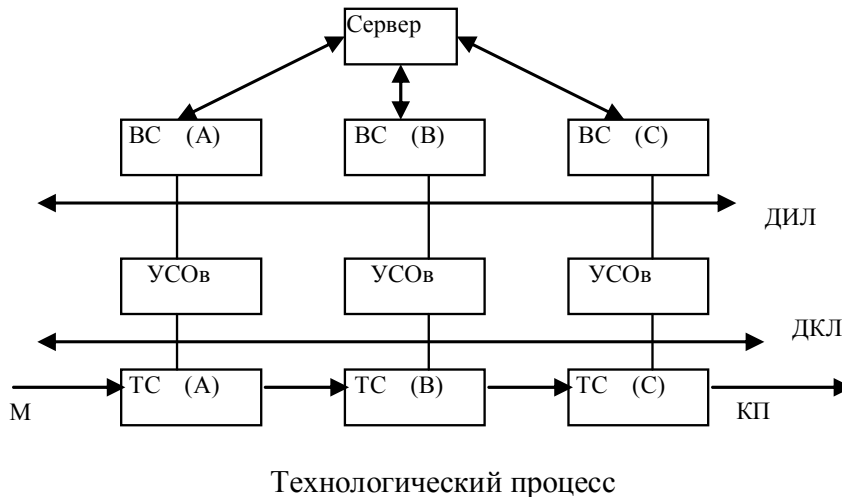


Рисунок 6 – Структурная схема СПА для трех объектов, реализующая метод логического резервирования

Здесь, ВС – вычислительная система; ТС – технологическая система; М – материалы; КП – конечный продукт; ДИЛ и ДКЛ – двунаправленные информационные и коммутационные линии для организации связи структур по типу «каждый с каждым».

Реализован прототип такой структуры построенной на методе нисходящего логического супервизора, для трех технологических систем

Подобная схема может быть реализована только на основе новых конструкций УСОВ, которые позволяют рассматривать все примитивные объекты управления как типовые формализованные структуры, а управляющие программы должны строиться по формализованному алгоритму взаимодействия технических и технологических систем, как цифровых автоматов.

Неидентичность внутренних структур технологических систем (А, В и С) «сглаживается» контроллерами связи (на схеме не показаны), реализующими типовые протоколы информационного обмена между системами и формализованным программно-логическим алгоритмом.

Высокая функциональная надежность обеспечивается за счет УСО_в, для каждого из которых на логическом уровне любая технологическая система рассматривается как «идентичная» двум другим.

При передаче управления любому УСО_в не возникает конфликтов по управлению объектами, так как «подмена УСО», а так же необходимых программ управления, выполняется на логическом уровне.

При отказах составных частей СПА (ВС, УСО или каналов связи) на логическом уровне komponуется виртуальная СПА способная взять на себя «управление» от временно неработоспособной СПА.

В конце главы выполнен расчет функциональной надежности действующей СПА подтверждающий возможность построения схем по способу логического, а не физического резервирования структур.

Показано, что для эргатических систем функциональная надежность во многом зависит не только от надежности технической системы, но и от надежности функционирования организационной системы, представителем которой является оператор и оперативный персонал.

Для анализа функциональной надежности использовался принцип «максимизации надежности», в соответствии с которым, в исследуемых системах, равнозначно распределяются оценки надежности между оператором и техническими средствами. В качестве метода оценки надежности выбран так называемый «системотехнический», как наиболее целесообразный для оценки надежности формализованных структур. Он построен на вероятностных методах оценки, в отличие от других известных, например, «метод операционно-психофизический», который требует для получения оценочных данных проводить ряд вспомогательных экспериментов на реальных макетах.

Известно, что вероятность безотказной работы системы определяется соотношением (8) и равна произведению вероятностей безотказной работы технических средств и вероятности безошибочной работы оператора.

$$P_1(t_o, t) = P_T(t_o, t) P_{on}(t), \quad (8)$$

где $P_T(t_o, t)$ – вероятность безотказной работы ТСА в течение времени $(t_o, t_o + t)$; $P_{on}(t)$ – вероятность безошибочной работы оператора за момент времени (t) , при условии, что техника в это время работает безотказно.

Здесь (t_o) – общее время работы системы, а (t) – рассматриваемый период работы системы с оператором.

Очевидно, что у каждого конкретного специалиста эта вероятность может быть разной. Тогда в случае «мгновенной» компенсации оператором ошибки с вероятностью (p) , вероятность безотказной работы системы за исследуемый период может быть определена по формуле (9).

$$P_2(t_o, t) = P_T(t_o, t) \{ P_{on}(t) + [1 - P_{on}(t)] p \}. \quad (9)$$

В случае компенсации только отказов ТСА вероятность безотказной работы системы за период (t) вычисляется по формуле (10):

$$P_3(t_o, t) = P_{on}(t) \{ P_m(t_o, t) + P_k(t_o, t, \delta) \}, \quad (10)$$

где $P_k(t_o, t, \delta)$ – условная вероятность безотказной работы системы в течение времени $(t_o + t)$ с компенсацией последствий отказов, при условии, что в момент δ ($t_o < \delta < t_o + t$) произошел отказ.

А вероятность безотказной работы системы с компенсацией ошибок оператора и отказов ТСА определяется по формуле (11).

$$P_4(t_o, t) = \{P_{on}(t) + [1 - P_{on}(t)] p\} [P_m(t_o, t) + P_k(t_o, t, \delta)]. \quad (11)$$

С учетом выражений (8-11) определяется выигрыш по вероятности безотказной работы СПА в целом за счет «быстрого» восстановления ее функциональной надежности.

$$Wp = \frac{P_4(t_o, t)}{P_1(t_o, t)}.$$

Очевидно, что выигрыш надежности увеличивается с ростом (P_{on}) и $P_k(t_o, t, \delta)$ или с увеличением уровня натренированности оператора на компенсации отказов и ошибок.

Таким образом, для повышения функциональной надежности СПА необходимо, помимо увеличения уровня натренированности оператора, уменьшать общее количество оперативных задач, которые ему необходимо решать в реальной обстановке с минимумом резерва времени и максимумом ответственности.

Пути достижения этой цели лежат в отыскании компромисса между автоматизированными и автоматическими контурами управления при синтезе СПА и увеличении нагрузки на аппаратные и программно-логические методы контроля и управления сложными производственными объектами.

Аналогичные требования предъявляются и к оперативному персоналу при сопровождении систем. На примерах формализованных алгоритмов поиска и устранения неисправностей показаны пути повышения эксплуатационной надежности СПА, за счет способов «быстрого» обнаружения и устранения неисправности за период времени (t) .

Показано, что это характерно для технологий реализующих потенциально опасные процессы и таким периодом времени является «межоперационный» временной «задел», специально планируемый в подобных процессах.

В приложениях А, В, С и D приведены соответственно: описание программного продукта «BOX 2004» используемого при виртуальном конструировании УСО, принципы построения схем СПА с логическим резервированием, для трех технологических систем, дана качественная оценка способа виртуального создания СПА и пример практического применения предлагаемых методов для анализа качества действующих структур. В конце работы приложены акты внедрения.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Выполнен комплекс научных исследований, в результате которых разработан и внедрен формализованный метод проектирования, конструирования и программирования СПА на основе виртуальных моделей, для промышленных объектов с дискретным характером производственных процессов и реализуемых на них потенциально опасных технологий.

2. Разработан программный продукт «BOX 2004», обеспечивающий виртуальное конструирование и исследование различных конструкций УСО на основе выявленной при исследовании универсальной СТХ.

3. Предложен формализованный алгоритм разработки программно-математического аппарата для различных СПА, обеспечивающий «быструю» адаптацию разработанных программ при практической реализации проектных решений.

4. Найдены и реализованы способы повышения функциональной и эксплуатационной надежности эргатических структур и показано, что их функциональная надежность зависит не только от надежности технических средств, но и от надежности работы организационной системы представителями которой является оператор системы и оперативный персонал.

5. Формализованное выполнение процессов инженерной деятельности обеспечивает повышение производительности инженерного труда вдвое и снижает влияние субъективного фактора на их качество, за счет возможности компьютерного моделирования и анализа неверно выбранных решений (*стратегий*), на начальных стадиях создания СПА.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ РАБОТЫ.

1. Жарков А.С., Попов Ф.А., Звольский Л.С. Опыт создания АСУ ТП для потенциально опасных производств // Современные средства и системы автоматизации : материалы четвертой научно-практической. – Томск : Изд-во ТУСУР, 2004. – С. 93–99.

2. Жарков А.С., Потапов М.Г., Звольский Л.С. и др. Современные автоматизированные системы управления взрывоопасным технологическим процессом // Современные технологии автоматизации. – 2001. – №1. – С. 40–48.

3. Звольский Л.С., Быстриков В.Т. «Автоматизированный технологический комплекс производства стеклопластиковых изделий» // Автоматизированные системы управления технологическим процессом дискретных производств : тезисы доклада Всесоюзного научно-технического семинара. – Пермь : Пермский дом техники, 1984 .

4. Звольский Л.С., Быстриков В.Т., Макушин В.И. АСУ ТП фазы приготовления связующего // Автоматизированные системы управления технологическими процессами дискретных производств : тезисы доклада Всесоюзного научно-технического семинара. – Пермь : Пермский дом техники, 1984.

5. Звольский Л.С., Кондакова Н.Г. Диспетчеризация выполнения задач в АСУ процессом изготовления стеклопластиковых изделий // Автоматизированные системы управления технологическими процессами дискретных производств : тезисы доклада Всесоюзного научно-технического семинара. Пермь : Пермский дом техники, 1984 .

6. Быстриков В.Т., Звольский Л.С., Чанков А.И. Программное обеспечение многотерминальной диалоговой системы на базе УВК М – 6000 // Передовой производственный опыт. – 1984. – №9. – С. 13–14

7. Жарков А.С., Петров Е.А., Звольский Л.С. и др. Автоматизированный технологический комплекс производства высокопредохранительных ВВ // Вопросы специального машиностроения. 1998. – №5–6. – С. 441–442.

8. Адмаев В.А., Петров Е.А., Звольский Л.С. и др. Опыт построения сложных технологических систем управления с использованием отечественных технических средств на примере производства ВВВ // Оборонная техника. – 2001. – №1. – С.21–22.

9. Звольский Л.С., Чанков А.И., Чанков С.А. Разработка автоматизированной системы прогнозирования последствий аварий на химических предприятиях технологический комплекс производства высокопредохранительных ВВ // Вопросы специального машиностроения. 1998. – №5–6. – С. 441–442.

10. Адмаев В.А., Петров Е.А., Звольский Л.С. и др. Опыт построения сложных технологических систем управления с использованием отечественных технических средств на примере производства ВВВ // Оборонная техника. – 2001. – №1. города «КАСАНДРА» // Измерение, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях (ИАМП-2000) : материалы первой Всероссийской научно-практической конференции. – Бийск : Изд-во АлтГУ, 2000. – С. 125–128.

11. Абрамов Г.Г., Звольский Л.С., Литвинов А.В. и др. АСУ ТП производства базальтовой ваты // Техника и технология производства теплоизоляционных материалов из минерального сырья : материалы первой Всероссийской научно-практической конференции, 23–25 мая, Бийск. – М. : ЦЭИ Химмаш, 2001. – С. 31–32.

12. Абрамов Г.Г., Звольский Л.С., Литвинов А.И. и др. АСУ производства базальтовой ваты // Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных

исследованиях : сб. докл. II Всероссийской научно-практической конференции, 20-21 сентября, Бийск. – М. : ЦЭИ Химмаш, 2001. – С. 10–12.

13. Абрамов Г.Г., Литвинов А.И., Звольский Л.С. и др. Совершенствование автоматизированной системы управления производством базальтовой продукции // Доклады III Всероссийской научно-практической конференции, 3-6 июня, Бийск. – М. : ЦЭИ Химмаш, 2003.-С. 40–44.

14. Вострокнутов Е.В., Звольский Л.С., Левин Б.Я Система управления установкой смешения на основе SCADA – системы // Измерение, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях (ИАМП_2000) : материалы первой Всероссийской научно-практической конференции, 8-9 июня. – Бийск : Изд-во АлтГУ, 2000. – С. 116–120.

15. Звольский Л.С. Логическое резервирование в системах промышленной автоматизации. // Вестник Томского государственного университета.–№298–2006:–С.47-49.

16. Звольский Л.С., Чанков А.И., Масютин Е.А. Виртуально? Нет, реально! // InTech. – Томск : ООО «Проект», 2005. – №1. – С. 44–50.

17. Жарков А.С., Попов Ф.А., Звольский Л.С. Системный подход к информатизации процессов изготовления зарядов РДТТ на основе СРТТ // БП. – 2003 – №3.

18. Быстриков В.Т., Звольский Л.С. Диспетчеризация выполнения задач АСУ процессом изготовления стеклопластиковых изделий // Вопросы специального машиностроения. – 1988. – №5.

19. Abramov G.G., Abramov D.G., Zvol'skiy L.S., ets. Supercritical water oxidation set – up for organic waste and the results of itc testing // Abstracts book of the II International Workshop HEMs – 2006. – Moscow, 2006. – P. 79.