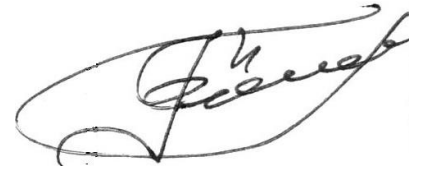


На правах рукописи



Белозеров Владимир Валерьевич

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНЫХ ПОТОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

Специальность:

05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки, отрасль – промышленность)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2017

Работа выполнена в учебно-научном комплексе автоматизированных систем и информационных технологий (УНК АСИТ) ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы» МЧС России

Научный руководитель:	Топольский Николай Григорьевич , доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры ИТ УНК АСИТ ФГБОУ ВО АГПС МЧС России (Москва)
Официальные оппоненты:	Новицкий Владимир Олегович , доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информатики и вычислительной техники пищевых производств ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств» (Москва) Веселов Геннадий Евгеньевич , доктор технических наук, доцент, директор института компьютерных технологий и информационной безопасности ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет» (Таганрог).
Ведущая организация:	ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (Ростов-на-Дону)

Защита диссертации состоится 25 декабря 2017 г. в 14⁰⁰ час. на заседании диссертационного совета Д205.002.01 Академии Государственной противопожарной службы МЧС России по адресу: 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4, зал совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Академии Государственной противопожарной службы МЧС России и на сайте: <http://academygps.ru/upload/iblock/4b0/4b043b173099f3fd24e521ce4393de59.pdf>

Автореферат разослан «01» ноября 2017 г.

Отзыв на автореферат с заверенной подписью и печатью просим направлять в Академию Государственной противопожарной службы МЧС России по указанному адресу.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор технических наук, доцент



С.Ю. Бутузов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность и степень научной проработки темы исследования. Для построения систем автоматизации различного назначения в мире создано большое разнообразие средств разработки, которые предоставляют большую свободу программирования. Использование таких средств оправдано ввиду того, что с их помощью можно создать наиболее безопасные исполняемые программы (загрузочные модули) для ответственных применений. Все эти средства ориентированы на международный стандарт IEC61131, который обеспечивает создание безопасного кода и дает возможность программирования технологического процесса обученному инженеру АСУТП.

Однако некоторые технологические процессы на предприятиях, находятся под техническим контролем специальных надзорных органов для обеспечения безопасного функционирования предприятий. Такие предприятия квалифицируются в законодательстве РФ как опасные производственные объекты (ОПО). К таким объектам предъявляются технические требования безопасности, которые изложены в технических регламентах (ТР) и правилах безопасности (ПБ) и являются обязательными для ОПО. Существенным при этом является то, что в соответствии с 116-ФЗ «О промышленной безопасности» конкретные решения по обеспечению пожаровзрывозащиты ОПО изложены в десятках ПБ (например, для растительного сырья - ПБ 14-586-03, ПБ-03-517-02, для нефтехимии - ПБ-613.5, ПБ-09-540-03 и т.д.), что создает предпосылки к ошибкам при проектировании.

При создании проектов для ОПО функции выполнения требований ТР и ПБ возложены на проектную организацию, а качество их выполнения подтверждается государственной экспертизой проекта. Выполнение требований ТР и ПБ в управляющих программах АСУТП подтверждается только протоколом между хозяйственными субъектами по методике испытаний АСУТП, которую они сами же и составляют. В некоторых случаях (зарубежные системы) протоколы и методики отсутствуют вообще.

Таким образом, возникает **научная задача** создания моделей и алгоритмов, позволяющих реализовать задачу автоматизации ОПО строго по проекту (автоматически) и провести тестирование (без объекта). При таком подходе требования ТР и ПБ будут выполняться всегда, независимо от человеческого фактора при разработке, внедрении или модернизации АСУТП.

В основе настоящего исследования, помимо собственного опыта разработки и внедрения АСУТП, лежат результаты работ отечественных ученых, с которыми автор взаимодействовал в своей исследовательской деятельности:

в Южном федеральном университете – д.ф.-м.н. Буйло С.И., д.т.н. Белозеров В.В., д.ф.-м.н. Панченко Е.М., к.ф.-м.н. Рейзенкинд, к.т.н. Босый С.И. и др. (в области моделирования устойчивости и безопасности объектов и практического применения моделей вероятностно-физического, термодинамического и системного подходов в автоматизации испытаний материалов и изделий);

в Академии ГПС МЧС России – д.т.н. Топольский Н.Г., д.ф.-м.н. Прус Ю.В., к.т.н. Олейников С.Н. и др. (в области создания автоматизированных интегрированных систем безопасности и управления объектами и т.д.).

Поэтому представляется актуальной разработка моделей и алгоритмов автоматизации создания АСУТП ОПО, а решение поставленной **научной задачи** осуществляется в два этапа:

первый - создание моделей и алгоритмов, которые позволяют автоматизировать создание АСУТП, включая разработку программного обеспечения и его тестирование,

второй - разработка программно-технического комплекса («имитатора»), с помощью которого можно осуществлять полную проверку всех исполняемых алгоритмов и задач без объекта автоматизации с диагностикой их работоспособности, включая соответствие требованиям пожарной взрывобезопасности моделируемых инцидентов и аварий.

Объект исследования – существующие методы, средства и системы разработки АСУТП (аппаратно-программные средства и средства наладки, методики и программы натурных испытаний) и реализации требований пожарозврывобезопасности поточно-транспортных систем (ПТС) ОПО.

Предмет исследования – процессы проектирования, программирования и функционирования АСУТП, включая принципы и средства автоматизации различных процессов (технологических, информационных, защитных и т.д.) в АСУТП ПТС ОПО.

Цель исследования – разработка и реализация моделей и алгоритмов автоматизации пожарозврывоопасных поточно-транспортных систем путем создания программно-технического комплекса, обеспечивающего разработку и проверку работоспособности АСУТП ОПО, а также «виртуального прогона» всех режимов функционирования, включая имитацию инцидентов и аварий, чтобы исключить «человеческий фактор» и снизить трудоемкость при создании АСУТП ОПО.

Для достижения сформулированной цели были поставлены и решены *следующие задачи:*

1. Проведен анализ теоретических подходов и принципов разработки АСУТП ОПО.

2. Разработана классификация всех средств АСУТП ОПО как функционально-технологических элементов объекта (ФТЭО).

3. Формализован процесс проектирования комплекса технических средств (КТС) АСУТП ОПО с целью его последующей автоматизации.

4. Разработана модель автоматизации программирования АСУТП по формализованной модели проекта КТС для ПТС.

5. Разработаны алгоритмы и программное обеспечение программно-технического комплекса автоматизации программирования АСУТП ОПО.

6. Разработан программно-технический комплекс – «имитатор виртуального внедрения» АСУТП ПТС ОПО.

7. Разработаны принципы и модели диагностики «виртуального внедрения АСУТП ОПО».

Методы и средства исследования. При решении указанных задач использовались следующие методы и средства:

теоретические – системный анализ, теория автоматического управления, теория вероятности, информатика, теория конечных автоматов, математическое программирование;

экспериментальные – методы структурного и объектного программирования, программные комплексы ISAGRAF, STEP 7, CodeSys, языки программирования СИ++, компиляторы.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в том, что *впервые разработаны модели и алгоритмы автоматизации создания АСУТП*

пожаровзрывоопасных поточно-транспортных систем, включая программно-технический комплекс, их реализующий, а именно:

1. Разработана иерархическая 4-х уровневая классификация всех средств АСУТП пожаровзрывоопасных поточно-транспортных систем, как множеств функционально-технологических моделей элементов объекта.

2. Разработан метод описания динамических связей функционально-технологических моделей элементов объекта для выполнения технологических процессов в управляющих контроллерах.

3. Созданы алгоритмы для контроля и управления технологическим оборудованием поточно-транспортных систем в ряде отраслей пищевой и нефтеперерабатывающей промышленности, реализующие требования пожаровзрывобезопасности.

4. Разработан метод конфигурирования алгоритмов функционирования всего объекта автоматизации, включая систему сообщений, прием команд и передачу состояний для систем SCADA.

5. Синтезирован алгоритм конвертирования технологической схемы и необходимых проектных данных в формализованный проект АСУТП.

6. Разработан редактор конфигурации формализованного проекта АСУТП для инженера-технолога, позволяющий модифицировать АСУТП, увеличивая её «жизненный цикл» и надежность.

7. Создан программно-технический комплекс имитации поведения технологического оборудования, включая инциденты и аварии для проверки настроенных алгоритмов без использования реального объекта автоматизации.

Практическая ценность и значимость полученных результатов заключается в следующем.

1. С помощью разработанных методов автоматизации создания АСУТП пожаровзрывоопасных поточно-транспортных систем возможна разработка рабочих программ для технологических контроллеров без участия программистов (без написания кода программ) путем редактирования конфигурации объекта.

2. Все требования ТР и ПБ заложены в моделях технологического оборудования и моделях технологических процессов, в связи с чем создаваемые АСУТП реализуют их в безусловном порядке.

3. Расширение и модификация АСУТП доступна инженерам и технологам самостоятельно.

4. С помощью предлагаемого программно-технического комплекса (имитатора) возможна проверка выполнения алгоритмов управляющих программ при моделировании любых ситуаций, включая инциденты и аварии, без использования реального оборудования.

Достоверность и обоснованность научных положений, результатов, выводов и рекомендаций, приведенных в диссертации, достигнута за счет:

- формализации работы технологического оборудования выбранных отраслей промышленности;

- системного подхода в применении теории конечных автоматов и анализе поведения технологического оборудования, а также требований ТР и ПБ;

- создания и применения метода структурного и объектно-ориентированного программирования;

- комплексирования современных методов программирования и средств вычислительной техники, позволяющих распределять интеллект по технологическим контроллерам;

- разработки и реализации «имитатора виртуального внедрения АСУТП»;
- непротиворечивости и воспроизводимости во внедренных АСУТП результатов, полученных теоретическим путем и тестированием на имитаторе.

Апробация работы. Теоретические и практические результаты, представленные в диссертации, докладывались на 7 международных, 4 всероссийских и 2 региональных научных конференциях:

- на I и II международных конференциях «Наука и будущее: идеи, которые изменяют мир» (Москва - 2004, 2005);

- на всероссийских научно-практических конференциях «Техносферная безопасность. Надежность. Качество. Энергосбережение» (Туапсе - 2005, 2006, 2015, 2016);

- на научно-методических конференциях «Современные информационные технологии в образовании ЮФО» (Ростов н/Д – 2009, 2010);

- на 12 и 13 международных научно-практических конференциях «Актуальные вопросы модернизации, технического перевооружения и обеспечения промышленной безопасности предприятий по хранению и переработке зерна и зернопродуктов» (Анапа 2013, 2014);

- на «Студенческом научном форуме» (2016, 2017);

- на международной научно-технической конференции «Системы безопасности» (Москва - 2016).

Реализация и внедрение результатов работы. Помимо автоматизации научных исследований в НИИ физики ЮФУ, за 15 лет работы в ООО «ТРИТАРТ» автор разработал ряд программно-технических комплексов, которые использовали разработанные модели и средства, и были внедрены под его руководством в проектах АСУТП крупнейших российских компаний:

2006 г., ООО «Каргилл Юг» - АСУТП зернового портового терминала (Ростов-на-Дону);

2007 г., ЗАО «Содружество Соя» - АСУТП глубокой переработки маслосодержащих культур (Калининград);

2008 г. – АСУТП Ейского портового элеватора (Краснодарский край);

2009 г., ОАО «АСТОН» - АСУТП элеватора шрота (Миллерово);

2010 г., ООО «АГРО-Инвест Недвижимость» - АСУТП элеватора (Воронеж);

2011 г., ООО «Международная зерновая компания» - АСУТП Ипатовского комбината хлебопродуктов (Ставропольский край);

2012 г., ООО «Лада Геленджик Транс» - АСУТП перегрузочного комплекса зерновых и генеральных грузов открытого и крытого хранения (Краснодарский край);

2013 г., ЗАО «Агропродукт» - АСУТП маслоэкстракционного завода (Ставропольский край);

2014 г., ООО «Ростовский зерновой терминал» - АСУТП элеватора (Ростов-на-Дону);

2015 г., ООО «Международная зерновая компания» - АСУТП Зернового терминального комплекса ТАМАНЬ (Краснодарский край).

2016 г., «Луиз Дрейфус» (Франция) ООО «Азовский Агропорт Устье Дона» - АСУТП портового терминала.

На защиту выносятся следующие основные результаты:

1. Иерархическая 4-х уровневая классификация всех средств АСУТП, как множеств функционально-технологических моделей элементов объекта.

2. Модель и алгоритмы создания АСУТП объектов (на примере

пожаровзрывоопасных поточно-транспортных систем) для ряда отраслей пищевой и нефтеперерабатывающей промышленности.

3. Метод построения и модификации АСУТП с использованием разработанных моделей и алгоритмов на этапах её проектирования и функционирования (на примере пожаровзрывоопасных поточно-транспортных систем).

4. Модель имитатора работы АСУТП и программно-технический комплекс, реализующий проверку и тестирование технологических процессов без реального объекта автоматизации, включая генерацию инцидентов и аварий с проверкой реакции АСУТП на них.

5. Модель диагностики «виртуального внедрения АСУТП».

Публикации. Автор имеет 48 публикаций в РИНЦ (число цитирований - 242, индекс Хирша – 7), из которых 25 - по материалам диссертации, в т. ч. 3 статьи в рецензируемых журналах из перечня ВАК и 2 патента РФ на изобретение. 4 работы опубликованы самостоятельно и 6 публикаций в соавторстве со студентами, которыми руководил.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 132 страницах машинописного текста, содержит 15 формул, иллюстрируется 16 графиками, 59 рисунками и 8 таблицами, состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 117 наименований, с приложениями на 4 с.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность проводимых исследований, как с позиций системного анализа, так и с позиции прикладных наук, связанных со стабильностью технологических процессов, их надежностью и безопасностью.

Изложена позиция автора по основным защищаемым положениям, дано краткое содержание работы, отражены её научные и практические результаты.

В первой главе - «Теоретические, нормативные и практические подходы к созданию АСУТП объектов промышленности» - анализируются АСУТП объектов различных отраслей промышленности: нефтеперерабатывающей, хранения зерна и др. (рис.1).

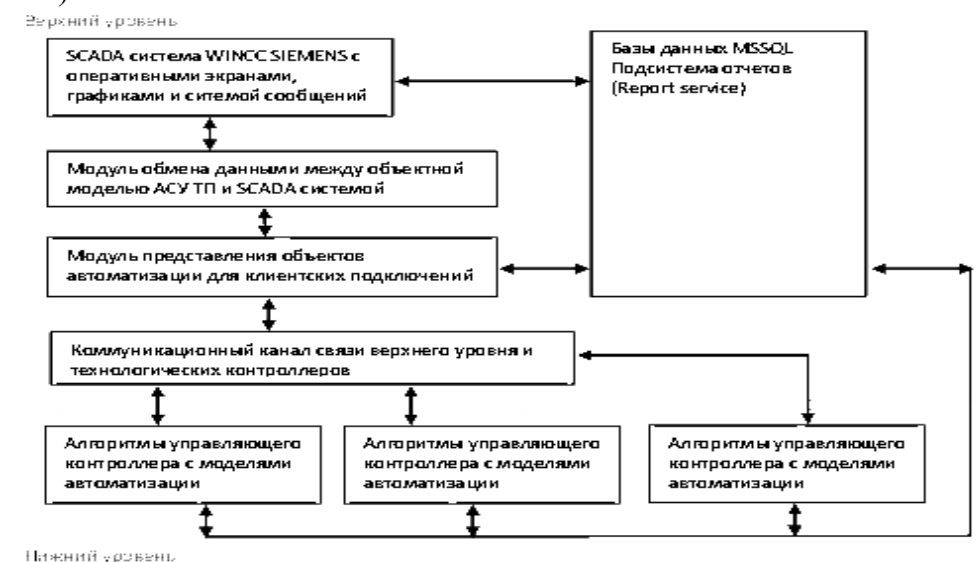


Рис.1 – Блок-схема модулей АСУТП

В результате анализа специфики ОПО показано, что до введения в действие 184-ФЗ «О техническом регулировании», требования о безопасности таких объектов промышленности были рассредоточены в тысячах нормативных документах Госстроя и Госстандарта, что крайне затрудняло их отслеживание и

реализацию. В настоящее время количество Технических регламентов, Сводов правил и стандартов измеряется уже десятками, но, тем не менее, в них изложено огромное число требований, которые необходимо реализовывать в каждой АСУТП ОПО, независимо от «человеческого фактора» (проектировщиков, программистов, монтажников и наладчиков).

Статистика инцидентов и аварий на промышленных предприятиях (рис.2-4) свидетельствует, что АСУТП ОПО не решают всех необходимых задач.

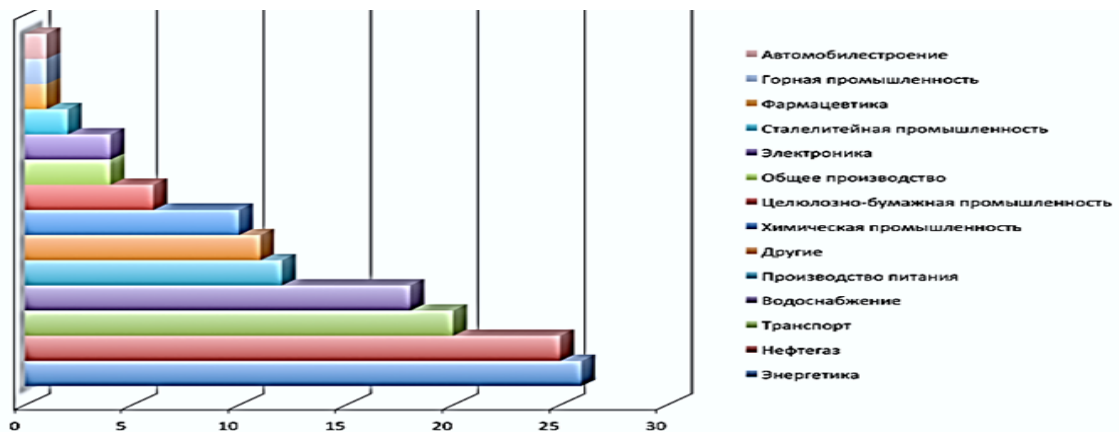


Рис. 2 – Гистограмма инцидентов в отраслях промышленности



а)



б)

Рис. 3 – Диаграмма аварий (а) и «крест» (б) травмированных в СССР и России (■ – левая шкала на 100 травмированных; □ – правая шкала на 100 тыс. раб-щих)

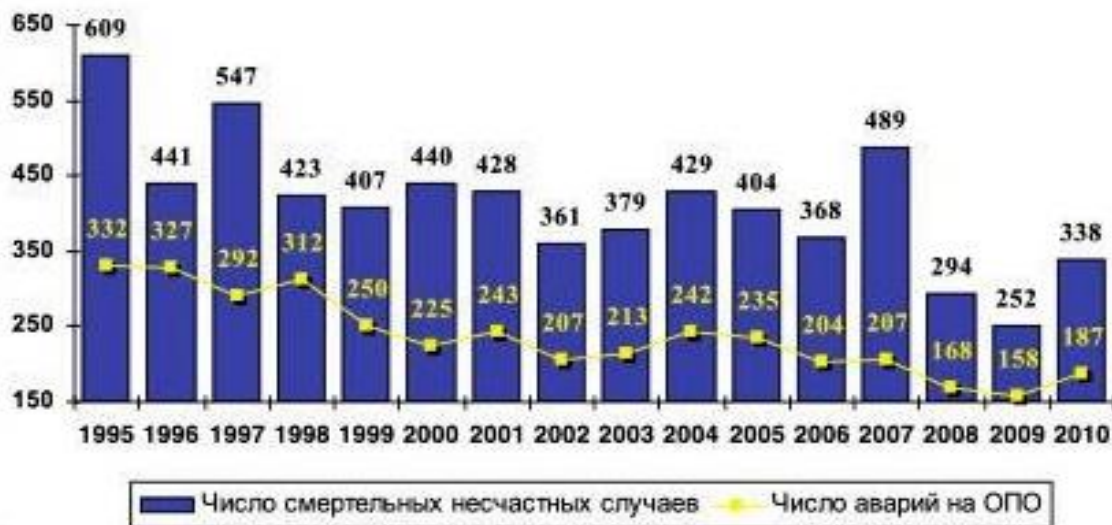


Рис. 4 – График аварий и гистограмма погибших в них на ОПО в России Показано, что нормативы промышленной безопасности не связаны с

информационной безопасностью, в связи с чем, создаваемые АСУТП не защищены должным образом (рис.5) от инцидентов и аварий, связанных с внешним проникновением в системы (рис.6).

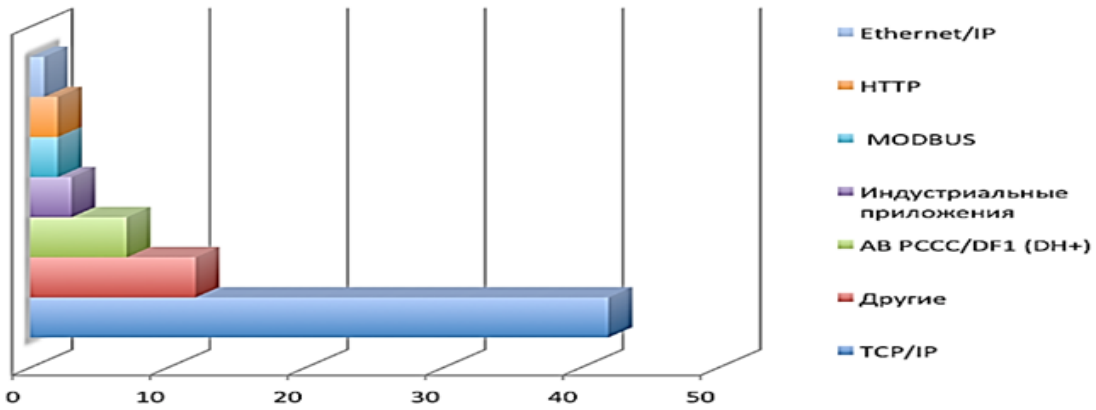


Рис. 5 – Гистограмма протоколов, в рамках которых произошли инциденты

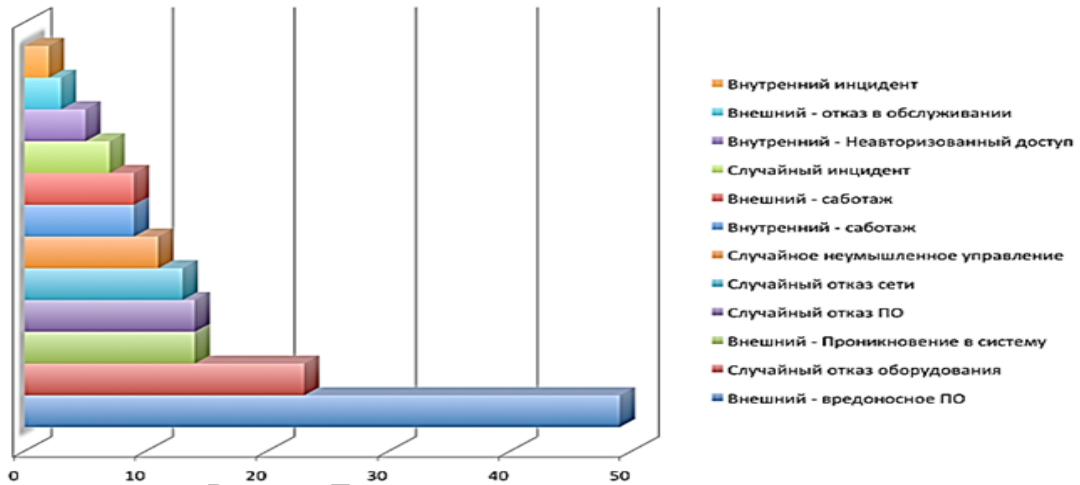


Рис. 6 – Гистограмма типов инцидентов

По результатам проведенного анализа выбрана структура системы, реализующая подходы к промышленной и информационной безопасности, их взаимодействие и самоорганизацию (рис.7), в частности, при создании АСУТП ОПО.

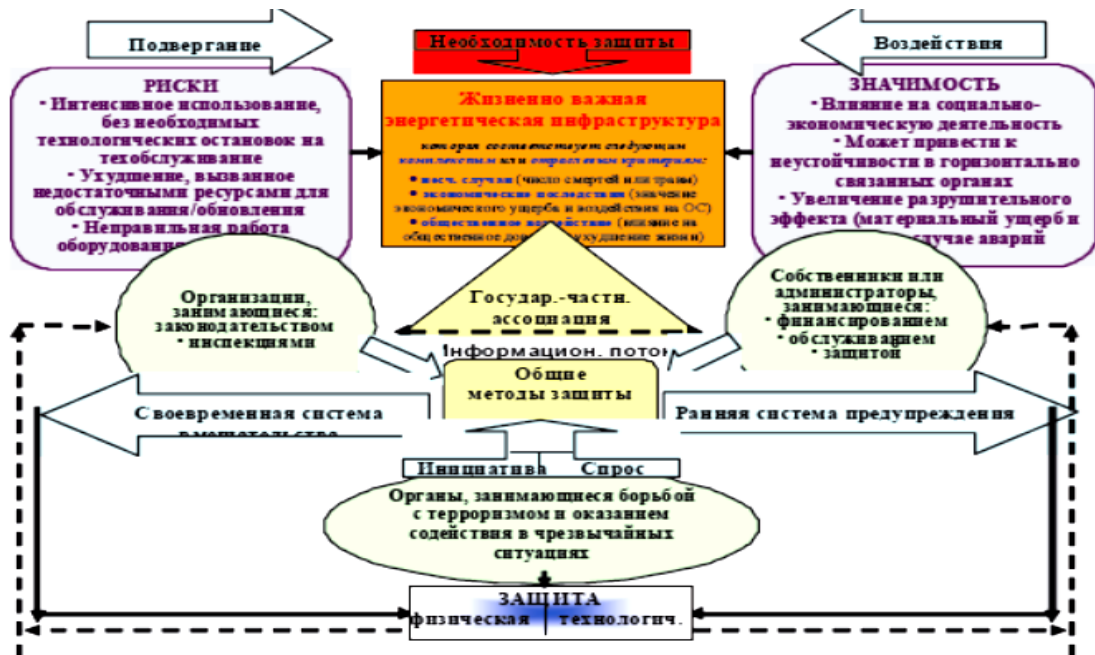


Рис. 7 - Синергетическая структура процессов управления безопасностью

В конце главы приведены примеры реализации АСУТП Новошахтинского НПЗ и зернового терминала Порт-Кавказ.

Обзор теоретических и практических подходов заканчивается определением перечня задач, которые следует поставить и решить в ходе диссертационного исследования.

Во второй главе «Модель автоматизации создания АСУТП по формализованному проекту», рассмотрен весь процесс автоматизации, включая проблемы внедрения на объекте. Разработана классификация функционально-технологических элементов и математическая модель проектирования технологической схемы ОПО, по аналогии с которой разработаны алгоритмы автоматизации создания АСУТП.

Формализация описания процесса автоматизации, основана на структурировании процессов (таб.1) и на предварительном составлении упорядоченных множеств: элементов системы L, команд F, состояний элементов системы A_L , событий элементов системы S, состояний техпроцессов A.

Таблица 1.

Классификация задач проектирования математического и программного обеспечения

Класс структур	Уровни описания структур		
	технологический	математический и программный	физический
Первичные средства ввода данных	Приведение к технологическому типу, классификация для использования следующим уровнем обработки данных.	Первичная обработка входного сигнала (подавление дребезга, интерполяция, фильтрация)	Преобразование электрических значений в физические величины
Устройства	Приведение к технологическому назначению для использования следующим уровнем обработки.	Математическое описание поведения устройства, разработка математического обеспечения, алгоритмов и функций, программного обеспечения контроля и управления устройством	Компоновка необходимых параметров и данных из общего числа контролируемых параметров для функционирования устройства.
Оборудование	Приведение к технологическому назначению для использования в технологическом процессе.	Распределение полномочий между устройствами в составе оборудования. Моделирование и оптимизация структуры и параметров, разработка алгоритмов и функций.	Выбор необходимых устройств, для полного контроля и управления технологическим оборудованием.
Технологический процесс	Количественно-качественный учет технологических параметров.	Взаимодействие технологического оборудования для выполнения процессов.	Выполнение требований безопасности

Для реализации предложенного подхода использованы следующие определения и переменные:

Состояние объекта автоматизации (ОА) – совокупность состояний технологического процесса.

Формально состояние ОА описывается совокупностью параметров

$$X \in x_i,$$

где $i = \overline{1, i_{max}}$ – индексы возможных режимов работы ОА, включая нерабочий режим, стационарные и переходные режимы;

Для формализации и математического описания технологических процессов ОА на основе правил булевой алгебры использованы следующие понятия и выражения:

Элемент технологического процесса

$$L_r(r = \overline{1, r_{max}}) \quad (1)$$

- любая составная часть системы, без которой невозможно её нормальное функционирование.

Совокупность элементов $L = \{L_r: r = \overline{1, r_{max}}\}$ включает в себя все разновидности информационных каналов: измерения параметров, управления, вывода информации, программное обеспечение.

Состояние элемента

$$A_{Lr}(r = \overline{1, r_{max}}) \quad (2)$$

- значение булевой функции, определяющей условия участия элемента L_r в технологическом процессе. $A_{Lr} = 1$ для рабочего состояния, $A_{Lr} = 0$ – для нерабочего состояния элемента L_r ;

Команда

$$F_r(r = \overline{1, r_{max}}) \quad (3)$$

– логическое воздействие на элемент технологического процесса L_r , которое интерпретируется в специальный код соответствующего языка программирования, используемое для изменения состояния элемента A_{Lr} , :

$$A_{Lr} = L_r \wedge F_r ;$$

$$\overline{A_{Lr}} = \overline{L_r \wedge F_r} = \frac{L_r}{F_r} = (\overline{L_r} \wedge \overline{F_r}) \vee (\overline{L_r} \wedge F_r) \vee (L_r \wedge \overline{F_r})$$

Множеству элементов технологического процесса соответствует множество команд:

$$F = \{F_r: r = \overline{1, r_{max}}, (\forall r)(A_{Lr} = L_r \wedge F_r, A_{Lr} = \frac{L_r}{F_r})\} \quad (4)$$

Состояние технологического процесса $A_\psi(\psi = \overline{1, \psi_{max}})$ – совокупность состояний всех его элементов при выполнении определенной функции АСУТП. Совокупность функциональных состояний технологического процесса образует множество:

$$A\{A_\psi: \psi = \overline{1, \psi_{max}}\} \quad (5)$$

Событие $C_q\{q = \overline{1, q_{max}}\}$ – ответ на управляющее воздействие в виде одной или группы команд для изменения состояния технологического процесса.

Совокупность событий технологического процесса образует множество:

$$C\{C_q: q = \overline{1, q_{max}}\} , \quad (6)$$

где q – номер события;

Перечисленные множества и переменные являются основой микроструктуры, а затем и макроструктуры программного обеспечения (ПО) АСУТП, причем макроструктура может быть принята либо как жесткая во времени последовательность элементов технологического процесса и его составляющих, либо как обязательная для исполнения совокупность операций, выполняемых с учетом текущего состояния параметров инфраструктуры.

Состояние A_ψ технологического процесса представляет собой упорядоченную минимально необходимую последовательность событий по переводу технологического процесса из исходного состояния в рассматриваемое состояние A_ψ и задается в виде массива целых чисел

$$A_{\psi} [1 : a_{\psi}] \quad (7)$$

$$A_{\psi} \left\{ C_i : i = \overline{1, a_{\psi}} \wedge C_i \in C \{ C_q : q = \overline{1, q_{max}} \} \right\} \quad (8)$$

где a_{ψ} – число событий в состоянии A_{ψ} , включая повторные события, а каждое число этого массива является индексом q , соответствующим номеру события в упорядоченном множестве событий (6).

Событие C_q представляет собой реакцию на последовательность команд и задается в виде массива целых чисел $C_q [1 : C_q]$:

$$C_q \left\{ F_i : i = \overline{1, C_q} \wedge F_i \in F \{ F_r : r = \overline{1, r_{max}} \} \right\} \quad (9)$$

где C_q – число команд в событии C_q , включая повторяющиеся команды, а каждое число этого массива является индексом r , соответствующим номеру команды в упорядоченном множестве команд (3).

При $L_r = 1$ команда F_r полностью определяет рабочее состояние элемента (2) и состояние A_{ψ} технологического процесса (8) и текущее событие C_q (9).

Временная структура технологического процесса задается функцией S_r вычисления времени, необходимого для выполнения функции преобразования (команды) F_r , соответствующей рабочему состоянию L_r .

Функция

$$S \{ S_r : r = \overline{1, r_{max}} \} \quad (10)$$

задается в виде массива целых чисел $S [1 : r_{max}]$, где r_{max} – число номеров меток в переключательной функции S , необходимых для каждой функции F_r – выбор соответствующей функции S_r .

Вычисление времени $\Delta\tau_r$ каждой команды F_r проводится с учетом состояния технологического процесса. Найденные значения $\Delta\tau_r$ используются для определения интервалов (τ_0, τ_r) и временной структуры техпроцессов.

Для реализации модели разработан алгоритм (рис.9) и синтезирована структура (рис.8) программно-технического комплекса, его реализующего с помощью «виртуальных машин».

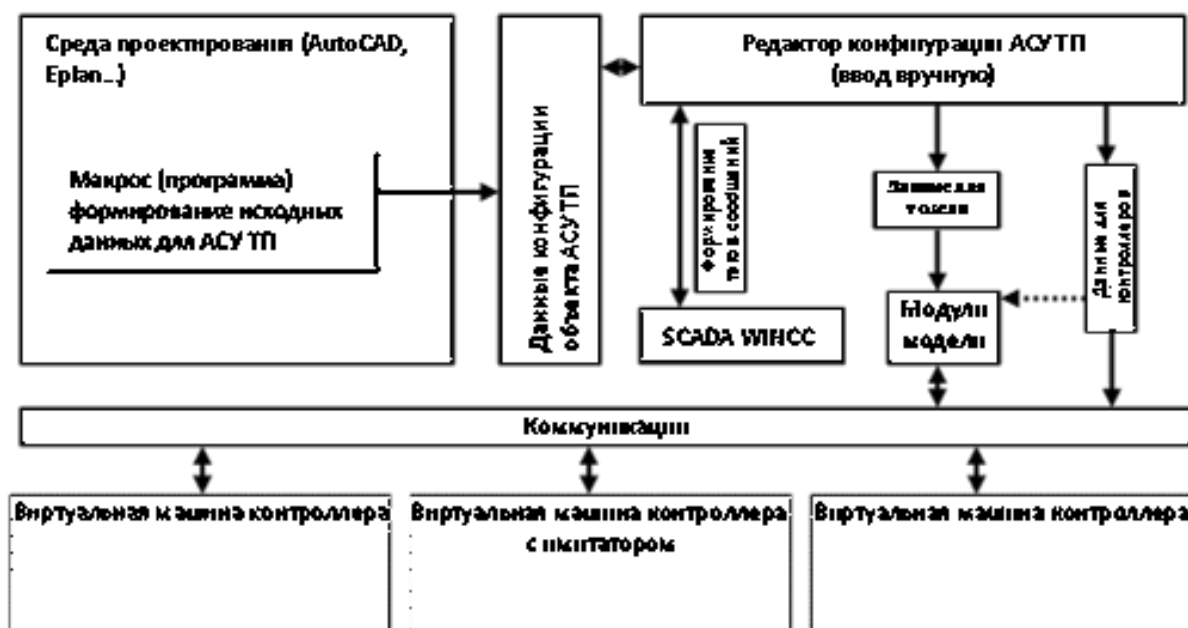


Рис.8 – Блок схема ПТК

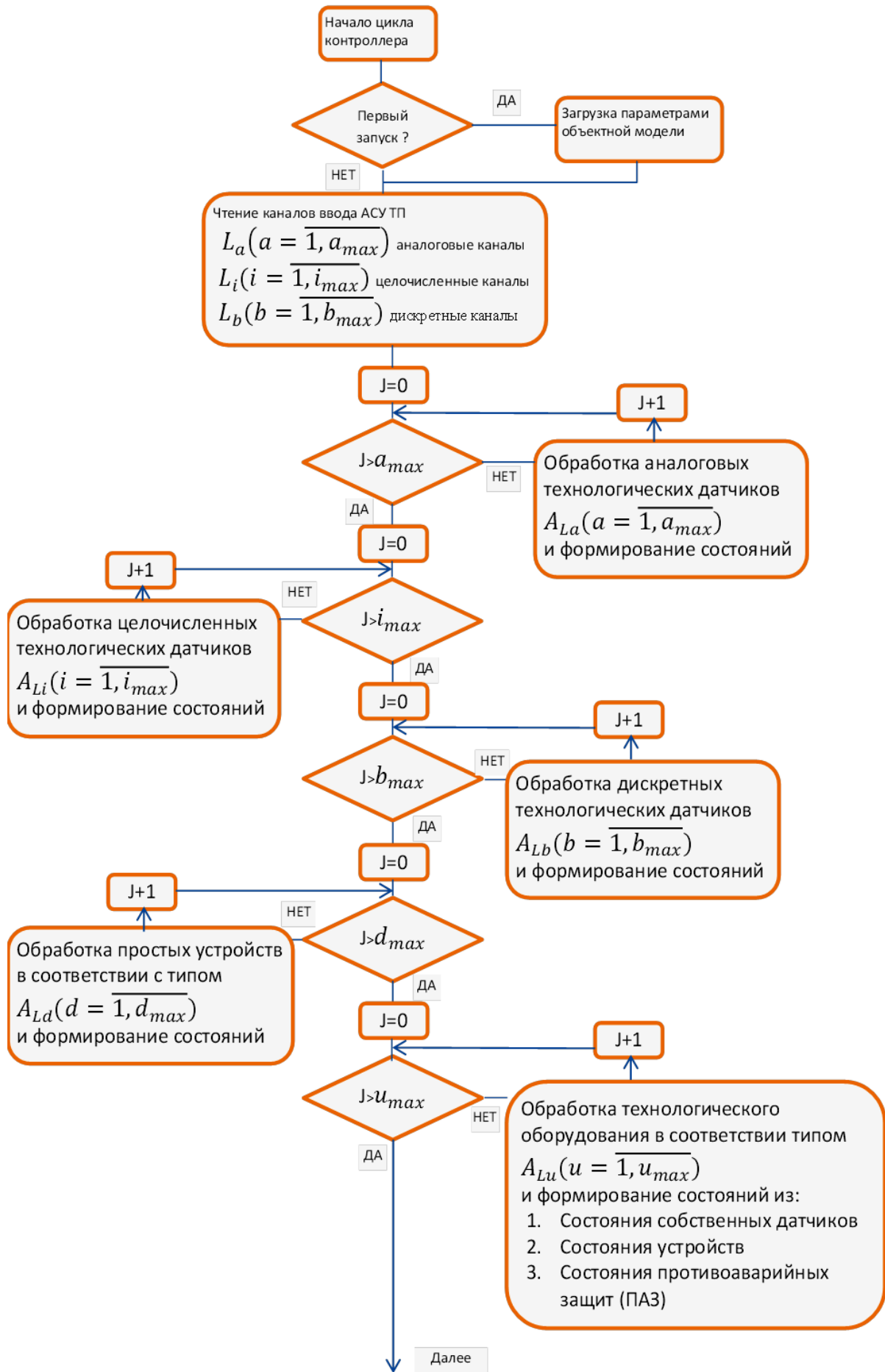


Рис.9 – Начальная часть алгоритма

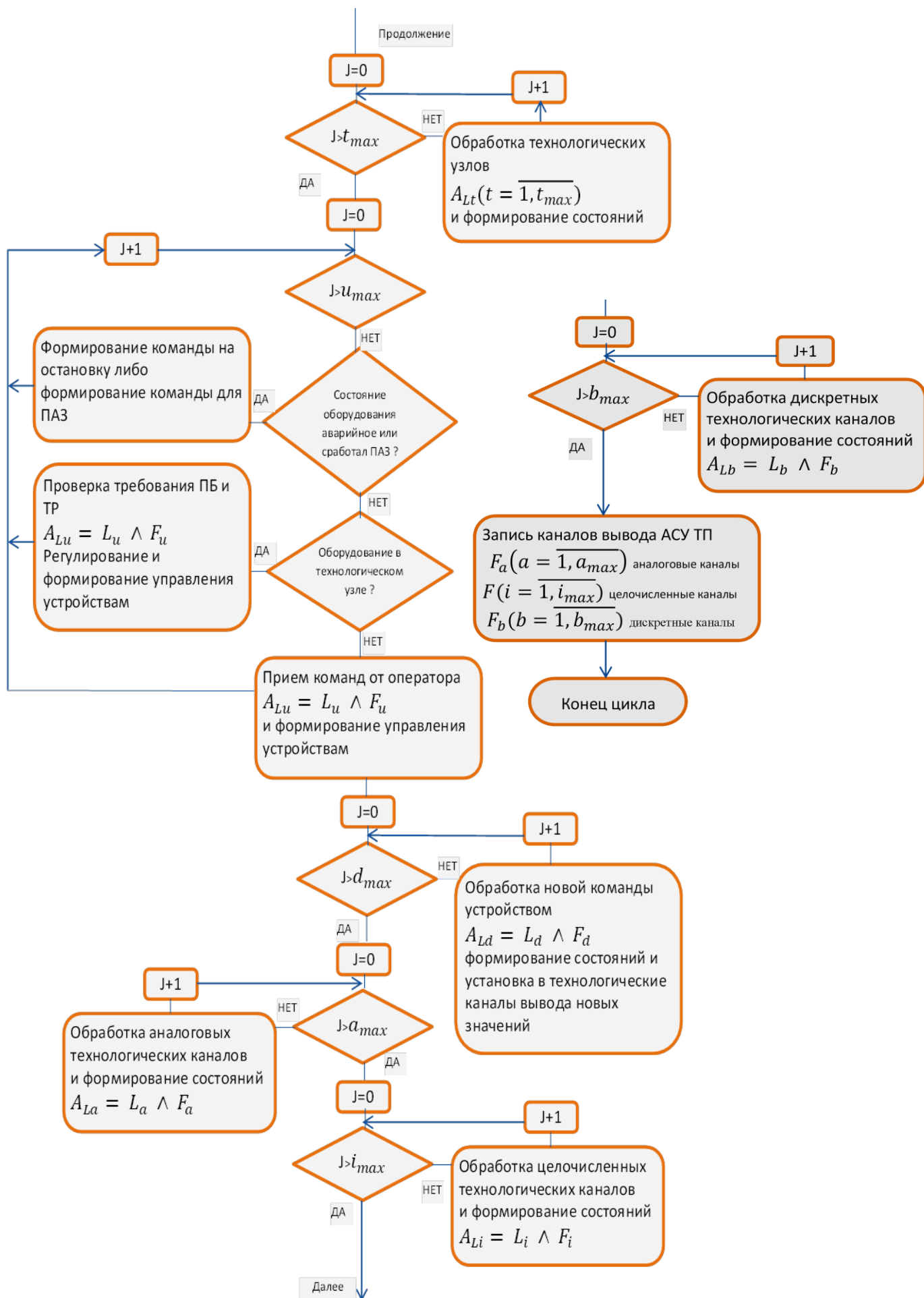


Рис.10 – Завершающая часть алгоритма

Основной программной частью ПТК является «Редактор конфигурации» (РК) для создания и редактирования конфигурации, путем генерации «виртуальных машин» (рис.8). Тип хранения данных конфигурации – это база данных SQLite.

В третьей главе «Разработка программно-технического комплекса автоматизации создания и проверки АСУТП» подробно описаны алгоритмы (рис.11) и реализация ПТК: технические требования, контекст ввода-вывода, каналы технологических датчиков контроля, технологическое оборудование, технологические узлы, устройства, диспетчеризация и визуализация (рис.12-14).

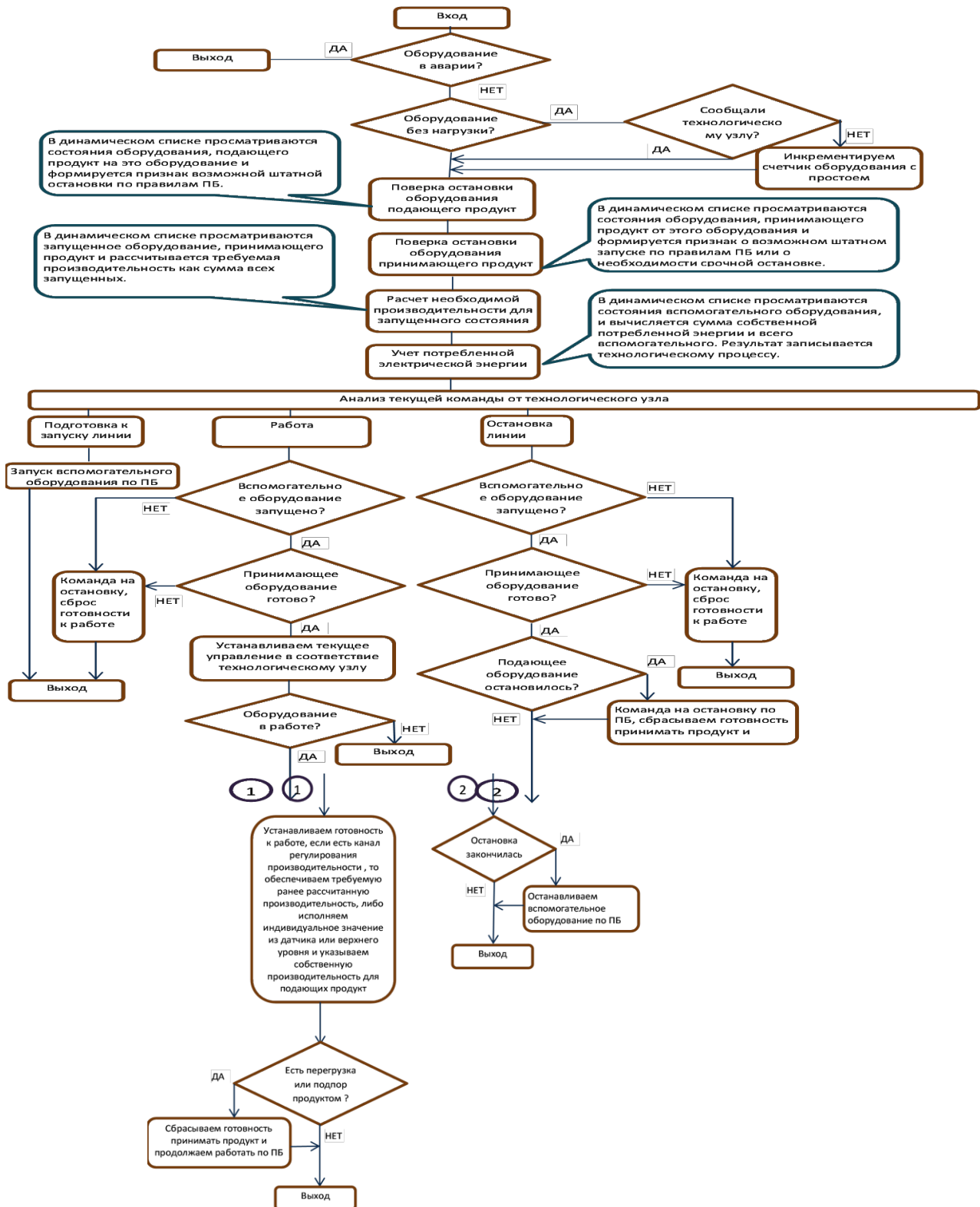


Рис.11 – Обобщенный алгоритм запуска

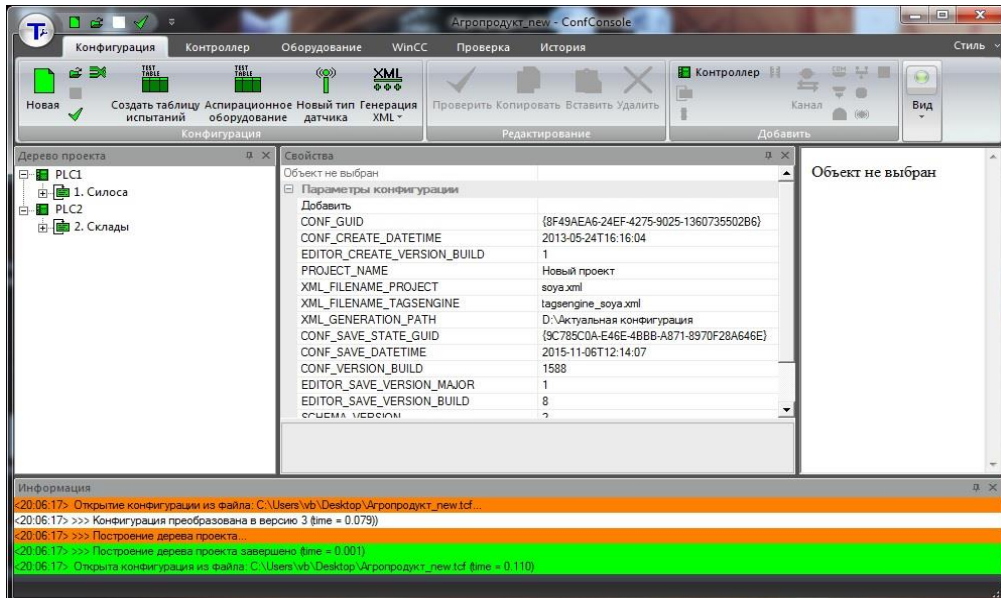


Рис.12 – Скриншот окна конфигуратора

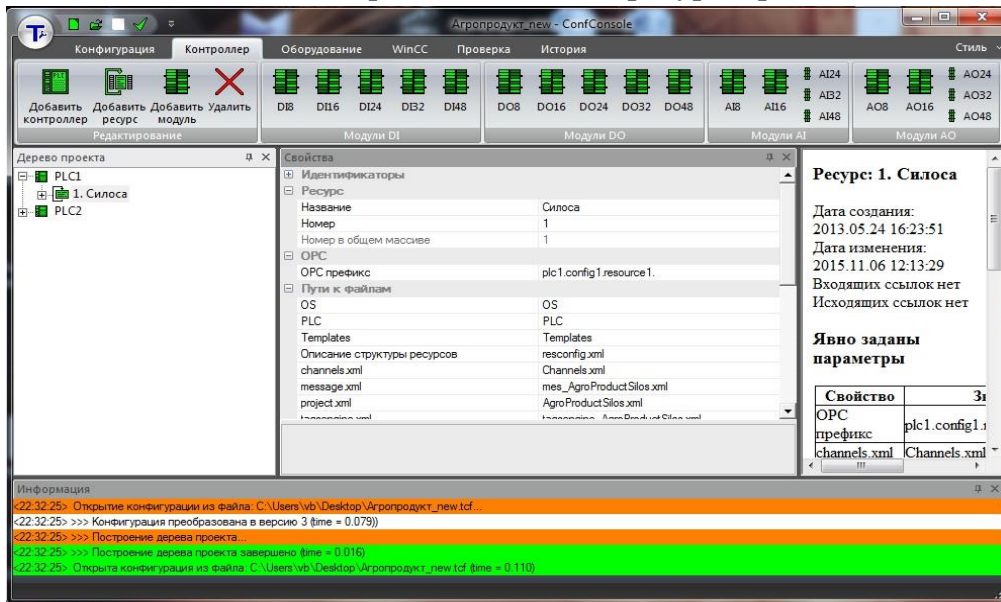


Рис. 13 - Скриншот окна для контроллера (ов)

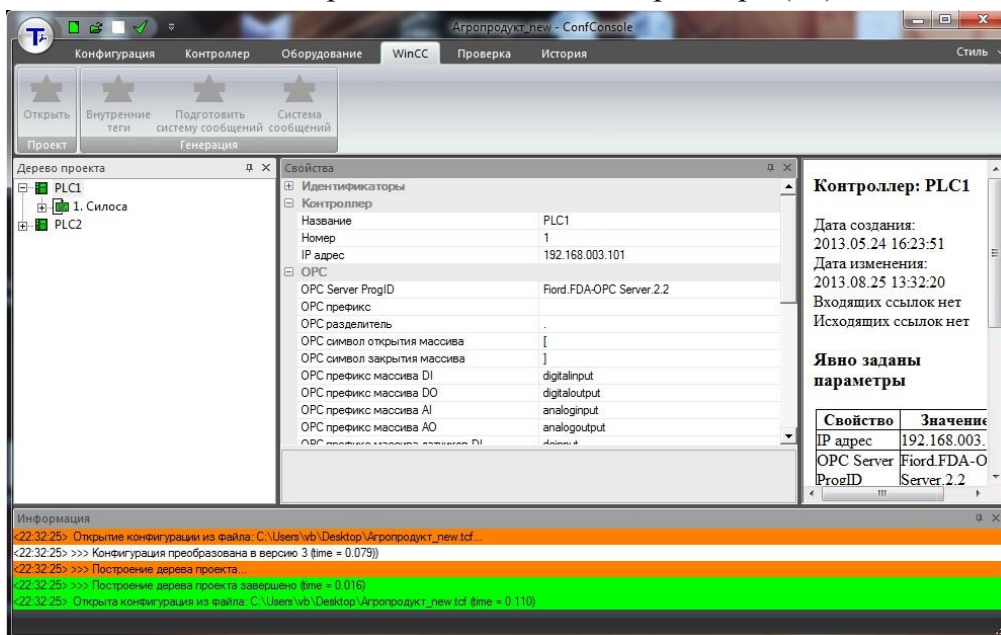


Рис. 14 - Скриншот окна для WinCC

Подробно описан программный модуль РК и способ генерации метаданных верхнего и нижнего уровня, а также структурирование и загрузка для любых контроллеров с использованием SCADA WINCC.

В четвертой главе «Имитатор виртуального внедрения АСУТП» изложены принципы, способы, модули и описание программно-технического комплекса, реализующего разработанные модели и алгоритмы.

Имитатор использует ту же классификацию (таб.1) и математическую модель ОА (11), но отличается тем, что вместо физических параметров ОА, принимает цифровые сигналы воздействия на множество элементов ОА и с помощью алгоритма естественного поведения ОА, меняет контролируемые параметры и значения «датчиков и устройств» в соответствующих массивах состояний и событий ОА.

$$\left\{ \begin{array}{l} L_r(r = \overline{1, r_{max}}) \\ A_{Lr}(r = \overline{1, r_{max}}) \\ F_r(r = \overline{1, r_{max}}) \\ \overline{A_{Lr}} = \overline{L_r \wedge F_r} = \frac{L_r}{F_r} = (\overline{L_r} \wedge \overline{F_r}) \vee (\overline{L_r} \wedge F_r) \vee (L_r \wedge \overline{F_r}) \\ A_\psi(\psi = \overline{1, \psi_{max}}) \\ C_q\{q = \overline{1, q_{max}}\} \\ A_\psi \{C_i : i = \overline{1, a_\psi} \wedge C_i \in C\{C_q : q = \overline{1, q_{max}}\}\} \\ C_q \{F_i : i = \overline{1, c_q} \wedge F_i \in F\{F_r : r = \overline{1, r_{max}}\}\} \\ S \{S_r : r = \overline{1, r_{max}}\} \\ T = \sum t_i \cdot N_i / M \end{array} \right. \quad (11)$$

Некоторые значения меняются с помощью генераторов случайных чисел. Проверка «аварийных ситуаций» формируется вручную, путем введения с клавиатуры соответствующих кодов, соответствующих таблицам СиБ и ПАЗ (рис.15). При этом в проверяемой АСУТП визуализируются (рис.16) реальные физические параметры (вес, скорость, объем, температура и т.д.).

Основу алгоритмов имитатора составляет естественное поведение устройств и механизмов технологического оборудования на реальном объекте. Загрузка данными имитатора возможно двумя способами:

1-й способ (для любых контроллеров). Имитатором устройств и механизмов является приложение под Windows с именем Emulator.exe, которое при запуске пытается присоединиться к контроллеру и считать с него все метаданные для создания внутри себя программных объектов, соответствующих технологическому оборудованию, состоящему из простых устройств, датчиков и каналов ввода-вывода. В приложении Emulator.exe имеются все необходимые окна и диалоги для вмешательства в поведение имитатора с целью проверки алгоритмов АСУТП.

2-й способ (для контроллеров с операционными системами). Имитатором является отдельный код контроллера, который выполняется независимо от управляющей программы АСУТП, вплоть до расположения его на другом контроллере локальной сети. При этом способе файлы конфигурации с метаданными проекта помещаются на контроллер с имитатором, который сразу после запуска соединяется с контроллером АСУТП и начинает анализировать воздействия программ АСУТП и генерировать ответные сигналы в соответствии с алгоритмами работы устройств и механизмов.

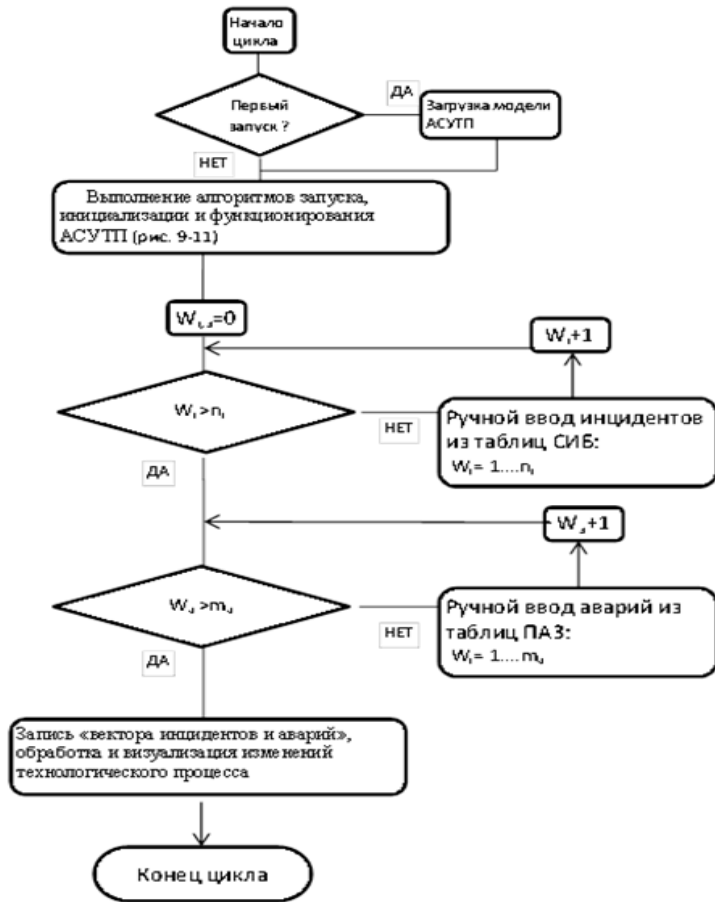


Рис. 15 – Блок-схема обобщенного алгоритма «виртуальной проверки»

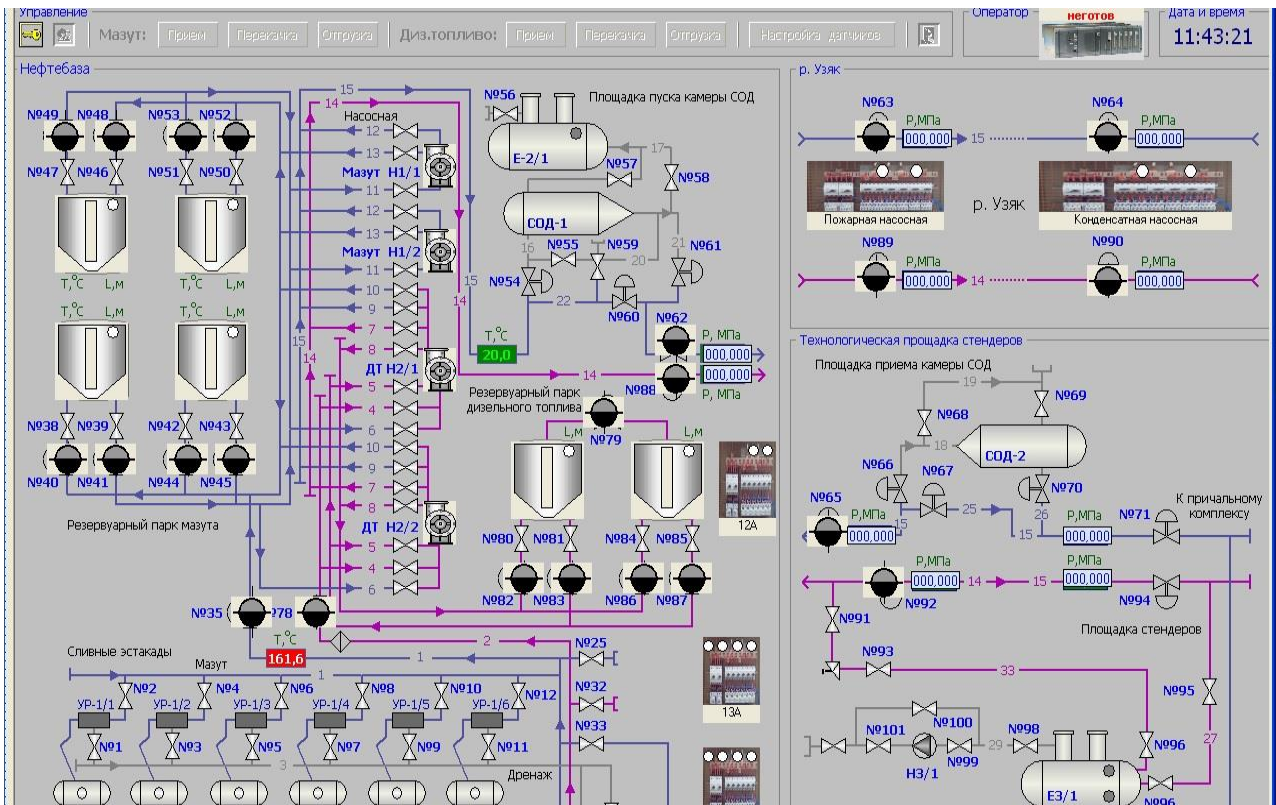


Рис. 16 - Основное окно приложения Emulator.exe

На скрин-шотах (рис.17) показаны окна для управления имитатором и наблюдения всей технологической схемы внутри имитатора, которая строится по тем данным, что и экраны основных мнемосхем SCADA WINCC.

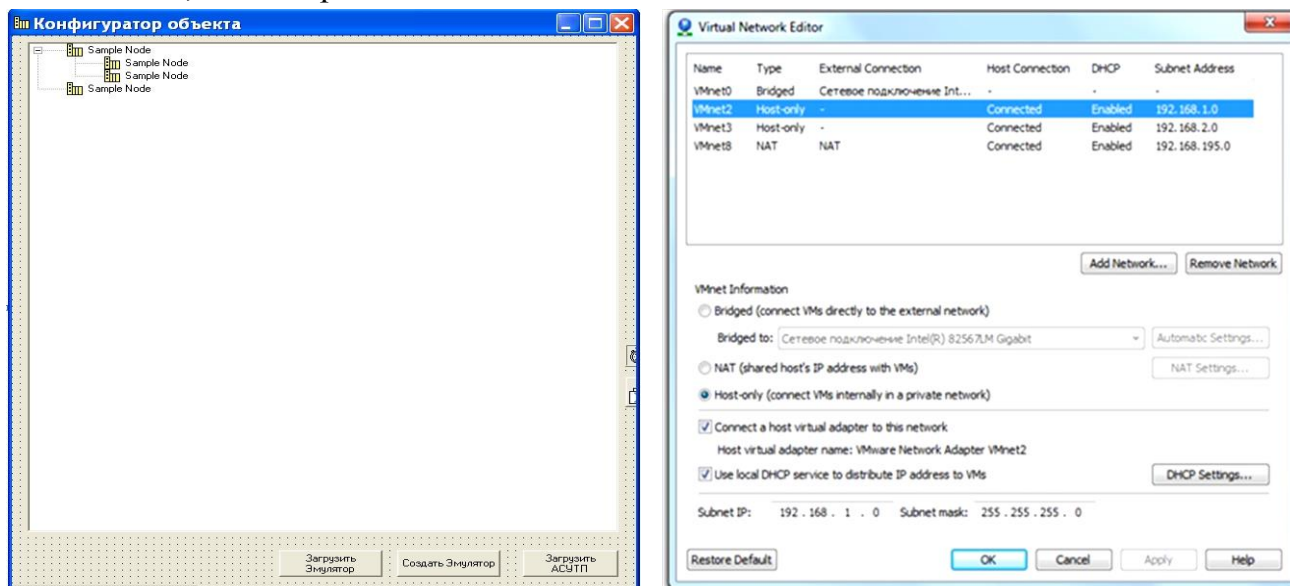


Рис. 17 - Основные экраны мониторинга и управления имитатором

Программно-технический комплекс реализуется на отдельном компьютере, на котором развернуты: SCADA, система WINCC, виртуальная машина «верхнего уровня» и несколько виртуальных машин контроллеров, куда загружаются прикладная программа управления и специальное программное обеспечение.

В конце главы описаны примеры самостоятельной модернизации АСУТП обслуживающим персоналом объектов автоматизации, с помощью ПТК и пакета «ТРИТЭРА».

На скрин-шоте (рис.18, 19) показаны этапы модернизации маршрутов подачи сырья для отгрузки на корабль (оранжевым цветом) и маслоэкстракционный завод (голубым цветом) на ЗАО «Содружество-СОЯ» (Калининград).

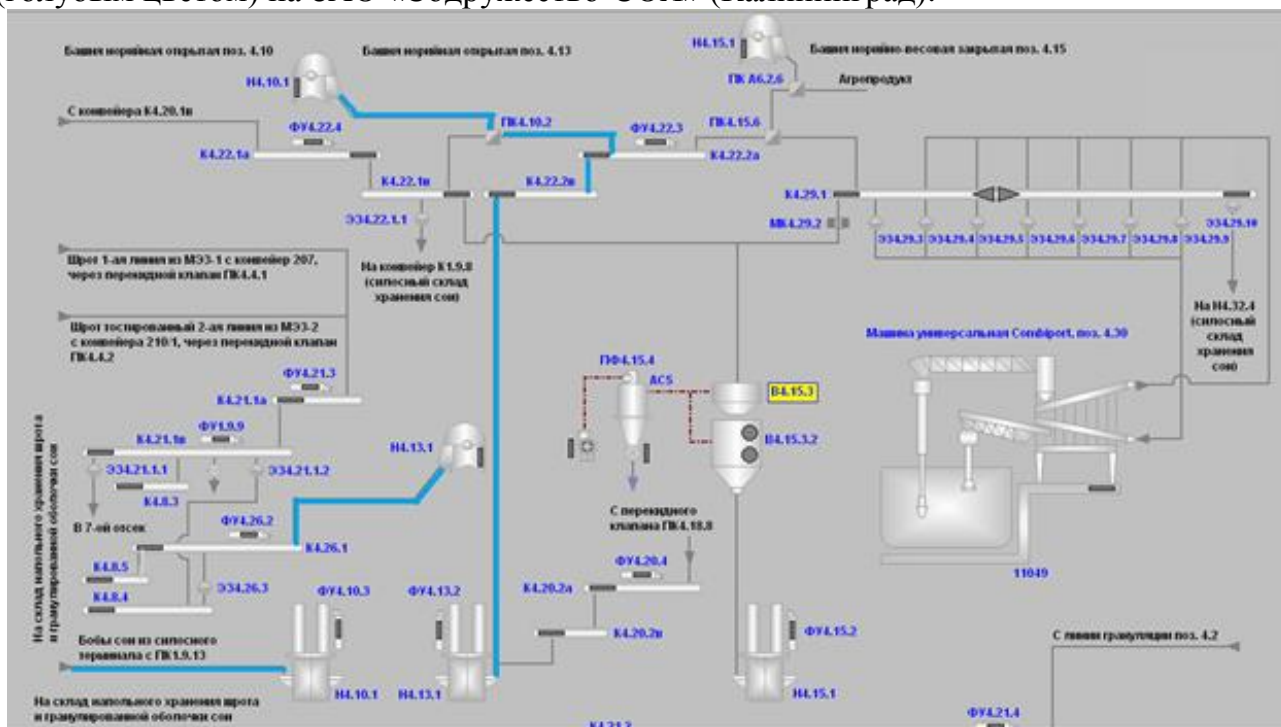


Рис. 18 – Маршрут подачи сырья на маслоэкстракционный завод (МЭЗ)

управляющий сигнал конвейеру K4.29.1, что продукт подается на конвейер (выделены зеленым цветом).

Для конвейера K4.29.1 установили возможность быть первым в маршруте (синим цветом выделена технологическая связь с направлением движения и положение в маршруте), а для обеспечения промышленной безопасности - два сигнала, аналогичных АСУ ТП Силосов хранения: это готовность принимать сырье от нории Н4.32.1 через конвейер К1.9.21 и сигнал, что продукт подается на K4.29.1.

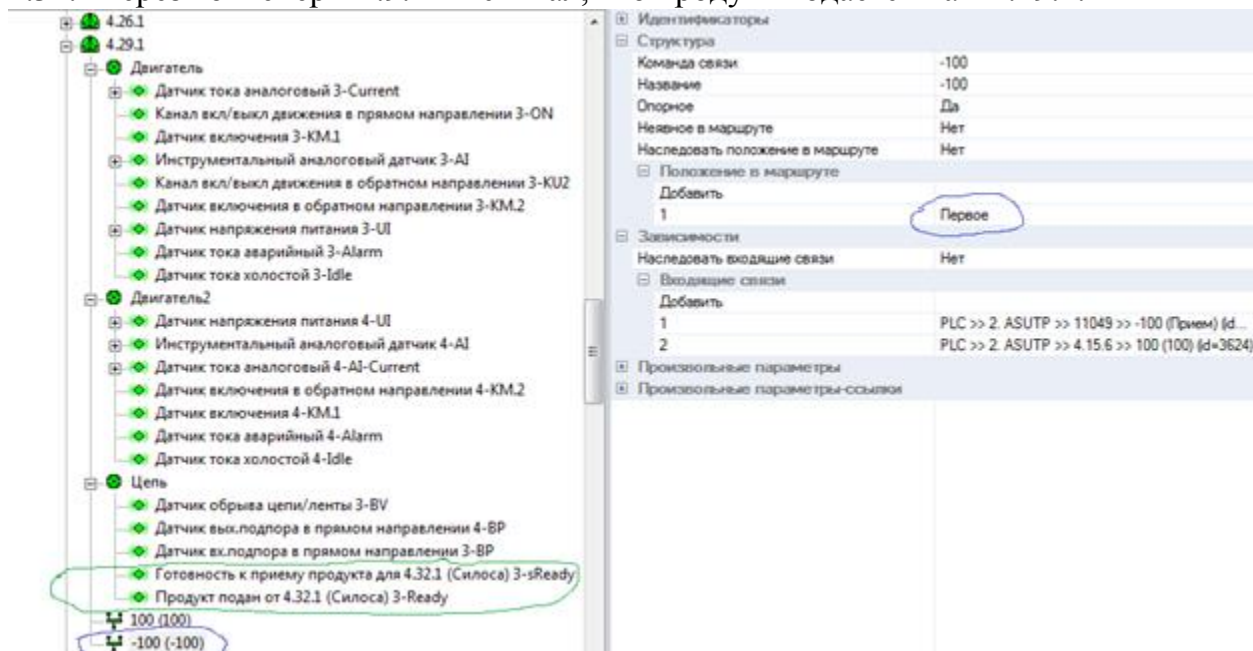


Рис. 21 - Изменения в конфигурации АСУ ТП «Складов хранения шрота»

В итоге был сформирован новый маршрут отгрузки сырья на корабль (рис.19).

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы. Отмечена возможность и целесообразность развития предлагаемых моделей для построения АСУТП любых объектов.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В результате выполнения изложенных выше исследований, получены следующие основные результаты:

1. Разработана иерархическая 4-х уровневая классификация всех средств АСУТП пожаровзрывоопасных поточно-транспортных систем как множеств функционально-технологических моделей элементов объекта.

2. Разработан метод описания динамических связей функционально-технологических моделей элементов объекта для выполнения технологических процессов в управляющих контроллерах.

3. Созданы алгоритмы для контроля и управления технологическим оборудованием поточно-транспортных систем в ряде отраслей пищевой и нефтеперерабатывающей промышленности, реализующие требования пожаровзрывобезопасности.

4. Разработан метод конфигурирования алгоритмов функционирования всего объекта автоматизации, включая систему сообщений, прием команд и передачу состояний для систем SCADA.

5. Синтезирован алгоритм конвертирования технологической схемы и необходимых проектных данных в формализованный проект АСУТП.

6. Разработан редактор конфигурации формализованного проекта АСУТП для инженера-технолога, позволяющий модифицировать АСУТП, увеличивая её «жизненный цикл» и надежность.

7. Создан программно-технический комплекс имитации поведения технологического оборудования, включая инциденты и аварии, для проверки настроенных алгоритмов без использования реального объекта автоматизации.

8. Исключен человеческий фактор при создании управляющих кодов технологических контроллеров, обеспечивающих выполнение технологической программы и требований безопасности.

9. Реализована возможность расширения модели объектов автоматизации для интеграторов систем, путем использования встроенных языков программирования IEC 61131.

10. Разработан имитатор тестирования созданной или модифицированной АСУТП ОПО без подключения реального объекта.

11. Приведены примеры самостоятельной модификации АСУТП (без привлечения специалистов со стороны) специалистами объектов автоматизации с помощью разработанного программно-технического комплекса.

Основные работы опубликованы в следующих изданиях

Научные издания из перечня ВАК России

1. Белозеров В.В., Любавский А.Ю., Белозеров Вл. В. Диагностика технического и пожаробезопасного ресурса средств вычислительной техники в АСУ //Современные наукоемкие технологии - № 7, 2015, с. 7-12.

2. Белозеров В.В., Олейников С.Н., Белозеров Вл. В. Метод азотирования торфа и средства его противопожарной защиты //Успехи современного естествознания - № 10, 2015, с.7-10.

3. Белозеров В.В., Долаков Т.Б., Белозеров В.В. О безопасности и перспективах электрообогрева в индивидуальных жилых домах //Современные наукоемкие технологии - № 10, 2017, с. 13-21.

Патенты на изобретения

4. Белозеров В.В. Способ синхронно-сопряженного термического анализа веществ и материалов и установка для его осуществления / В.В. Белозеров и др. - патент на изобретение RUS 2343467 17.07.2006.

5. Белозеров В.В. Совмещенный термогравиметрический и акустико-эмиссионный способ определения стадий термодеструкции веществ и материалов и устройство его осуществления /В.В. Белозеров и др.- патент на изобретение RUS 2324923 19.07.2006

Публикации в других изданиях

6. Белозеров В.В., Белозеров В.В. Автоматизация создания АСУТП опасных производственных объектов //Электроника и электротехника – 2017.- № 2 - С.27-42 DOI: 10.7256/2453-8884.2017.2.23605.

7. Белозеров В.В. Программно-технический комплекс автоматизации создания АСУТП //Материалы IX Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум 2017» URL: <http://www.scienceforum.ru/2017/2312/26943>.

8. Белозеров В.В., Периков А.В., Олейников С.Н. О модели безопасности и энергосбережении жилых зданий //Материалы IX Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <http://www.scienceforum.ru/2017/2312/27559>

9. Таранцев А.А., Белозеров В.В., Кирлюкова Н.А. Синергетический подход к транспортно-энергетической инфраструктуре //Электроника и электротехника. — 2016. - № 2. - С.155-170. DOI: 10.7256/2453-8884.2016.2.21088.
10. Белозеров В.В., Олейников С.Н., Периков А.В. Синергетический подход к противопожарной защите высотных зданий жилого сектора //Ежегодная международная научно-техническая конференция Системы безопасности (СБ-2016) - М.: АГПС МЧС России, 2016, с.242-244.
11. Белозеров В.В., Нгуен Т.А. Система электрической и пожарной безопасности объекта при термоэлектронизации оборудования и линейно-кабельных сооружений //Электроника и электротехника. — 2016. - № 1. - С.129-134. DOI: 10.7256/2453-8884.2016.1.20899.
12. Белозеров В.В., Голованев В.А., Периков А.В. Модель автоматизированной системы противопожарной защиты высотных зданий //Материалы VIII Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <http://www.scienceforum.ru/2016/1963/25023>.
13. Белозеров В.В., Троицкий В.М., Белозеров Вл.В. О модели идентификации контрафакта жидких пищевых фасованных продуктов //Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. – 2016. – № 3. – С. 5-14.
14. Belozеров V.V., Oleinikov S.N., Belozеров V.V. ABOUT MODEL OF THE AUTOMATED SYSTEM OF SUPPRESSION OF FIRE AND ELECTRIC HARM // 2d the International Scientific-Practical Conference on the Humanities and the Natural Science ISPC 2014, London - «SCIEURO Publishing» (UK), 2014 p.10-19.
15. Белозеров В.В. Решение задач промышленной безопасности в программно-техническом комплексе «ТРИТЭРА» //13-я международная научно практическая конференция «Актуальные вопросы модернизации и технического перевооружения предприятий по хранению и переработке зерна и зернопродуктов и обеспечения их промышленной безопасности»: сб. мат-лов конференции – М.: ВНИИЗ, 2014.
16. Белозеров В.В. Программно-технический комплекс «ТРИТЭРА» //12-я Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы модернизации и технического перевооружения предприятий по хранению и переработке зерна и зернопродуктов и обеспечения их промышленной безопасности»: сб. мат-лов конференции – М.: ВНИИЗ, 2013.
17. Белозеров В.В., Босый С.И., Плахотников Ю.Г., Белозеров В.В. Разработка и испытания 3-х образцов радиобиосенсорной системы (РБСС-транспорт, РБСС-индивид и РБСС-медик) для диагностики состояния индивида //отчет о НИР № 9615р/16258 от 12.08.2011 (Фонд содействия развитию малых форм предприятий в НТС) – URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=23512145> .
18. Белозеров В.В., Босый С.И., Тесля Э.П., Удовиченко Ю.И. Интернет-расчет и приложение к ПК «Т-flex», для формирования декларации о пожарной безопасности объекта //Современные информационные технологии в образовании ЮФО: материалы научно-методич. конф. «СИТО-2010»/Ростов н/Д, 12-15.04.2010./-Ростов н/Д: ЮГИНФО, 2010. -с.54-60.
19. Белозеров В.В. БЭТА-версия ПК Т-FLEX/ПОЖАР для ООО «ТРЕЙД-МОТОРС» /В.В. Белозеров, Ю.И. Удовиченко и др. //отчет о гранте № 7939р/10353 от 16.04.2010 – М.: Фонд содействия РМФПНТС, URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=23668818>
20. Белозеров В.В. Разработка методического, технического и программного обеспечения ОКТАЭДР /В.В. Белозеров, С.И. Босый, С.И. Буйло С.И. и др. //отчет о

гранте № 5973p/5823 от 24.03.2008 – М.: Фонд содействия развития МФПНТС URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=23608067> .

21. Белозеров В.В. Автоматизация термо-криостата и электропечи на герметизируемом посадочном месте в установке DERIVATOGRAPH /В.В. Белозеров, С.И. Босый и др. //отчет о гранте № 3428p/5823 от 18.08.2005 – М.: Фонд содействия развитию МФПНТС. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=23512157> .

22. Белозеров В.В. «БАКСАН»: Автомобиль – подавитель дорожно-транспортного вреда / А.Д. Азаров, Е.К. Айдаркин, Л.Х. Бадалян и др.//2-я Межд. конф. «Наука и будущее: идеи, которые изменяют мир» -М.: Фонд «Наука и будущее», 2005, с. 1-8.

23. Белозеров В.В. Модель адаптивной системы безопасности дорожного движения /А.Д. Азаров, Л.Х. Бадалян и др. //отчет о НИР № ТОО-13.0-2500 и ТОО-13.0-2501 от 02.02.2000 (Министерство образования и науки РФ) URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=23428111>

24. Белозеров В.В., Волошин В.А., Белозеров В.В. Концепция общей опасности техногенной сферы //отчет о НИР № 4.65 от 15.02.1996 (Министерство образования и науки РФ)- Ростов н/Д: РГУ.-33с. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=23392339>

25. Белозеров В.В. Методика оценки надежности и пожарной опасности программно-технических комплексов "УНИКОНТ» /Бушкова Е.С., Хаишбашева С.В. и др. - Северодонецк: НПО «Квантор» (ВНИИПО, АГПС МВД РФ и НИИ Физики РГУ), 1995. -210с.

26. Белозеров В.В. Технико-экономическое обоснование локальной автоматизированной системы противопожарной защиты средств вычислительной техники Кольской АЭС /В.В. Белозеров, В.А. Волошин и др. //отчет о НИР № 6124/6 - Полярные Зори: Кольская АЭС (НИИ физики РГУ), 1993. -42с. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=24193057>

Белозеров Владимир Валерьевич

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНЫХ ПОТОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 23.10.2017 г.

Формат бумаги 60x90

Тираж 100 экз.

1/16 Заказ № 319
