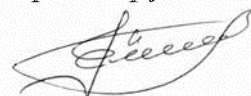


МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ
ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ
ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ
Академия Государственной противопожарной службы

На правах рукописи



БЕЛОЗЕРОВ ВЛАДИМИР ВАЛЕРЬЕВИЧ

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

диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

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

Научный руководитель – доктор технических наук,
профессор, заслуженный деятель науки РФ
Топольский Н.Г.

Москва – 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ		4
Глава 1	ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ, НОРМАТИВНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ АСУ ТП	11
	1.1. Анализ требований безопасности при создании АСУ ТП	11
	1.2. Анализ статистики инцидентов, аварий, взрывов и пожаров на объектах промышленности	14
	1.3. Анализ существующих подходов к созданию АСУ ТП ОПО	25
	1.4. Примеры реализации АСУ ТП ОПО и обоснование направления исследований	27
	Выводы по главе	48
ГЛАВА 2	МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗАЦИИ СОЗДАНИЯ АСУ ТП ПО ФОРМАЛИЗОВАННОМУ ПРОЕКТУ	50
	2.1. Обоснование необходимости математического моделирования процессов проектирования ОПО	50
	2.2. Математическое моделирование процесса создания технологической схемы для ОПО	52
	2.3. Математическое моделирование процесса создания АСУ ТП по технологической схеме	59
	2.4. Алгоритмизация математической модели	64
	2.5. Синтез структуры ПТК для создания АСУ ТП ОПО, реализующего математическую модель	65
	Выводы по главе	69
ГЛАВА 3	РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗАЦИИ СОЗДАНИЯ АСУ ТП	70
	3.1. Контекст ввода-вывода	71
	3.2. Технологические датчики контроля	72
	3.3. Простейшие устройства	73
	3.4. Технологическое оборудование	74
	3.5. Технологический узел	76
	3.6. Редактор конфигурации АСУ ТП	78
	3.7. Основной модуль верхнего уровня	81
	3.8. Модуль SCADA WINCC	82
	3.9. Реализации ПТК в проекте АСУ ТП силосного терминала ЗАО «Содружество-СОЯ» г. Калининград.	88
	Выводы по главе	92
ГЛАВА 4	ИМИТАТОР ВИРТУАЛЬНОГО ВНЕДРЕНИЯ АСУ ТП	93
	4.1. Обоснование создания имитатора АСУ ТП	93
	4.2. Методология создания имитатора АСУ ТП	96
	4.3. Виртуализация среды выполнения программ	100
	4.4. Оценка реализаций возможностей имитатора на ОПО	102
	Выводы по главе	112
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		114
	Список литературы	116
ПРИЛОЖЕНИЯ		129

ВВЕДЕНИЕ

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 пожаровзрывобезопасности моделируемых инцидентов и аварий.

Объект исследования – существующие методы, средства и системы разработки АСУТП (аппаратно-программные средства и средства наладки,

методики и программы натуральных испытаний) и реализации требований пожаровзрывобезопасности 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 пожаровзрывоопасных 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 изменят 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 зерно продуктов» (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 128 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 10 с.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ, НОРМАТИВНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ АСУ ТП ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1.1. Анализ требований безопасности при создании АСУ ТП

Законодательство Российской Федерации в сфере безопасности производственных процессов требует постоянного совершенствования по причине, связанной в первую очередь с реагированием на складывающуюся обстановку с инцидентами, авариями и пожарами, техническим прогрессом, а также снижением присутствия государственного регулирования в предпринимательской деятельности, в том числе с интеграционными процессами, происходящими в российской экономике и необходимостью гармонизации с требованиями [33,52,98,99]:

- Конвенции ООН "О трансграничном воздействии промышленных аварий",
- Кодекса и конвенции МОТ по предотвращению промышленных аварий,
- Директив № 82/501/ЕЭС и № 96/82/ЕЭС,
- Закона об аварийных ситуациях (ФРГ).
- Системы актов СИМАН по безопасности в промышленности (Великобритания).

Основополагающими нормативными правовыми актами в области безопасности и охраны труда в Российской Федерации, являются Федеральные законы, определяющие общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасности в Российской Федерации, устанавливающие основные положения технического регулирования в указанной сфере и общие требования безопасности к объектам защиты (продукции) повышенной опасности [98,99].

С 2016 года, в соответствии с редакцией N 283-ФЗ от 03.07.2016, в данной предметной области, используются следующие основные понятия [99]:

промышленная безопасность опасных производственных объектов (ПБ ОПО) - состояние защищенности жизненно важных интересов личности и

общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий;

авария - разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ;

инцидент - отказ или повреждение технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, отклонение от установленного режима технологического процесса;

технические устройства ОПО - машины, технологическое оборудование, системы машин и (или) оборудования, агрегаты, аппаратура, механизмы, применяемые при эксплуатации опасного производственного объекта;

обоснование безопасности опасного производственного объекта - документ, содержащий сведения о результатах оценки риска аварии на опасном производственном объекте и связанной с ней угрозы, условия безопасной эксплуатации опасного производственного объекта, требования к эксплуатации, капитальному ремонту, консервации и ликвидации опасного производственного объекта;

система управления промышленной безопасностью - комплекс взаимосвязанных организационных и технических мероприятий, осуществляемых организацией, эксплуатирующей опасные производственные объекты, в целях предупреждения аварий и инцидентов на опасных производственных объектах, локализации и ликвидации последствий таких аварий;

риск аварии – это мера опасности, которая характеризует вероятность возникновения аварии на опасном производственном объекте и тяжесть ее последствий.

ущерб от аварии – это потери в производственной и непромышленной сфере жизнедеятельности человека, а также вред, нанесённый окружающей природной среде, в результате аварии на опасном производственном объекте исчисляемые в денежном эквиваленте.

Ранее состояние безопасности в любых организационных системах определялось наличием требований в нормативных документах Госстроя и Госстандарта, а также других ведомств. Число таких документов оценивалось в несколько тысячи, а состав противопожарных требований в десятки тысяч [88].

Со вступлением в силу 184-ФЗ «О техническом регулировании» [98] и соответствующих Технических регламентов, в настоящее время, кроме них, действуют десятки сводов правил и около сотни стандартов. Таким образом, и в настоящее время требования безопасности, изложены в источниках, насчитывающих около 300 документов. При этом следует отметить, что принятые своды правил (СП) и государственные стандарты (ГОСТ) в области безопасности, являются документами, которые применяются на добровольной основе. Добровольность применения СП и ГОСТ заключается в том, что многие Технические регламенты предоставляют выбор [14,15,33,96]:

- сделать расчет рисков и, если значения, полученные при их расчете, не превышает допустимых значений, установленных Техническими регламентами, то выполнять требования нормативных документов не требуется;

- в полном объеме выполнить требования нормативных документов по безопасности, в частности, требования, установленные ГОСТами и СП.

Принципиально новым при этом, наряду с государственной экспертизой, явилось введение институтов независимой экспертизы, которые призваны охватить предприятия малого и среднего бизнеса.

Однако, с точки зрения создания АСУТП, в т. ч. предприятиями малого и среднего бизнеса, в настоящее время имеются факторы, препятствующие исполнению требований безопасности в необходимом объеме по следующим причинам [13-15,89,95]:

- из-за конфликта интересов надзорных органов, заказчиков и независимых проектировщиков, монтажников и наладчиков систем;

- из-за низкой правовой и экономической ответственности предприятий малого и среднего бизнеса перед потенциальными заказчиками систем;

- из-за высокой стоимости работ по обеспечению безопасности и стремлении заказчика снизить себестоимость автоматизации;

- из-за «человеческого фактора», присутствующего у заказчиков, проектировщиков, монтажников и наладчиков систем.

Определенные проблемы создает и тот факт, что, за исключением некоторых попыток [33,52], пока в нормативных документах не сделано попыток структурировать требования, выделив минимально необходимые, связанные с безопасностью людей, в связи с чем, актуальным остается подход, связанный с выполнением мероприятий в области безопасности в полном объеме.

1.2. Анализ статистики инцидентов, аварий, взрывов и пожаров на объектах промышленности

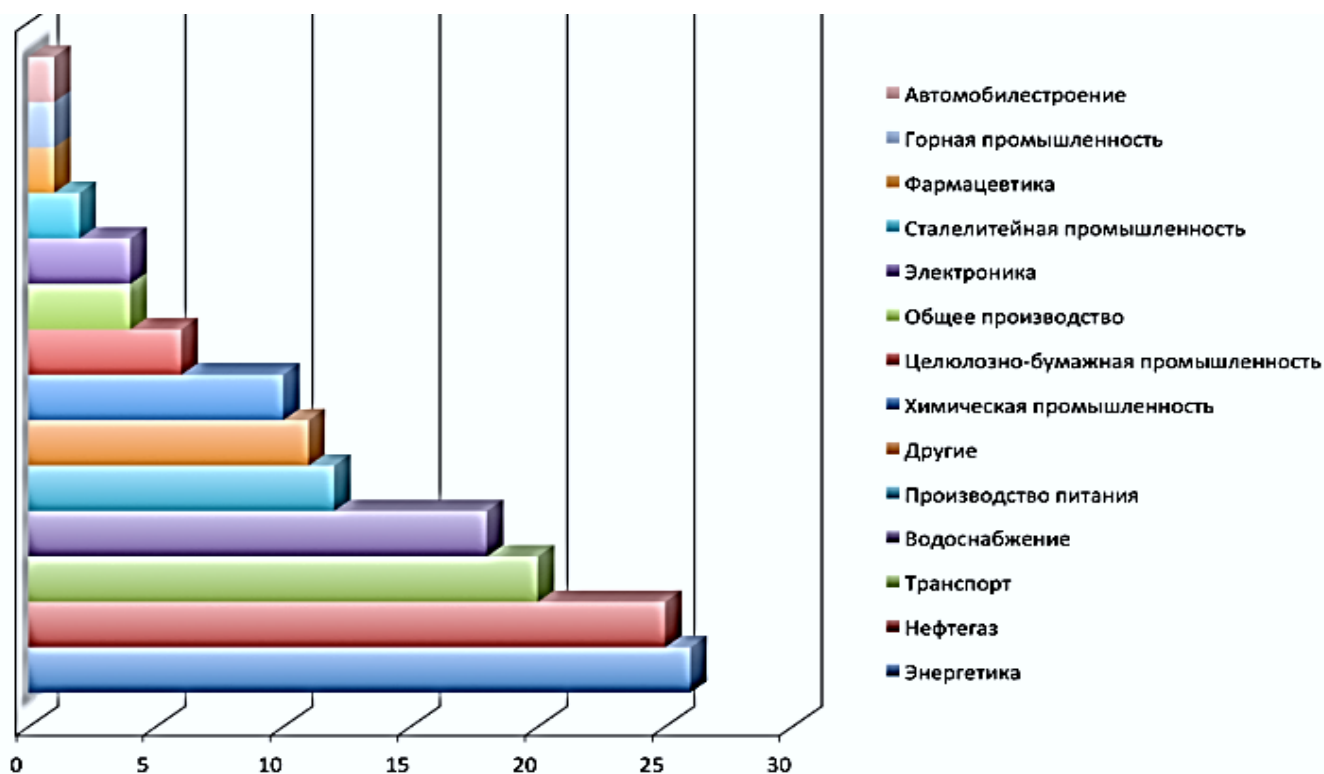


Рис.1.1 - Гистограмма инцидентов по отраслям промышленности

В пятерку наиболее опасных и подверженных угрозам отраслей входят (рис.1.1) энергетика, нефтегаз, транспорт, водоснабжение и пищевая промышленность [3,14,58,85,88-91].

Время простоя от инцидентов в большинстве случаев измеряется секундами, т.е. практически равно нулю (рис.1.2). На втором по частоте месте – интервал от

1 до 4 часов. За это время, в зависимости от отрасли, в котором работает объект повышенной опасности, может произойти очень многое – например, от «утечки» бензина на НПЗ (банальной кражи) до пожара и экологической катастрофы с человеческими жертвами [58,85].

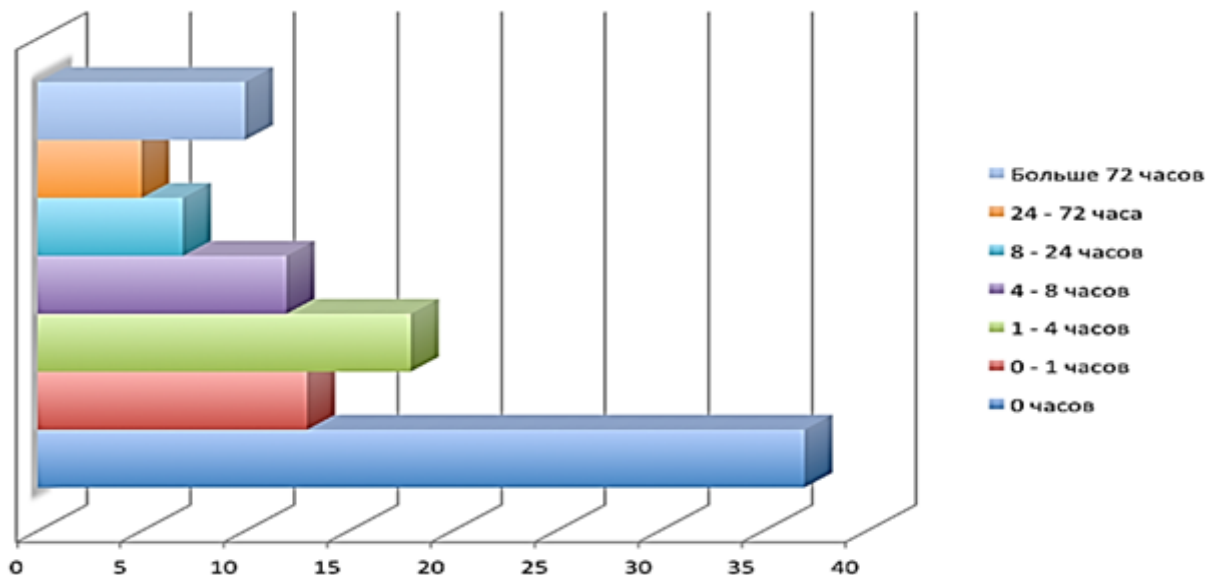


Рис.1.2 – Гистограммы простоя от инцидентов

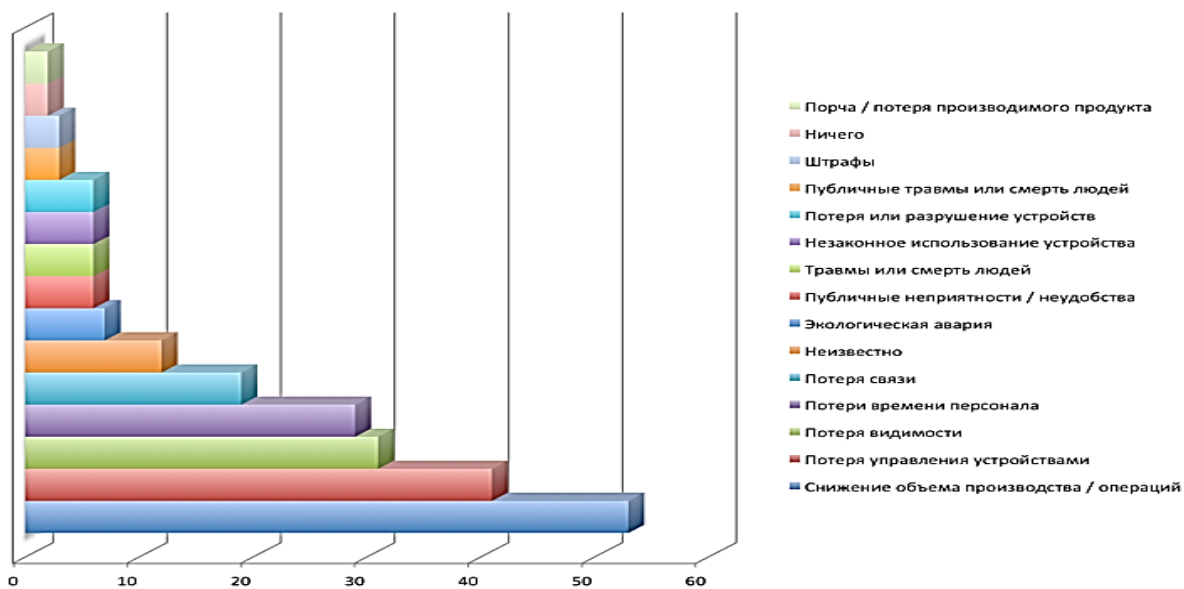


Рис.1.3 – Гистограммы последствий от инцидентов

Наиболее частые последствия от инцидентов предсказуемы (рис.1.3) - снижение объема производства/операций, потеря управления устройствами, снижение продуктивности персонала

По данным RISI [58] с финансовой точки зрения, статистика объемов потерь почти в 60% случаев не превышает 100 тысяч долларов США (рис.1.4) .



Рис.1.4 – Диаграмма масштабов финансового ущерба

С точки зрения АСУТП, чаще всего в инцидентах бывает замешаны контроллеры (PLC), распределенная система управления (DCS), Master SCADA, промышленный ПК и HMI (рис.1.5). При этом обнаруживаются инциденты обычно операционным персоналом во время самого инцидента, а на втором месте - обнаружение после инцидента. Обнаружение инцидента с помощью каких-либо средств защиты (рис.1.6) происходит крайне редко [59].

Отсюда следует ряд важных выводов:

- при создании АСУТП и заказчик, и проектировщик уделяют недостаточно внимания обеспечению безопасности технологических процессов, в т. ч. тренировке персонала,

- при монтаже и наладке АСУТП заказчик не требует, а подрядчик не разрабатывает и не реализует средства и алгоритмы обнаружения инцидентов, и их полноценной проверки при сдаче системы в эксплуатацию.

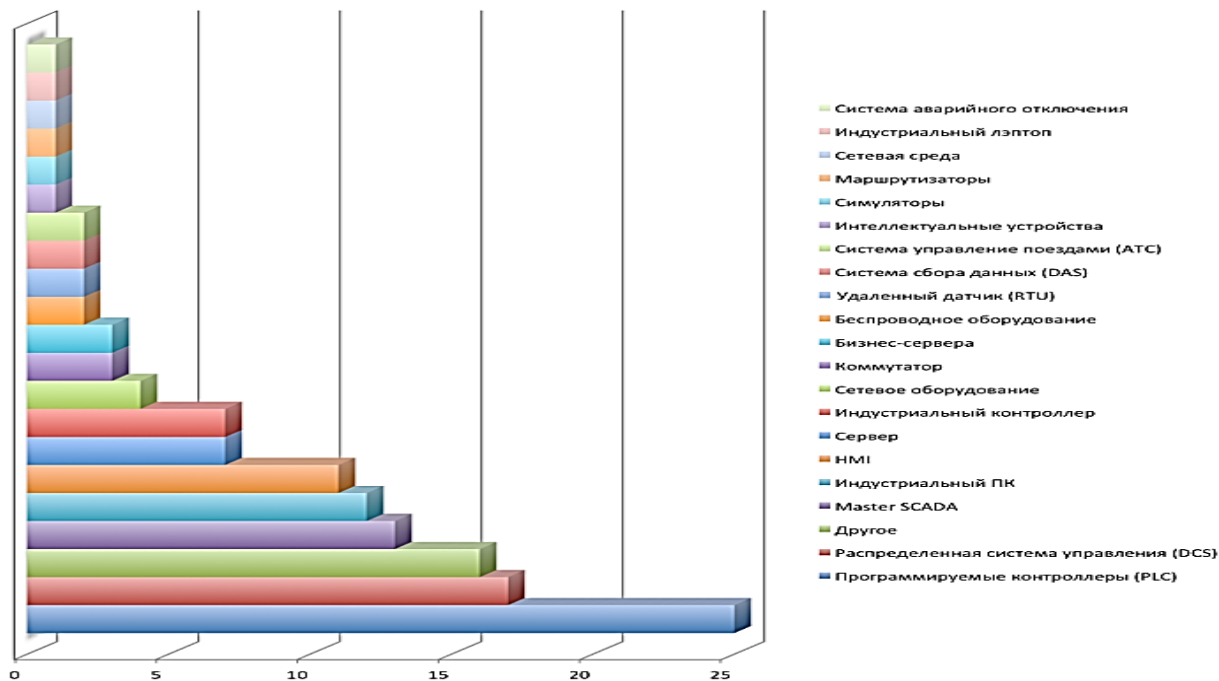


Рис.1.5 – Гистограмма инцидентов в оборудовании

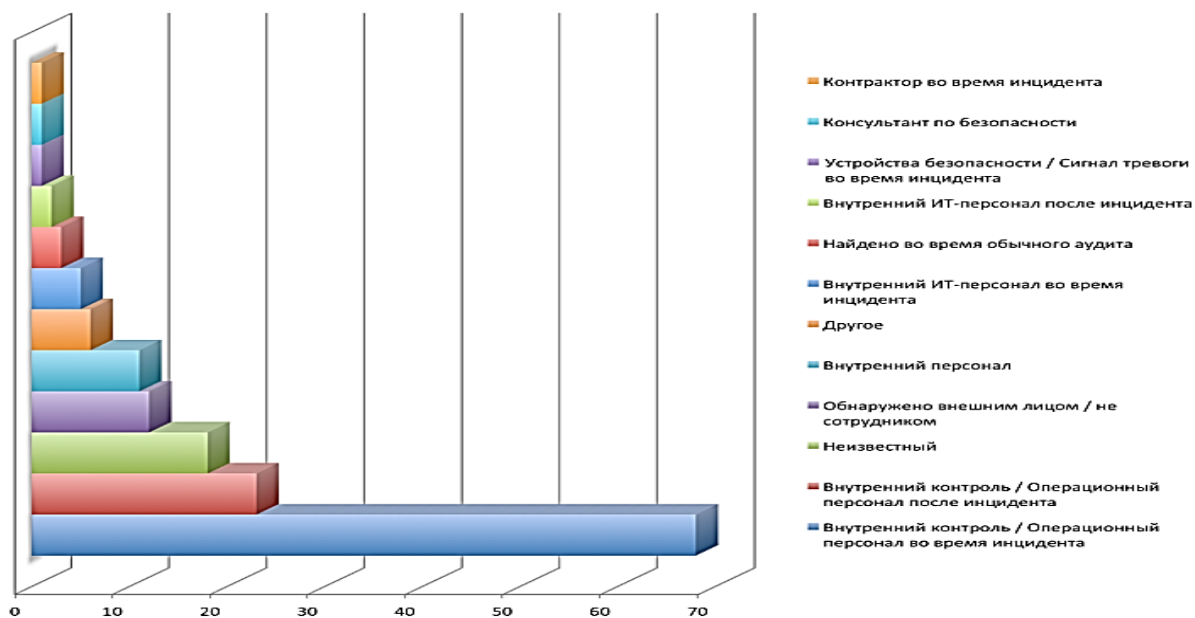


Рис.1.6 – Гистограмма обнаружения инцидентов

Статистика аварий, несколько отличается от структуры типов и отраслей инцидентов, в т. ч. структурой потерь (рис. 1.7-1.10), в которые входят гибель и травмы персонала [52,85].



Рис.1.7 - Гистограмма аварий по отраслям промышленности

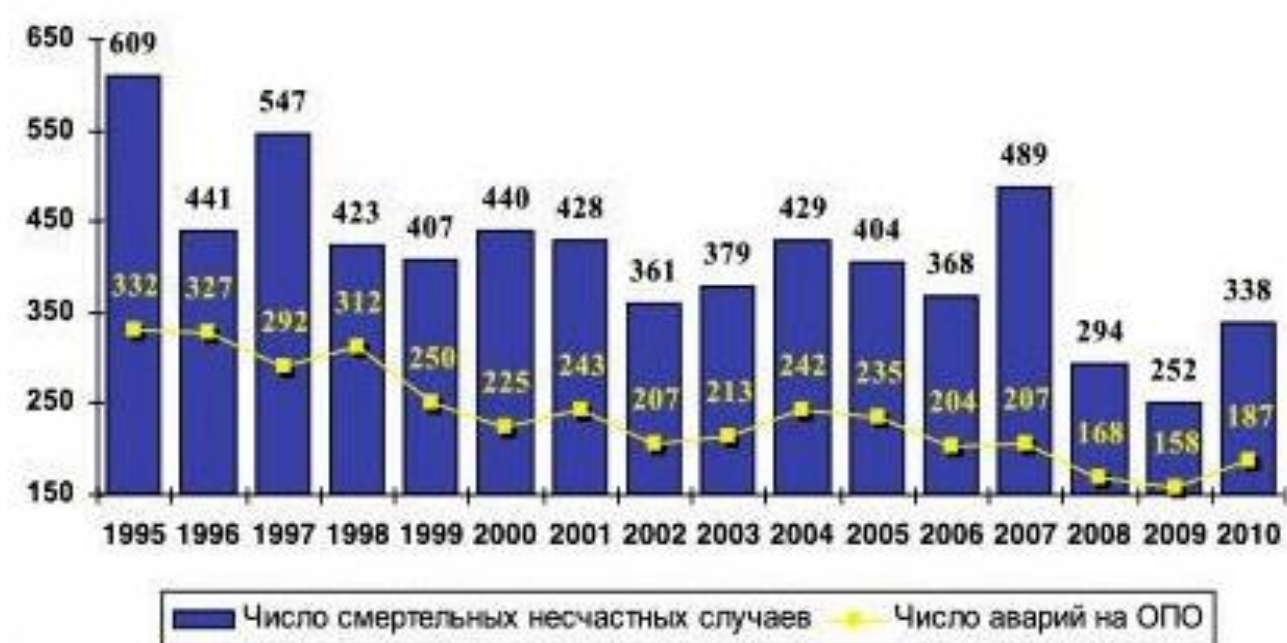


Рис.1.8 – Гистограмма гибели и график аварий на ОПО

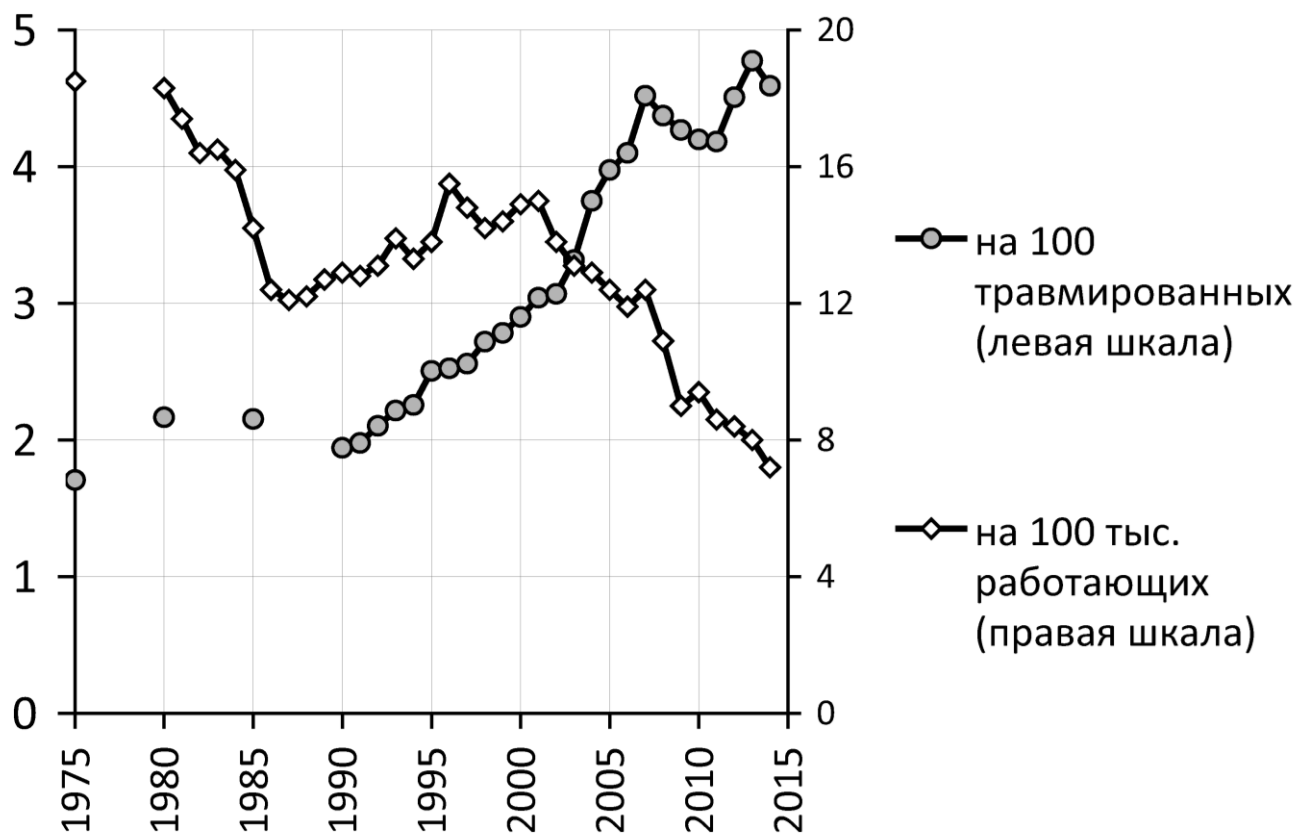


Рис.1.9 – «Крест» показателей травматизма в СССР и в России

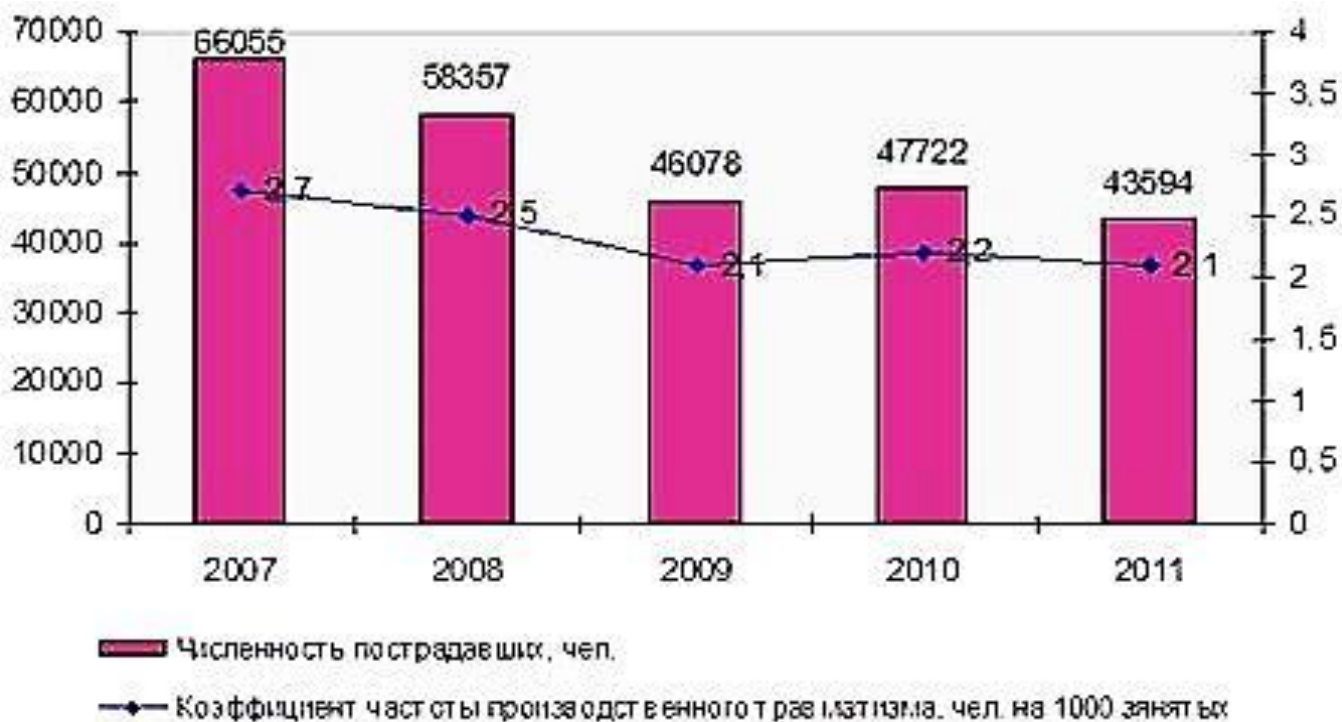


Рис.1.10 – Число пострадавших и их частота на 1000 работающих в России

В последнее время, в т.ч. из-за бурного развития АСУТП, появился новый тип угрозы, именуемый информационной опасностью. Пример - пресловутый Stuxnet, работа которого заключалась в изменении работы центрифуг, отвечающих за обогащение урана. Stuxnet как раз и привел к отклонению от режима технологического процесса. А значит, если вдруг Stuxnet проявит себя у нас в России, а он присутствует на отечественных объектах повышенной опасности, то мы будем иметь дело с инцидентом-аварией, подпадающими под действие 116-ФЗ о промышленной безопасности [58,85,88].

Однако на практике сложилось так, что промышленная безопасность и информационная безопасность никак не связаны между собой, как не связаны информационная безопасность и безопасность объектов ТЭК из 256-ФЗ, как не связаны информационная безопасность и транспортная безопасность, как не связаны информационная безопасность и безопасность гидротехнических сооружений [58,59].

Иными словами, причиной инцидентов на всех этих объектах может стать вредоносная программа или иная направленная или случайная атака. Так, например, есть гипотеза, что веерное отключение электроэнергии в США несколько лет назад было связано с червем Slammer, а причиной "слепоты" центров управления авиа полетами во время событий 11-го сентября послужила направленная атака, но под действие законов о безопасности все эти события не попадают [59].

По промышленной безопасности существует огромное количество различных документов, регламентов, инструкций, выпущенных Ростехнадзором или Росатомнадзором. По безопасности объектов ТЭК также есть документы Минэнерго. А вот по информационной безопасности на этих объектах практически нет ничего, а пора бы создать систему, реализующую их взаимодействие и самоорганизацию (рис.1.11), и в первую очередь – при создании АСУТП объектов повышенной опасности [58,85,88].

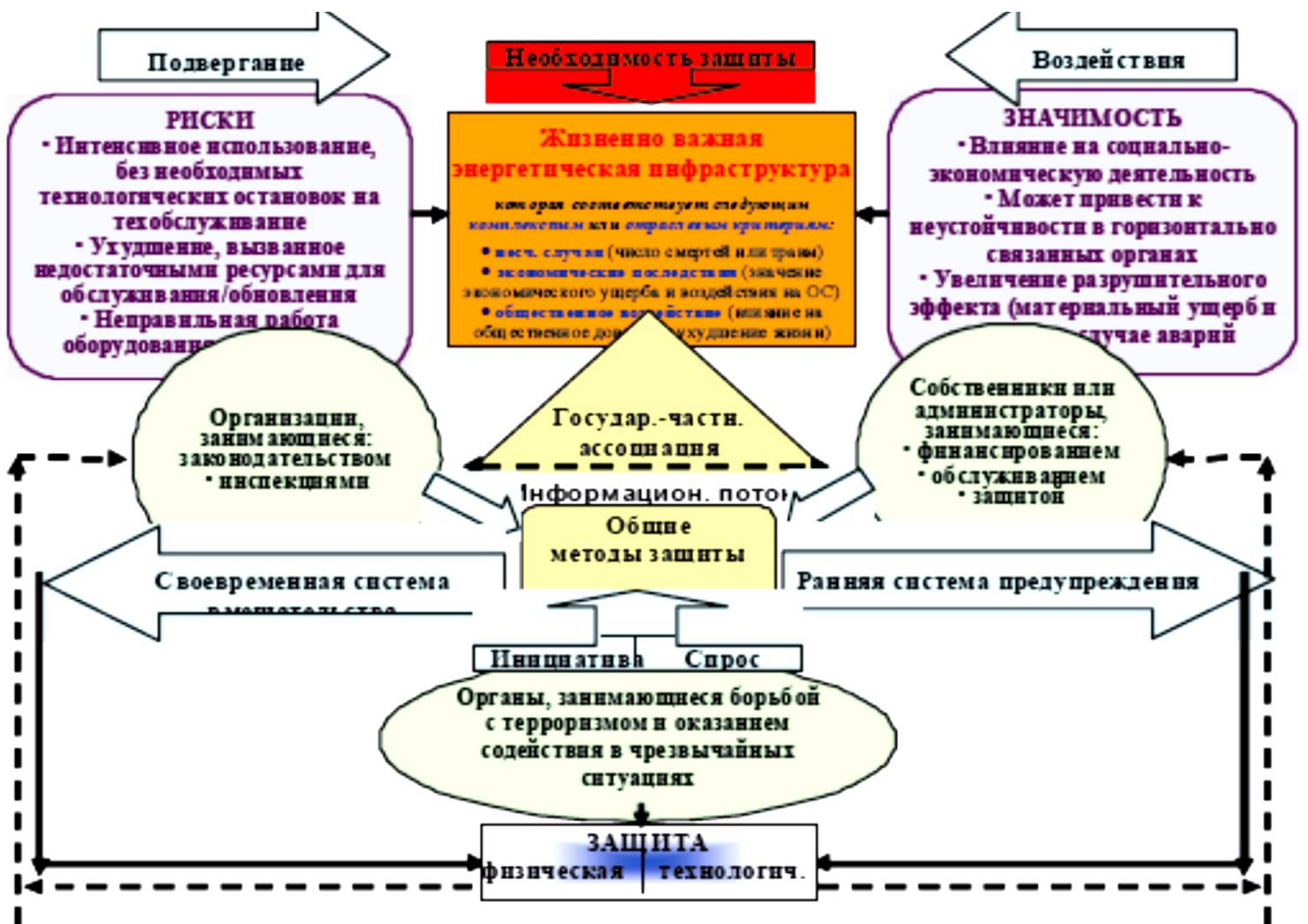


Рис. 1.11 – Синергетическая структура процессов управления безопасностью

Статистика инцидентов в АСУ ТП (рис.1.12) свидетельствует о том, что самым распространенным протоколом, в рамках которого они происходят, все-таки является TCP/IP [58].

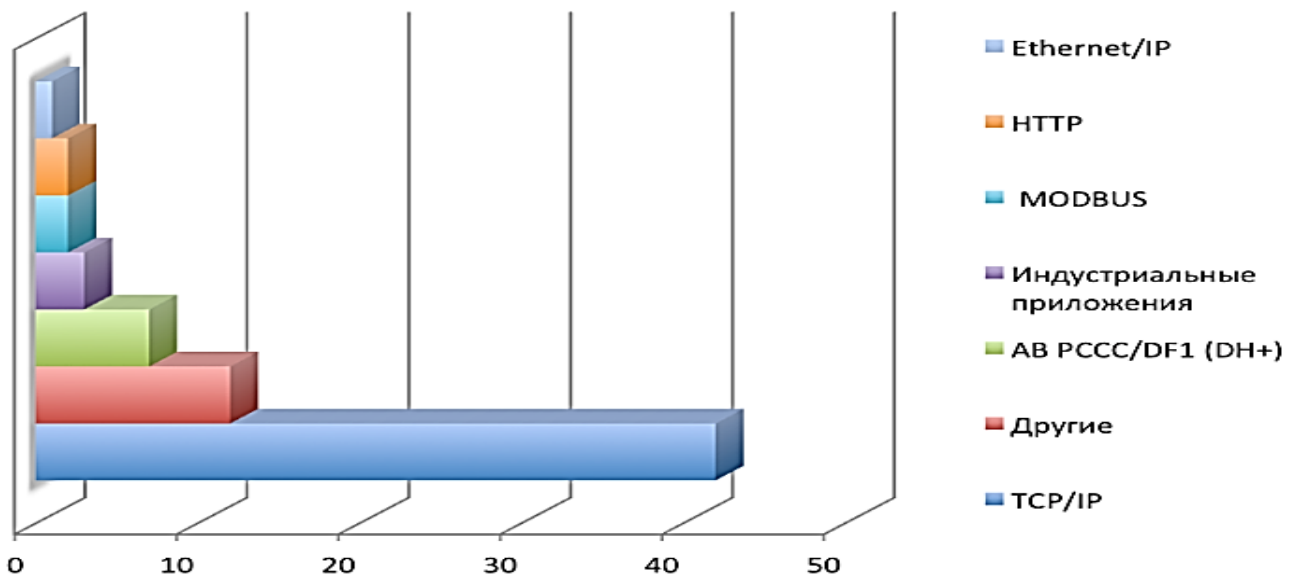


Рис. 1.12 – Гистограмма протоколов, в рамках которых произошли инциденты

Это лишний раз доказывает, что традиционные средства сетевой безопасности могут быть эффективно использованы для защиты АСУ ТП. Правда, второе, третье и четвертое место занимают промышленные протоколы, которые должны распознаваться и фильтроваться выбираемыми средствами защиты. Однако следующая гистограмма (рис.1.13) показывает, что вредоносное программное обеспечение, попавшее внутрь извне, является основной проблемой даже в промышленных сегментах. Вопросы надежности железа и системного/микропрограммного обеспечения находятся на втором и четвертом местах соответственно. Это свидетельствует о необходимости внедрения SDLC, соответствующего тестирования и приемочных испытаний АСУ ТП, наличия адекватной процедуры выбора оборудования и ПО, соответствующей процедуры управления обновлениями и т.п.[12,25,30-32,58,59].

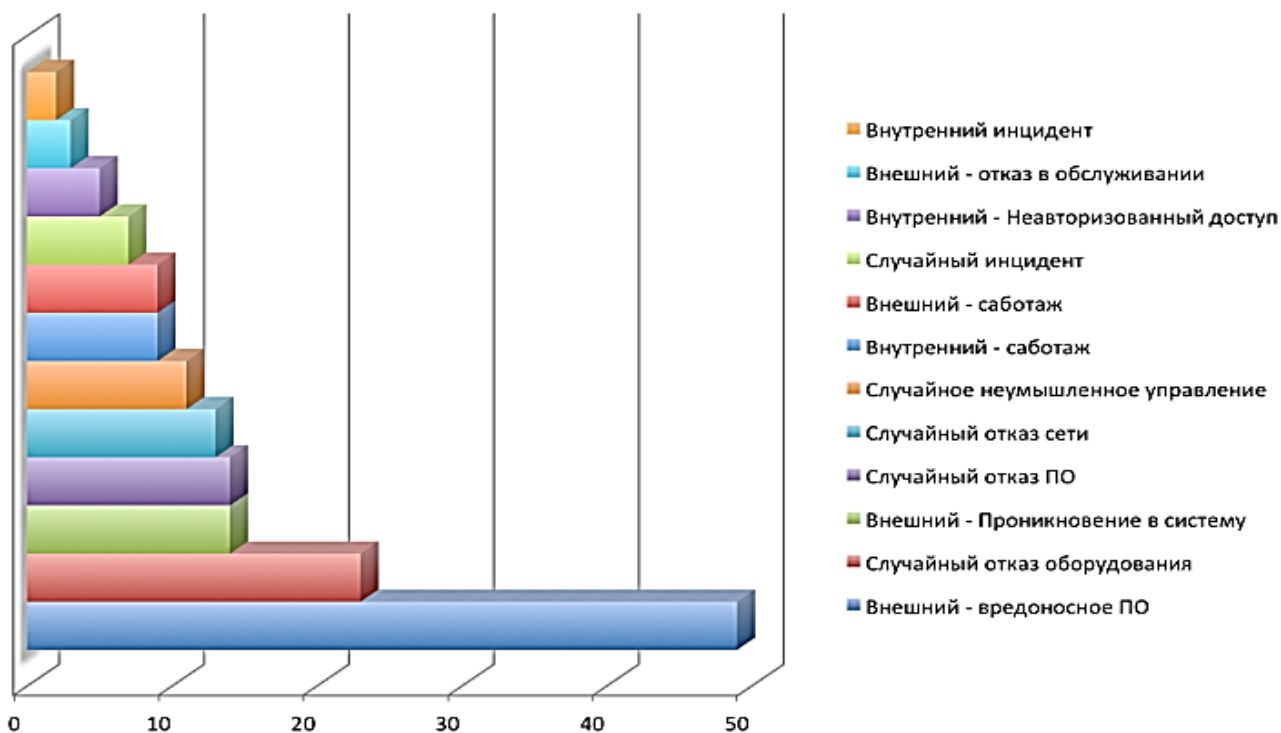


Рис. 1.13 – Гистограмма типов инцидентов

Учитывая, что вредоносное ПО - самый распространенный тип инцидентов, а на втором месте – отказы и на третьем - проникновение в систему, приходим к выводу, что основным типом нарушителя для промышленных сетей является внешний нарушитель/вирусописатель. И поэтому в АСУ ТП ОПО должны в

обязательном порядке предусматриваться средства идентификации и защиты [58,59,76].

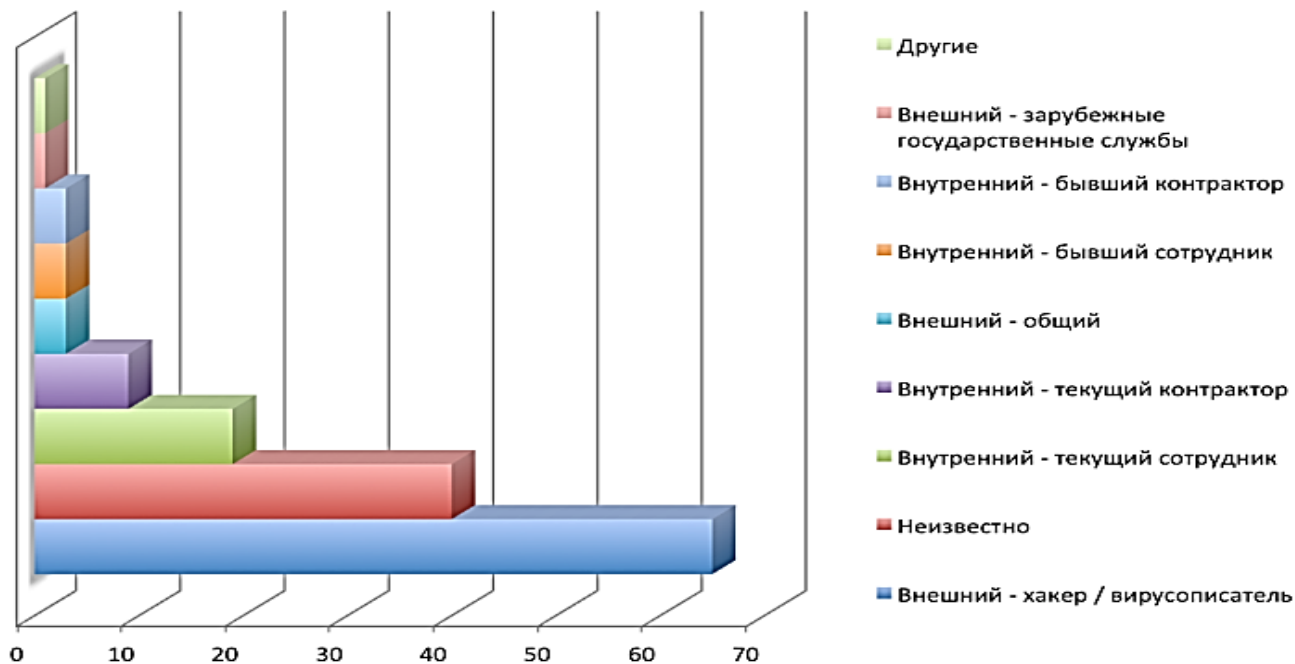


Рис. 1.14 – Гистограмма «нарушителей»

Наиболее интересна статистика по точкам входа в индустриальный сегмент (рис.1.15), которые в большинстве случаев - не определены.

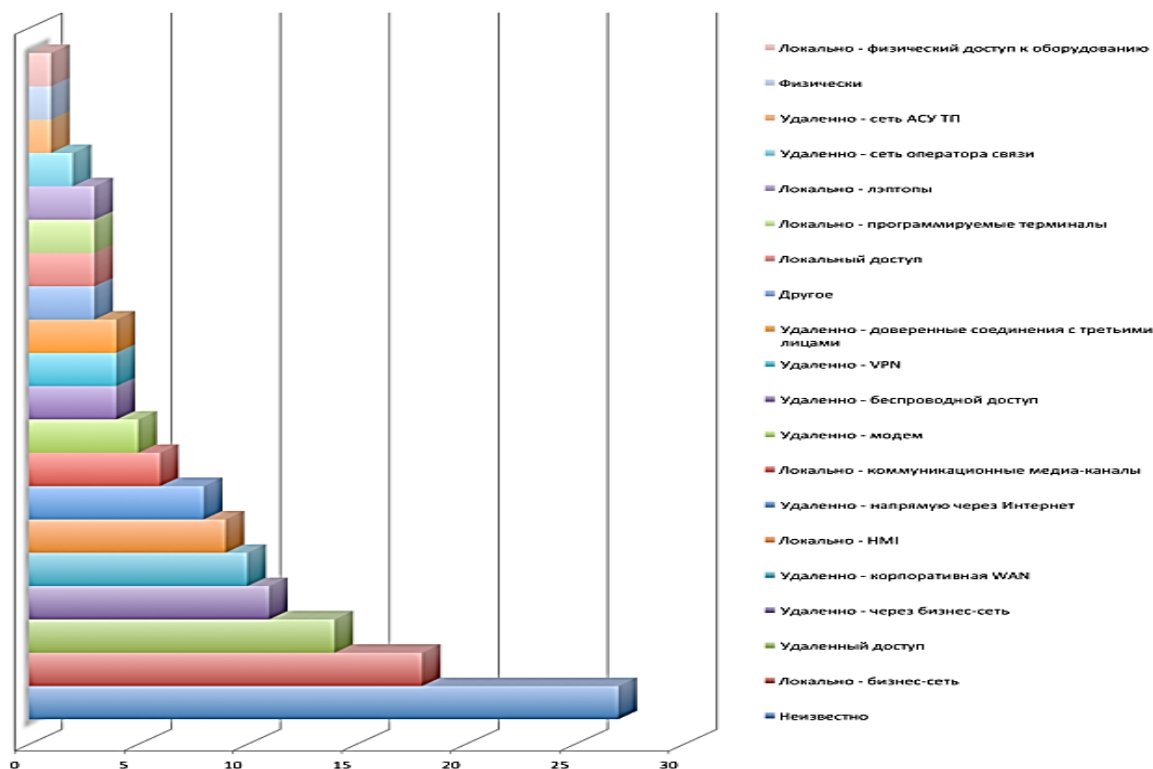


Рис. 1.15 – Гистограмма «нарушителей»

Как следует из гистограммы (рис.1.15), на втором месте - точка соприкосновения с корпоративной сетью, а на третьем - удаленный доступ. Данная статистика опровергает миф о том, что промышленные сегменты не подключены никуда и изолированы от Интернета, от корпоративной сети, от сетей третьих лиц и т.п.[58]

Интересны данные (рис. 1.16, 1.17) уязвимости АСУ ТП американской компании Red Tiger, занимающейся аудитом и тестами на проникновения в промышленные сети [58,59].

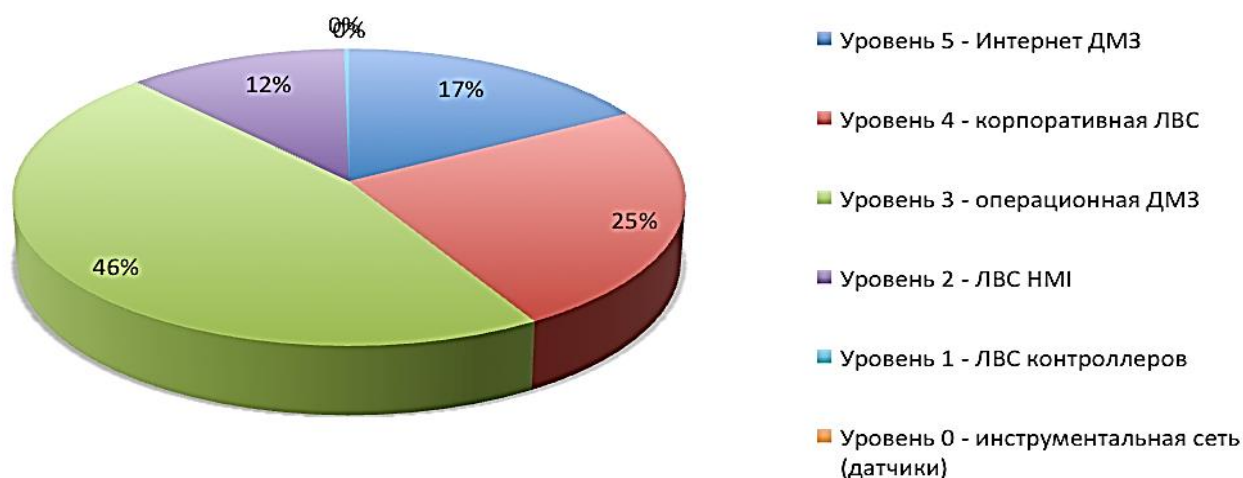


Рис. 1.16 - Диаграмма по уровням инцидентов (%)

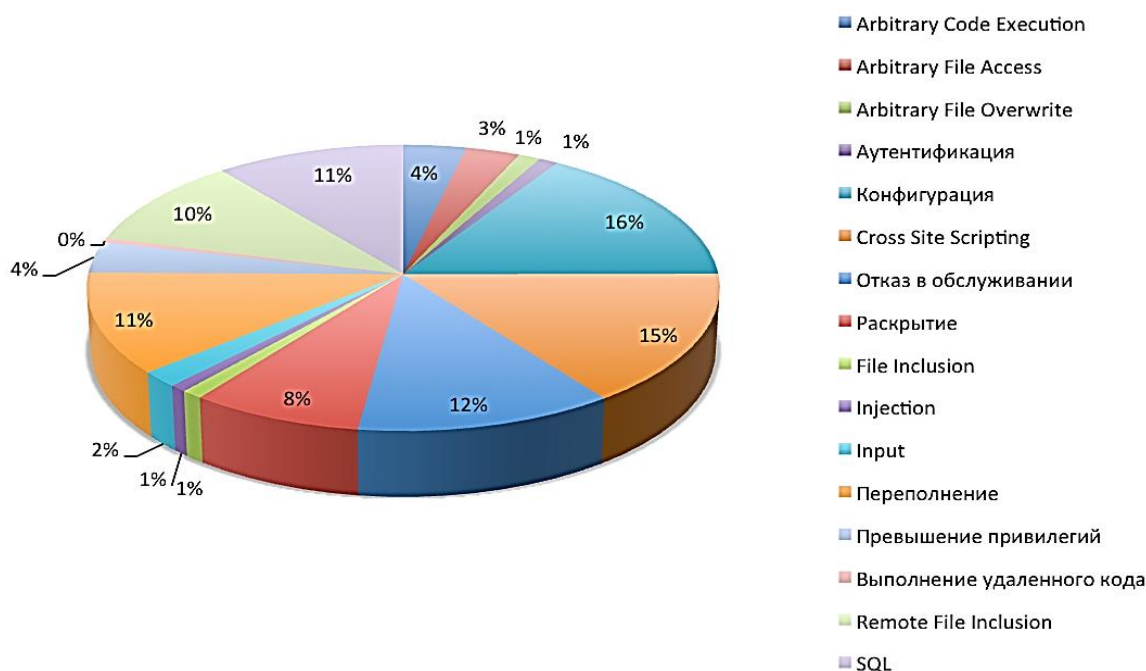


Рис. 1.17 - Диаграмма инцидентов (%) по процедурам ПО

1.3. Анализ существующих подходов к созданию АСУ ТП ОПО

Проектирование АСУ ТП основывается на следующей исходной информации [35-37,98,99]:

- на Техническом задании (ТЗ),
- на технологической схеме (ТС), в которой однозначно определены средства контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИП и А),
- на параметрах технологического оборудования и его связях в технологических процессах,
- на требованиях безопасности (Технических регламентах, сводах правил, стандартах и др. нормативных документов),
- на Правилах промышленной безопасности, если осуществляется автоматизация опасного производственного объекта (ОПО).

В ТЗ приводятся специализированные требования «Заказчика» к функционированию технологических процессов такие как:

- производительность приема отгрузки и перевалки продукции
- условия обнаружения простоя рабочего оборудования («холостой ход») для энергосбережения
- интеграция с системами более высокого уровня (ERP, MES –системы)
- технологические величины для архивирования и отчетов
- интегрирование других локальных (комплектных) автоматизированных систем
- особые алгоритмы
- дистанционный доступ к историческим данным
- таблицы сигналов и блокировок (СиБ)
- таблицы противоаварийных защит (ПАЗ)

В ТС формируются графические элементы технологического оборудования, технологические связи между оборудованием, графическое представление средств КИП и А, а так же экспликация всех условных обозначений графических элементов в виде таблицы.

В процессе создания рабочей документации проекта (РД) проектировщик определяет необходимые контрольно-измерительные приборы и автоматики (КИП и А), программируемый логический контроллер (ПЛК) с необходимыми каналами ввода и каналами вывода для требуемого контроля и управления технологическим оборудованием. Так же создаются принципиальные электрические схемы для управления и контроля электрических, электромеханических приводов (электродвигателей). Такие схемы могут создаваться как для каждого технологического оборудования отдельно, в котором имеется электропривод, так и типизированные принципиальные схемы (для каждого типа оборудования). В результате готовности стадии РД в проекте обязательно присутствует таблица подключений к каналам ввода-вывода ПЛК сигналов контроля и управления [22,35,44,78].

Как правило, объект автоматизации разбивают на простейшие элементы автоматизации и специальные связи между ними, используя агрегирование.

Агрегирование представляет собой структурно-переменный синтез простейших элементов, при котором реализация технологического процесса обеспечивается изменением структуры технологических единиц, их количества и номенклатуры, а также способов соединения. В наибольшей степени этому удовлетворяет агрегатно-модульный метод проектирования технологии, т.е. компоновка различного оборудования, средств управления ими из стандартных (унифицированных) узлов, каждый из которых предназначен для выполнения заранее определенных функций [1-3,22,45,49,77,89].

Унификация и агрегирование позволяют на основе базовой модели создавать разные технологии с расширенными, суженными или измененными функциями. Унификация и агрегирование неразрывно связаны с рациональным дроблением технологии на модули, что позволяет оперативно создавать новые и модифицированные элементы технологии из ранее созданных надежных унифицированных элементов, в т. ч. немодульных составных элементов, с дальнейшим интегрированием в систему (рис.1.18).

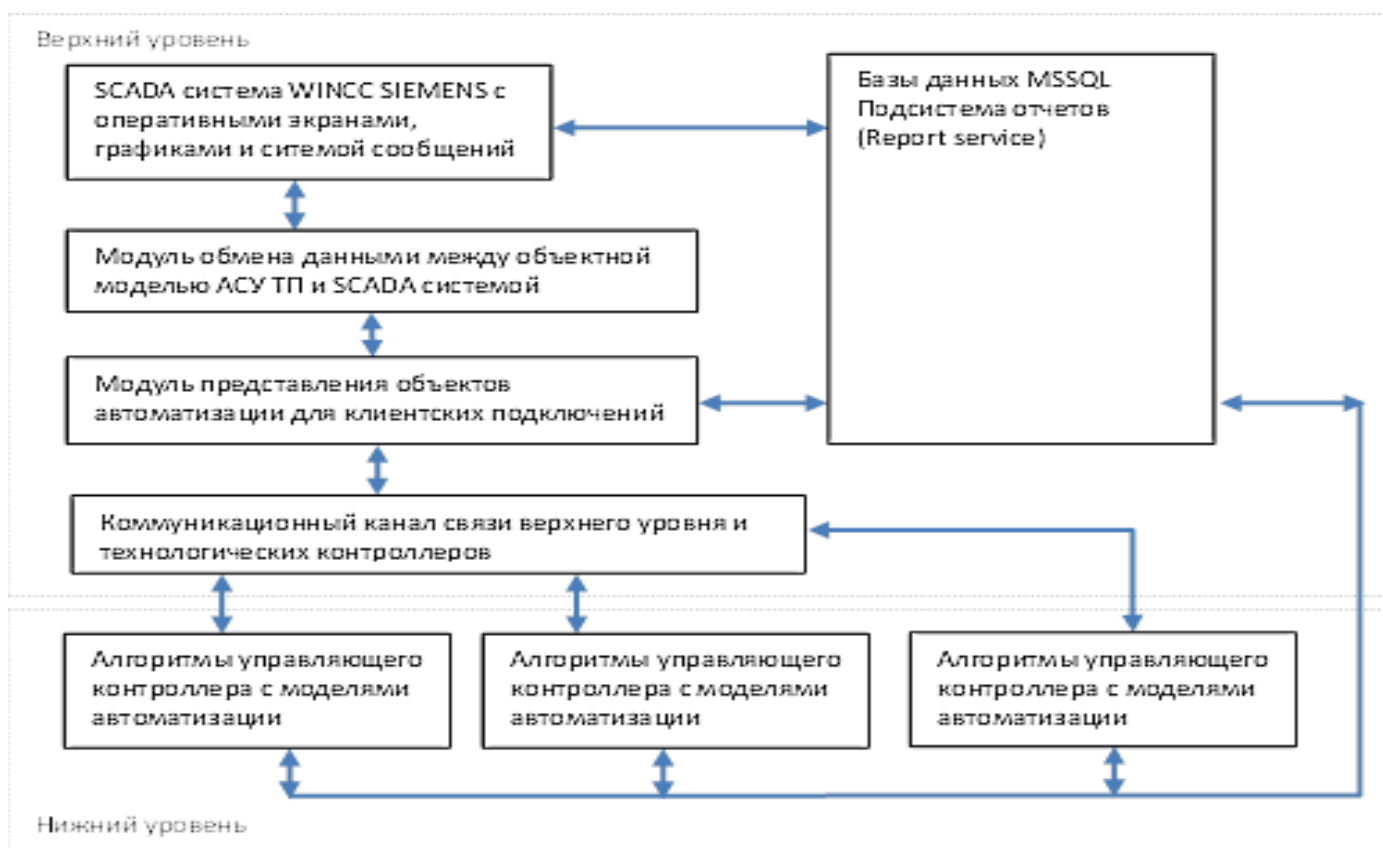


Рис. 1.18 - Блок-схема модулей АСУ ТП

1.4. Примеры реализации АСУ ТП ОПО и обоснование направления исследований

1.4.1. АСУ ТП Порт-Кавказ

АСУ ТП перегрузочного комплекса зерновых грузов построена на основе самого современного программного и аппаратного обеспечения и характеризуется высокой степенью надёжности, широкой функциональностью, лёгкостью в обслуживании и эксплуатации (рис.1.19).

АСУ ТП построена по принципу двухуровневой системы управления, состоящей из нижнего и верхнего уровня (рис.1.20). Нижний уровень представляет собой контроллер с программным обеспечением для управления технологическим оборудованием на низшем уровне. Верхний уровень представляет собой компьютер с программным обеспечением для высокоуровневого управления с помощью контроллера. Верхний уровень

называется операторской станцией. Связь между контроллером и компьютером осуществляется с помощью компьютерной сети [9].



Рис.1.19 – План объекта «Порт-Кавказ»

АСУ ТП отображается на четырёх главных экранах с набором окон, с помощью которых можно получить информацию о ходе технологического процесса и непосредственно управлять этим технологическим процессом (рис.1.20).

АСУ ТП состоит из трёх основных подсистем, которые выполняют четко определённые функции:

- Подсистема безопасности. Данная подсистема призвана защитить АСУ ТП от несанкционированного действия посторонних людей. Она отслеживает и протоколирует все действия зарегистрированных операторов.

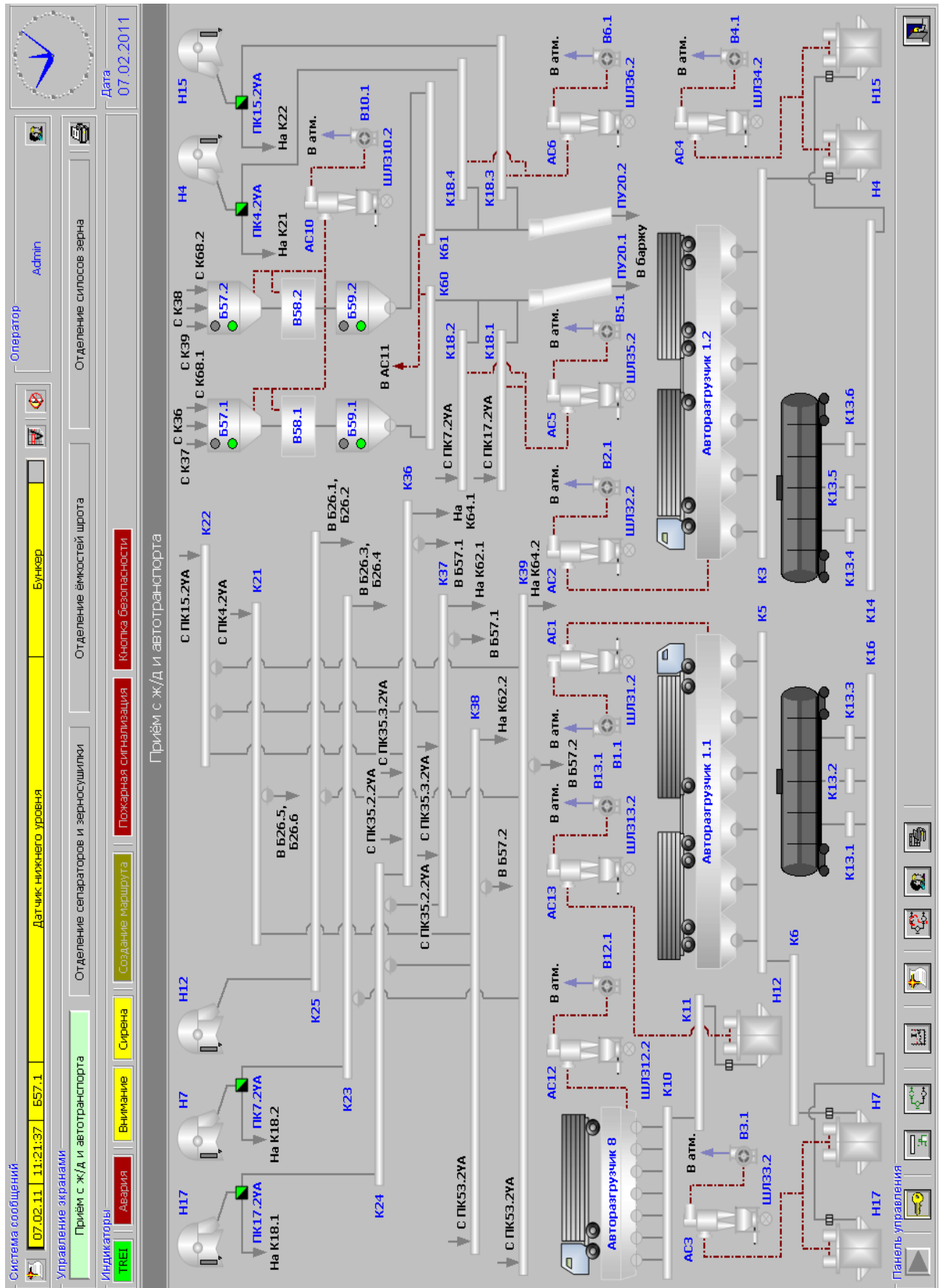


Рис. 1.20 – Главный экран АСУ ТП

О действиях операторов можно получить отчёт в любой момент времени.

Подсистема безопасности состоит из двух частей:

- Регистрация операторов.
- Администрирование операторов.

• Подсистема управления технологическим оборудованием. Данная подсистема предназначена для управления всем технологическим оборудованием и отображения текущего состояния оборудования. Эта подсистема состоит из трёх частей:

- o Управление оборудованием.
- o Система отображения состояния оборудования на экранах.
- o Система сообщений о работе технологического оборудования.

• Подсистема управления заданиями. Данная подсистема предназначена для управления и предоставления оперативной информации о работающих маршрутах. Эта подсистема состоит из трёх частей:










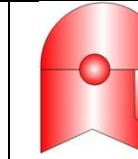
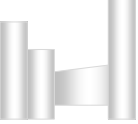
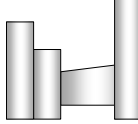
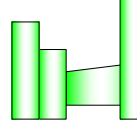
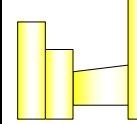
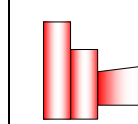

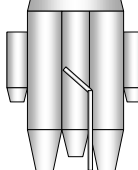
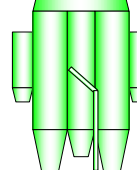
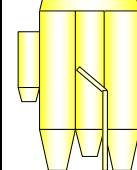
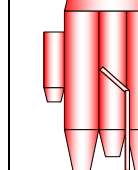


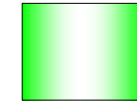
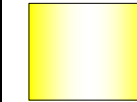
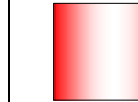
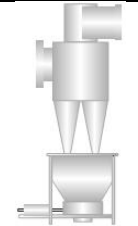
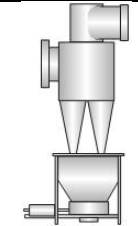
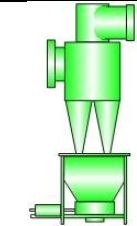
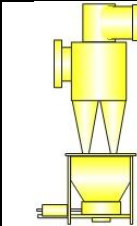
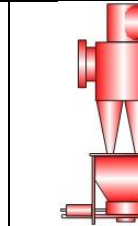

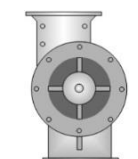
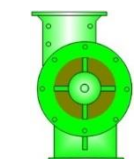
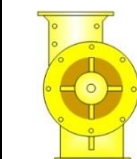
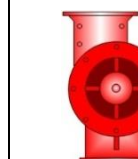

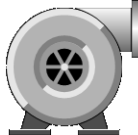

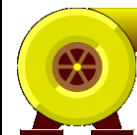
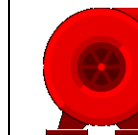


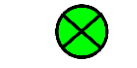


- Управление запуском и остановкой маршрутов.
- Визуальный редактор маршрутов.
- Отчёты о запусках и остановках маршрутов.

Помимо этого в системе есть несколько дополнительных, опциональных подсистем, таких как: подсистема отображения текущих значений токов нагрузки норий в виде графиков и др.

Технологическая схема разбита на четыре экрана. На ней оборудование и связи между оборудованием представлены в виде условных графических и символьных обозначений. В табл. 1.1 – 1.4 приводится описание условных графических и символьных обозначений оборудования.







У технологического оборудования, оснащенного датчиком тока, на мнемосхеме имеется индикатор тока в виде серого прямоугольника, который показывает текущий ток. При подводе мышки к этому прямоугольнику “всплывает” подсказка с точным значением потребляемого тока.

Таблица 1.1 Условные графические и символные обозначения активного оборудования:

№	Графическое обозначение					Обозначение	Описание
	Ручной режим	Выключено	Включено	Режим сбереж.	Неисправность		
1						К	Конвейер
2						Н	Нория
3						СП	Сепаратор
4						ЗС	Зерносушилка
5						В	Весы
6						АС	Пылевой фильтр
7						В	Вентилятор
8						В	Вентилятор
9						ШЛЗ	Шлюзовой затвор





Примечание. Переходные состояния технологического оборудования: процесс включения или процесс выключения, - сопровождаются миганием соответствующих графических объектов на экране с частотой 0,5 Гц. Например, при включении конвейера или его выключении на технологической схеме графический объект, соответствующий данному конвейеру, будет мигать, изменяя цвет с серого на зелёный до тех пор, пока конвейер полностью не запустится или не остановится. Если в конвейере возникла неисправность, соответствующий графический объект будет мигать, изменяя цвет с серого на красный (если конвейер не работал) или с зеленого на красный (если конвейер работал). Мигать графический объект будет до тех пор, пока неисправность не будет снята (о снятии аварий см. раздел 8 “Система сообщений” данного руководства).

Таблица 1.2 Условные обозначения задвижек с электроприводом:

№	Графическое обозначение				Обозначение	Описание
	Ручной режим	Закрыта	Открыта	Авария		
1					ЗШ	Затвор шиберный
2					РЗ	Ручная задвижка
3					БЗ	Быстродействующая задвижка

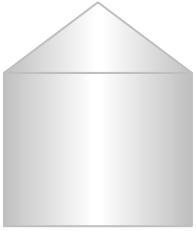






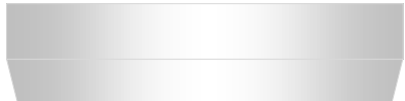


Примечание. Смотри примечание к таблице 1.1.

Таблица 1.3 Условные графические и символьные обозначения перекидных клапанов

№	Графическое обозначение				Обозначение	Описание
	Ручной режим	Левое положение	Правое положение	Авария		
1					ПК	Перекидной клапан

Примечание. Смотри примечание к таблице 1.1.

Таблица 1.4 Графические и символьные обозначения пассивного оборудования

№	Графическое обозначение	Символьное обозначение	Описание
1		С	Силос
2		Б	Бункер
3		Б	Бункер
4		Е	Ёмкость
5		Е	Ёмкость
6		КМ	Камера очистительная
7		-	Авторазгрузчик
8		-	Авторазгрузчик
9		ПУ	Погрузочное устройство
10		-	Магнитный сепаратор

Для реверсивных конвейеров на изображении конвейера расположены стрелки, которые подсвечиваются зелёным цветом, показывая направление работы конвейера.

На технологической схеме имеются бункеры и силосы с дискретными датчиками уровня продукта. Конкретный датчик обозначает либо нижний, либо верхний уровень. Дискретный датчик обозначается на технологической схеме в виде круга, цвет которого определяется состоянием датчика (сработан – не сработан), а также предельным уровнем. В АСУ ТП принята следующая цветовая система обозначения уровня продукта в силосах и бункерах:

1. Дискретный датчик не сработан – датчик имеет серый цвет.
2. Дискретный датчик сработан. Цвет датчика определяется предельным уровнем, который датчик обозначает (см. рис. 1.21):
 - a. Верхний уровень – датчик мигает красным цветом.
 - b. Нижний уровень – датчик горит зелёным цветом.

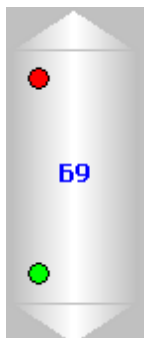


Рис. 1.21 Датчики верхнего и нижнего уровня

1.4.2. АСУТП Новошахтинского НПЗ

АСУ ТП перекачки нефтепродуктов построена на основе самого современного программного и аппаратного обеспечения и характеризуется высокой степенью надежности, широкой функциональностью, легкостью в обслуживании и эксплуатации.



Рис.1.22 – Объект Новошахтинский НПЗ

АСУ ТП построена по принципу двухуровневой системы управления, состоящей из нижнего и верхнего уровня. Нижний уровень представляет собой резервированный контроллер с программным обеспечением для управления технологическим оборудованием на низшем уровне. Верхний уровень представляет собой клиент-серверную систему. Сервер выполняет основную функцию по связи с технологическим оборудованием через контроллер, а так же выполняет сбор и архивирование данных. Клиенты (операторская станция терминала и причала) подключаются к серверу для просмотра данных и управления [10].

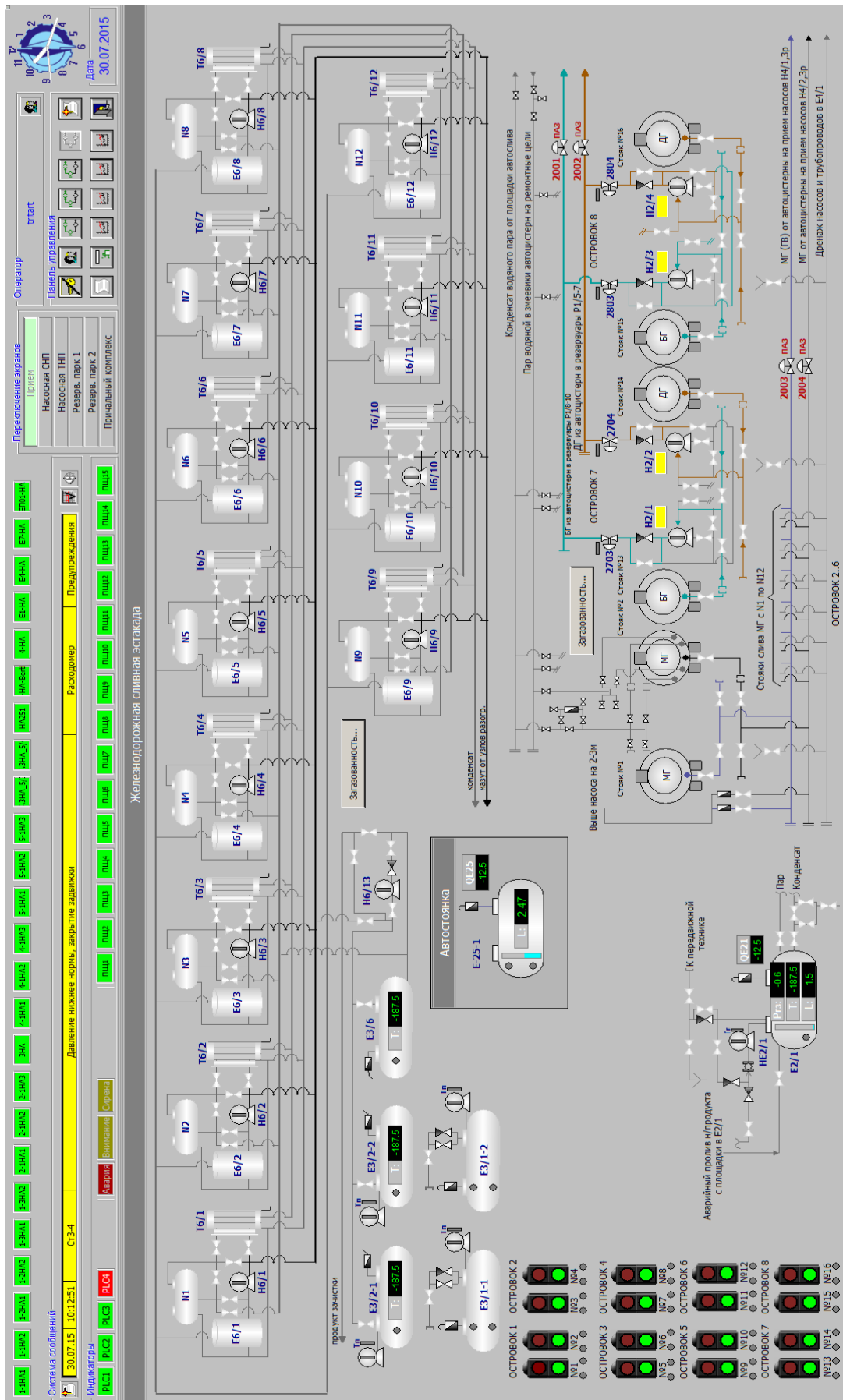


Рис. 1.23 – Главный экран АСУ ТПИ НППЗ

Во время перезагрузки клиента сбор данных продолжается и возможно управление технологическим оборудованием посредством другого клиента. Связь между контроллерами, сервером и клиентами осуществляется с помощью компьютерной сети.

АСУ ТП состоит из четырёх главных экранов и набора окон, с помощью которых можно получить информацию о ходе технологического процесса и непосредственно управлять этим технологическим процессом.


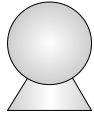
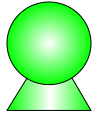
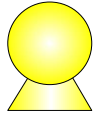
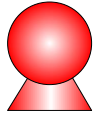





АСУ ТП состоит из трех основных подсистем, аналогичных описанным выше.

Помимо этого в системе есть несколько дополнительных, опциональных подсистем, таких как: подсистема отображения текущих значений токов нагрузки (например, для насосов, мешалок), температур (например, для подшипников насосов), уровней (например, уровень продукта в дренажной емкости) и др. в виде графиков.

Технологическая схема (рис.1.23) разбита на шесть экранов. На ней оборудование и связи между оборудованием представлены в виде условных графических и символьных обозначений. В табл. 1.5 – 1.7 приводится описание условных графических и символьных обозначений оборудования.








Технологическое оборудование, представленное на технологической схеме, оснащено датчиками. Свой набор датчиков – у конкретного устройства. У оборудования одного типа (например, у ёмкостей или у насосов), в общем случае, одинаковый набор датчиков. Но часто возможны и исключения. Датчик может быть непрерывным (аналоговым) или дискретным. Рассмотрим, как обозначаются аналоговые и дискретные датчики технологического оборудования на технологической схеме. Для удобства оператора датчики представлены по типам оборудования.

Таблица 1.5 Условные графические и символьные обозначения активного оборудования:

№	Графическое обозначение					Обозначение	Описание
	Ручной режим	Выключено	Включено	Режим эн. сбереже	Неисправность		
1						Н, НЕ	Насос
2						М	Мешалка

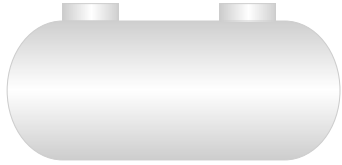
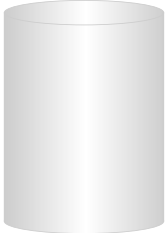
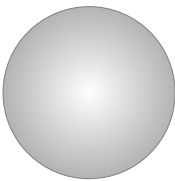
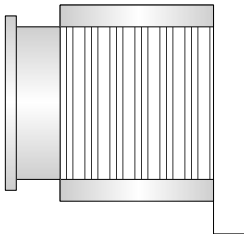
Примечание. Переходные состояния технологического оборудования (процесс включения или процесс выключения) сопровождаются миганием соответствующих графических объектов на экране. Например, при включении/выключении насоса на технологической схеме графический объект, соответствующий данному насосу, будет мигать, изменяя цвет с серого на зеленый до тех пор, пока насос полностью не запустится/не остановится. Если в насосе возникла неисправность, соответствующий графический объект будет мигать, изменяя цвет с серого на красный (если насос не работал) или с зеленого на красный (если насос работал). Мигать графический объект будет до тех пор, пока неисправность не будет снята (о снятии аварий смотрите раздел «Система сообщений»).

Таблица 1.6 Условные графические и символьные обозначения задвижек

№	Графическое обозначение				Обозначение	Описание
	Ручной режим	Закрыта	Открыта	Авария		
1					Н, NH, NP, NCm, PV, TV	Задвижка с электроприводом
2				-	МУ	Хлопуша



Примечание. Смотри примечание к таблице 1.5.


Таблица 1.7 Условные графические и символьные обозначения пассивного оборудования:





№	Графическое обозначение	Символьное обозначение	Описание
1		Е	Ёмкость
2		Р	Резервуар
3		Р	Резервуар
4		Т	Рекуператор


Датчики активного оборудования

Насосы. На технологической схеме у насосов присутствуют только аналоговые датчики. Они обозначаются одним из двух способов:

- В виде вертикального тёмно-серого прямоугольника: , - уровень внутри прямоугольника показывает текущее значение измеряемой величины. Так обозначается либо датчик тока насоса () – в этом случае при подводе мышки к прямоугольнику «всплывает» подсказка



с точным значением потребляемого тока. Либо датчик температуры подшипника насоса: .


- В виде горизонтального прямоугольника с цветным фоном: . Этот прямоугольник отвечает за индикацию всех датчиков насоса в том случае, если у насоса их больше двух. В этом случае на технологической схеме отображается только датчик тока и данный обобщённый датчик. Цветовая схема для обобщённого датчика следующая:
 - Если показания всех датчиков в норме, прямоугольник имеет зелёный цвет: .
 - Если показания хотя бы одного датчика выходят за пределы установленных в системе для этой величины критических значений, прямоугольник мигает, изменяя цвет с зелёного на красный: .
 - Если показания хотя бы одного датчика выходят за пределы нормы, но не выходят за пределы критических значений (то есть возникла ситуация предупреждения), прямоугольник мигает, изменяя цвет с зелёного на жёлтый: .




Мешалки. На технологической схеме у мешалок присутствует только один датчик: аналоговый датчик тока. Он изображён в виде горизонтального тёмно-серого прямоугольника: , - который показывает текущий ток. При подводе мышки к прямоугольнику «всплывает» подсказка с точным значением потребляемого тока.

Датчики пассивного оборудования

На технологической схеме у ёмкостей и резервуаров присутствуют как аналоговые, так и дискретные датчики. У рекуператоров – только аналоговые датчики. Аналоговые датчики пассивного оборудования обозначаются на схеме одним из двух способов:

- В виде вертикального светло-серого прямоугольника:  – уровень внутри прямоугольника показывает текущее значение измеряемой величины.
- В виде числового поля (чёрный прямоугольник со значением внутри) – причём в этом случае рядом с полем приведено краткое обозначение измеряемой величины: . Изменение цвета текста внутри числового поля подчиняется, в общем случае, следующему правилу:
 - Если значение измеряемой величины в норме, цвет текста: зелёный.
 - Если значение измеряемой величины больше или меньше установленных в системе для этой величины критических значений, цвет текста: красный.
 - Если же значение измеряемой величины выходит за пределы нормы, но не выходит за пределы критических значений (то есть возникла ситуация предупреждения), цвет текста: жёлтый.

Дискретные датчики пассивного оборудования обозначаются на технологической схеме в виде круга: . Изменение цвета круга подчиняется, в общем случае, следующему правилу:




- Если дискретный датчик не сработал, то круг имеет тёмно-серый цвет: .
- Если дискретный датчик сработал, то, в зависимости от предельного уровня, цветовая схема для датчика, в общем случае, следующая:
 - Верхний или аварийный уровень - круг мигает, изменяя цвет с серого на красный: .
 - Нижний уровень - круг горит зелёным цветом: .

Для некоторого технологического оборудования цветовая схема может быть другой (это будет уточнено далее).

У различных типов пассивного технологического оборудования применяются различные датчики.

1. **Ёмкости.** На технологической схеме у ёмкостей могут быть разные наборы датчиков. Рассмотрим каждый возможный набор датчиков.

На рис. 1.24 изображена ёмкость E2/1 со следующим набором датчиков:

- QE – аналоговый датчик концентрации газа.
- Pгз – аналоговый датчик давления газа.
- T – аналоговый датчик температуры.
- L – датчик непрерывного уровня продукта.
-  – датчик непрерывного уровня продукта.
-  – датчик минимального уровня продукта. Если датчик сработал, круг мигает, изменяя цвет с серого на красный: .

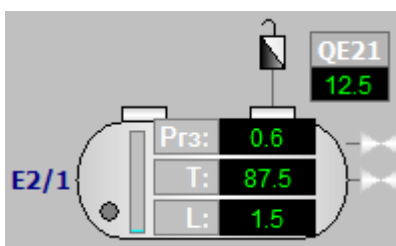



Рис. 1.24 Ёмкость E2/1 с набором датчиков

На рис. 1.25 изображена ёмкость E5/4 со следующим набором датчиков:

- QE – аналоговый датчик концентрации газа.
- T – аналоговый датчик температуры.
- L – датчик непрерывного уровня продукта.
-  – датчик непрерывного уровня продукта.

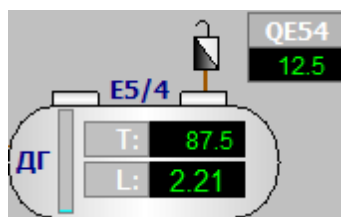


Рис. 1.25 Емкость E5/4 с набором датчиков

На рис. 1.26 изображена ёмкость E101/9 со следующим набором датчиков:

- T – аналоговый датчик температуры.
- L – датчик непрерывного уровня.
- QE – аналоговый датчик концентрации газа.
- ● (верхний датчик) – датчик верхнего уровня продукта. Если датчик сработан, круг мигает, изменяя цвет с серого на красный: ●.
- ● (нижний датчик) – датчик минимального уровня продукта. Если датчик сработан, круг горит зелёным цветом: ●.

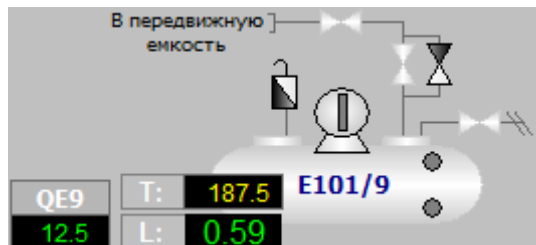


Рис. 1.26 Емкость E101/9 с набором датчиков

2. **Резервуары.** На технологической схеме у резервуаров могут быть разные наборы датчиков. Рассмотрим каждый возможный набор датчиков.

На рис. 1.27 изображён резервуар P4/1 со следующим набором датчиков:

- Pгз – аналоговый датчик давления газа.
- T – аналоговый датчик температуры.
- L – датчик непрерывного уровня продукта.
- ▮ – датчик непрерывного уровня продукта.

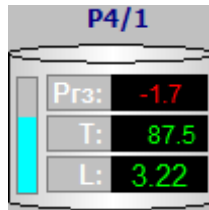











Рис. 1.27 Резервуар P4/1 с набором датчиков

На рис. 1.28 изображён резервуар P1/1 с набором датчиков:

- Prз – аналоговый датчик давления газа.
- Prс – аналоговый датчик гидростатического давления.
- T – аналоговый датчик температуры.
- L – датчик непрерывного уровня продукта.
-  – датчик непрерывного уровня продукта.
-  (верхний левый датчик) – датчик аварийного уровня 1. Если датчик сработал, круг мигает, изменяя цвет с серого на красный: .
-  (верхний правый датчик) – датчик аварийного уровня 2. Если датчик сработал, круг мигает, изменяя цвет с серого на красный: .
-  (нижний правый датчик) – датчик верхнего уровня воды. Если датчик сработал, круг мигает, изменяя цвет с серого на красный: .
-  (самый нижний правый датчик) – датчик нижнего уровня воды. Если датчик сработал, круг горит зелёным цветом: .

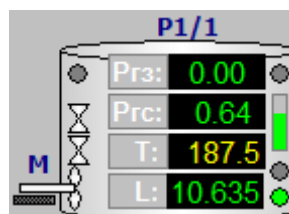









Рис. 1.28 Резервуар P1/1 с набором датчиков

На рис. 1.29 изображён резервуар P1/8 со следующим набором датчиков:

- Prс – аналоговый датчик гидростатического давления.
- T – аналоговый датчик температуры.
- L – датчик непрерывного уровня продукта.

-  – датчик непрерывного уровня продукта.
-  (верхний левый датчик) – датчик аварийного уровня 1. Если датчик сработан, круг мигает, изменяя цвет с серого на красный: .
-  (верхний средний датчик) – датчик аварийного уровня 2. Если датчик сработан, круг мигает, изменяя цвет с серого на красный: .
-  (верхний правый датчик) – датчик аварийного уровня 3. Если датчик сработан, круг мигает, изменяя цвет с серого на красный: .

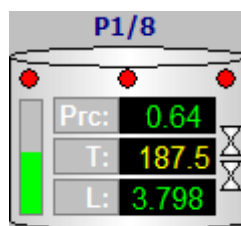













Рис. 1.29 Резервуар P1/8 с набором датчиков

На рис. 1.30 изображён резервуар P1/12 со следующим набором датчиков:

- Prc – аналоговый датчик гидростатического давления.
- T – аналоговый датчик температуры.
- L – датчик непрерывного уровня продукта.
-  – датчик непрерывного уровня продукта.
-  (верхний левый датчик) – датчик аварийного уровня 1. Если датчик сработан, круг мигает, изменяя цвет с серого на красный: .
-  (верхний средний датчик) – датчик аварийного уровня 2. Если датчик сработан, круг мигает, изменяя цвет с серого на красный: .
-  (верхний правый датчик) – датчик аварийного уровня 3. Если датчик сработан, круг мигает, изменяя цвет с серого на красный: .
-  (нижний правый датчик) – датчик верхнего уровня воды. Если датчик сработан, круг мигает, изменяя цвет с серого на красный: .
-  (самый нижний правый датчик) – датчик нижнего уровня воды. Если датчик сработан, круг горит зелёным цветом: .

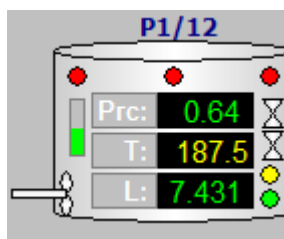


Рис. 1.30 Резервуар P1/12 с набором датчиков

3. Рекуператоры.

На рис. 1.31 изображён рекуператор со следующим набором датчиков:

- T1 – аналоговый датчик температуры на входе рекуператора.
- T2 – аналоговый датчик температуры на выходе рекуператора.

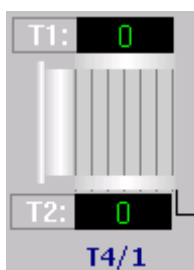




Рис. 1.31 Рекуператор T4/1 с набором датчиков

Датчики задвижек с электроприводом

На технологической схеме у аналоговых задвижек с электроприводом присутствует только один датчик: аналоговый датчик степени открытия задвижки. Он обозначается горизонтальным тёмно-серым прямоугольником: , - который показывает степень (процент) открытия задвижки.

Датчики трубопроводов

На технологической схеме у трубопроводов присутствуют только аналоговые датчики.

Они изображены в виде числового поля, рядом с которым приведено краткое обозначение измеряемой величины: . Изменение цвета текста внутри числового поля подчиняется, в общем случае, следующему правилу:

- Если значение измеряемой величины в норме, цвет текста: зелёный.

- Если значение измеряемой величины больше или меньше установленных в системе для этой величины критических значений, цвет текста: красный.
- Если же значение измеряемой величины выходит за пределы нормы, но не выходит за пределы критических значений (то есть возникла ситуация предупреждения), цвет текста: жёлтый.

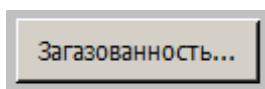
На технологической схеме у трубопроводов присутствуют следующие датчики (приведено краткое обозначение измеряемой величины):

- Датчик расхода продукта: **F**.
- Датчик давления: **P**.
- Датчик температуры: **T**.
- Датчик плотности: **p**.
- Удельный массомер: **W**.

Датчики для участков технологической схемы

Как известно, на каждом из представленных в АСУ ТП объектов терминала нефтепродуктов (резервуарный парк, насосные и др.) присутствуют датчики загазованности. Физическое расположение этих датчиков для каждого объекта (за исключением причального комплекса) выведено в отдельное окно. За открытие этого окна на технологической схеме каждого объекта отвечает следующая

кнопка:



Для того, чтобы просмотреть карту датчиков загазованности для выбранного объекта, необходимо выполнить одинарный щелчок левой кнопкой мыши на кнопке. После этого откроется отдельное окно, показывающее фактическое расположение датчиков загазованности на объекте. Так, на рис. 1.30 приведено расположение датчиков загазованности в насосной тёмных нефтепродуктов.

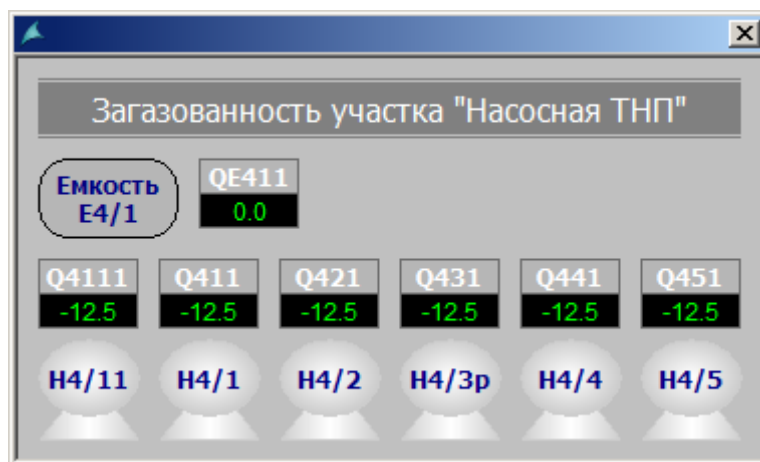


Рис. 1.32 Расположение датчиков загазованности для насосной темных нефтепродуктов

Каждый датчик представляет собой прямоугольник с числовым значением измеряемой величины внутри. Цвет текста изменяется по следующему правилу:

- Если показания датчика в норме, цвет текста – зеленый.
- Если показания датчика выходят за пределы установленных в системе критических значений, цвет текста – красный.
- Если показания датчика выходят за пределы нормы, но не выходят за пределы критических значений (то есть возникла ситуация предупреждения), то цвет текста – жёлтый.

Также для каждого датчика указано его технологическое обозначение

Чтобы закрыть окно с картой датчиков загазованности, нажмите на кнопку

 в правом верхнем углу этого окна.

Примечание 1: Для причального комплекса датчики загазованности в отдельное окно не вынесены, а изображены прямо на технологической схеме: это датчики для ёмкостей и для стендерных площадок. Их графическое изображение на схеме совпадает.

Выводы по 1 главе

Принимая во внимание выводы статистического анализа АСУТП и примеры реализации проектов на ОПО, можно констатировать следующее.

1. Обнаружение инцидентов с помощью каких-либо средств защиты происходит крайне редко.

2. При создании АСУТП и заказчик, и проектировщик уделяют недостаточно внимания обеспечению безопасности технологических процессов, в т. ч. информационной безопасности и тренировке эксплуатационного персонала.

3. При монтаже и наладке АСУТП заказчик не требует, а подрядчик не разрабатывает и не реализует средства и алгоритмы обнаружения инцидентов, и их полноценной проверки при сдаче системы в эксплуатацию, в связи с чем, в настоящей диссертации предпринята попытка решить эти задачи, путем

- разработки математической модели автоматизации технологических процессов ОПО,

- создания программно-технического комплекса, позволяющего с помощью «виртуальных машин» осуществить автоматизацию проектирования АСУТП ОПО,

- создание «имитатора внедрения» АСУТП ОПО и проверку её работы «без объекта», включая имитацию инцидентов и аварий по таблицам СИБ (сигнализации и блокировки) и ПАЗ (противоаварийных зашит), которые аккумулируют требования ТР и ПБ при прохождении государственной экспертизы.

ГЛАВА 2. МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗАЦИИ СОЗДАНИЯ АСУТП ПО ФОРМАЛИЗОВАННОМУ ПРОЕКТУ

2.1. Обоснование необходимости математического моделирования процессов проектирования ОПО

Проектирование компоновки промышленных объектов является достаточно сложной и трудоемкой инженерной задачей. Современный уровень создания технических систем требует от разработчика умения формулировать (ставить) задачу исследования и осуществлять разработку такой системы, которая отвечала бы высоким техническим показателям, была бы экономически обоснована и конкурентоспособна на рынке аналогичной технической продукции [65].

Сократить время исследования и разработки технических систем в настоящее время можно только одним способом – путем представления технологических процессов в технической системе в форме математических отношений и решения соответствующих задач на быстродействующих средствах вычислительной техники [66].

Математическая модель компоновки должна включать условия, основанные на физическом смысле процесса размещения, требованиях нормативных документов (ТР, ПБ, СП, ГОСТ и т.д.), технологических особенностях, условиях эксплуатации проектируемых систем, условиях работы оборудования, персонала, условиях обслуживания. Система условий математической модели меняется исходя из постановки задачи компоновки. При этом для автоматизированного решения поставленной задачи необходима трудоемкая разработка программного обеспечения, реализующего решение новой математической модели. Одним из выходов в данной ситуации является переложение части технологического цикла построения модели на ЭВМ [67].

Результатом реализации такого подхода должно стать, во-первых, снижение времени проектирования компоновки промышленных объектов, во-вторых, облегчение модификации программного комплекса с применением алгоритма автоматизированного построения математической модели компоновки

промышленных объектов, а в-третьих, и это главное – «устранение человеческого фактора», т.е. ошибок разработчиков при проектировании, что особенно важно для объектов повышенной опасности (ОПО).

Алгоритм (рис. 2.1) автоматизированного построения математической модели включает в себя несколько этапов [67]:

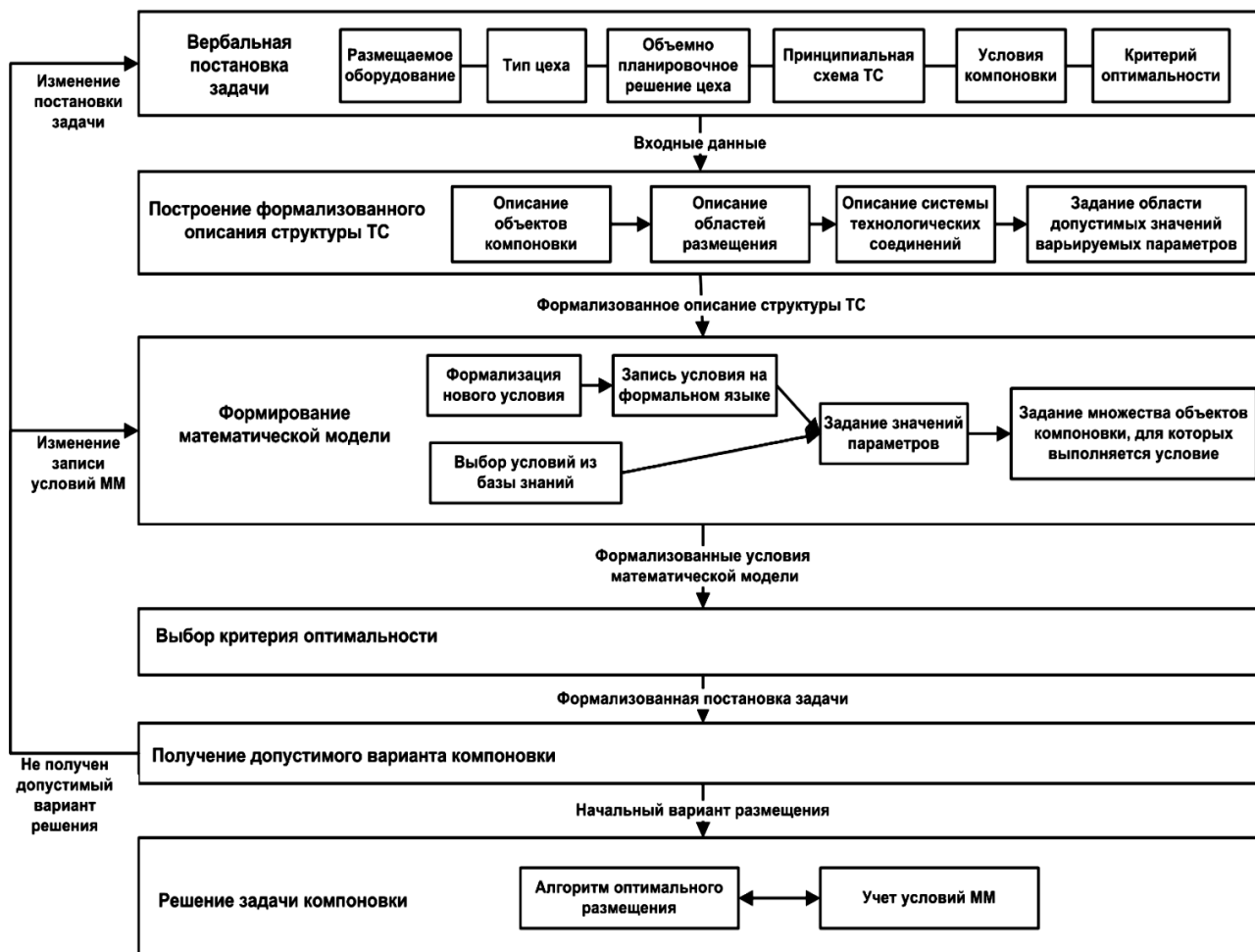


Рис.2.1 – Алгоритм построения модели

- построение формализованного описания структуры технической системы,
- формирование математической модели,
- выбор критерия оптимальности.

Каждый из этих этапов также состоит из определенной последовательности действий, а исходной информацией для построения математической модели компоновки промышленных объектов является постановка задачи компоновки.

2.2. Математическое моделирование процесса создания технологической схемы для ОПО

Как правило, задачи компоновки промышленных объектов решаются при следующих допущениях [50,66,78]:

1. Рассматривается размещение в заданном объеме.
2. Производственное здание строится из стандартных строительных ячеек, заданных величиной шага и пролета с типоразмерами строительных колонн.
3. Зоны, в которых запрещено размещение оборудования, задаются аналогично размещаемым объектам, но с фиксированными координатами базовой точки.
4. Размещаемые объекты аппроксимируются параллелепипедами.
5. Размещаемые объекты имеют одинаковый набор параметров.

При постановке задачи определяют:

- перечень размещаемого оборудования и его параметры,
- тип производственного помещения и его максимальные размеры,
- принципиальную технологическую схему, объемно-планировочное решение объекта и условия компоновки, включая критерий оптимальности получаемых вариантов решения.

Обобщенная структура математической модели описывается N-ориентированным гиперграфом вида [45,97]

$$G(X, U, U^L), \quad (2.1)$$

где X – множество вершин гиперграфа;

U – множество гиперребер гиперграфа;

$U^L = \{u_i = \langle x_{p1}; x_{p2} \rangle_i \mid l = 1, N_i\}$ – множество ребер ориентированного подграфа

$$G_i(X, U^L), \quad (2.2)$$

заданного в виде матрицы инцидентности $L = \{l_{p1,p2}\}$, где

$$l_{p1,p2} = \begin{cases} 0, & \text{если вершина } p1 \text{ не принадлежит ребру } p2, \\ -1, & \text{если вершина } p1 \text{ является началом ребра } p2, \\ 1, & \text{если вершина } p1 \text{ является концом ребра } p2. \end{cases} \quad (2.3)$$

Для каждого объекта задается множество свойств $SX_i = \{s_j\} \in S, j \in J_1$, описывающих его параметры (геометрические размеры, координаты базовой точки, масса, тип). Аналогично для каждой области размещения $SU_m = \{s_j\} \in S, j \in J_2$, (геометрические размеры, параметры строительной ячейки, типоразмер строительных колонн, координаты базовой точки, номер этажа, тип) и для каждого технологического соединения $SU_l^L = \{s_j\} \in S, j \in J_3$. (координаты начала, конца и точек изменения направления трубопровода, диаметр, тип транспортировки веществ, стоимость единицы длины)/

В реальных задачах зачастую ограничивается не значение свойства, а некая функция от свойств объектов. Например, разница высоты расположения двух аппаратов, между которыми вещество передается самотеком и др.

Алгоритм автоматизированного формирования математической модели, показан на рис. 2.2.

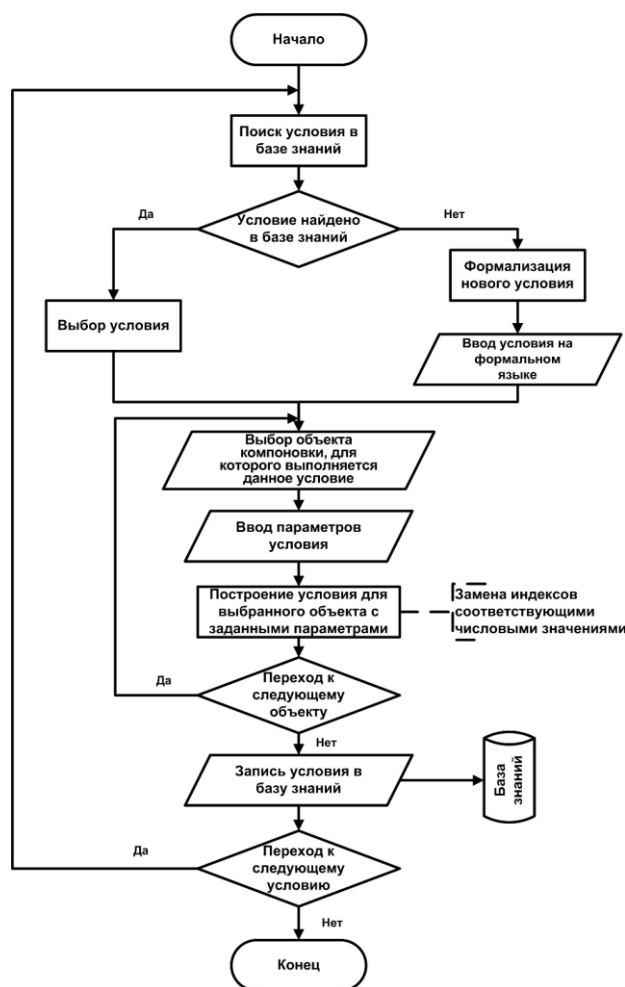


Рис.2.2 – Алгоритм формирования модели

Для автоматизированного построения математической модели проектировщик выбирает из имеющихся в базе знаний условия, соответствующие постановке задачи. Для них проектировщик указывает соответствующее множество объектов компоновки.

В базе знаний условия сгруппированы согласно следующей классификации:

1. Условия размещения объекта в области.

1.1. Размещение объекта в области определяется одним свойством объекта и одним свойством области.

1.2. Размещение объекта в области определяется группой свойств объекта и группой свойств области.

1.3. Размещение одного объекта в области определяется размещением в данной области другого объекта.

2. Правила, ограничивающие свойства области в зависимости от свойств размещенных в ней объектов.

2.1. Свойство области определяется одним свойством объекта, расположенного в этой области.

2.2. Свойство области определяется группой свойств объекта.

2.3. Свойство области определяется группой свойств группы объектов, расположенных в этой области.

3. Правила, ограничивающие свойства объектов в зависимости от свойств области, в которой они размещены.

3.1. Свойство объектов, размещенных в области, определяется одним свойством области.

3.2. Свойство объектов, размещенных в области, определяется группой свойств этой области.

4. Правила, ограничивающие свойства объекта в зависимости от свойств других объектов.

В качестве критерия оптимальности проектного решения по компоновке промышленных объектов в общем виде предложена функция от значений свойств объектов:

$$R(z[s_{j1} x_i], z[s_{j2} u_m], z[s_{j3} u_l]) \quad (2.4)$$

В качестве критерия, в зависимости от постановки задачи, может быть использован критерий минимума общей стоимости технологических соединений, критерий минимума занимаемой площади, комплексный критерий приведенных затрат, включающий в себя капитальные и эксплуатационные затраты.

Для учета ограничений при автоматизированном решении задачи компоновки промышленных объектов разработан алгоритм процедуры контроля ограничений. Он состоит в упорядоченной проверке ограничений для каждого размещаемого объекта с определением выполнения всех ограничений при помощи механизма логического вывода (рис. 2.3).

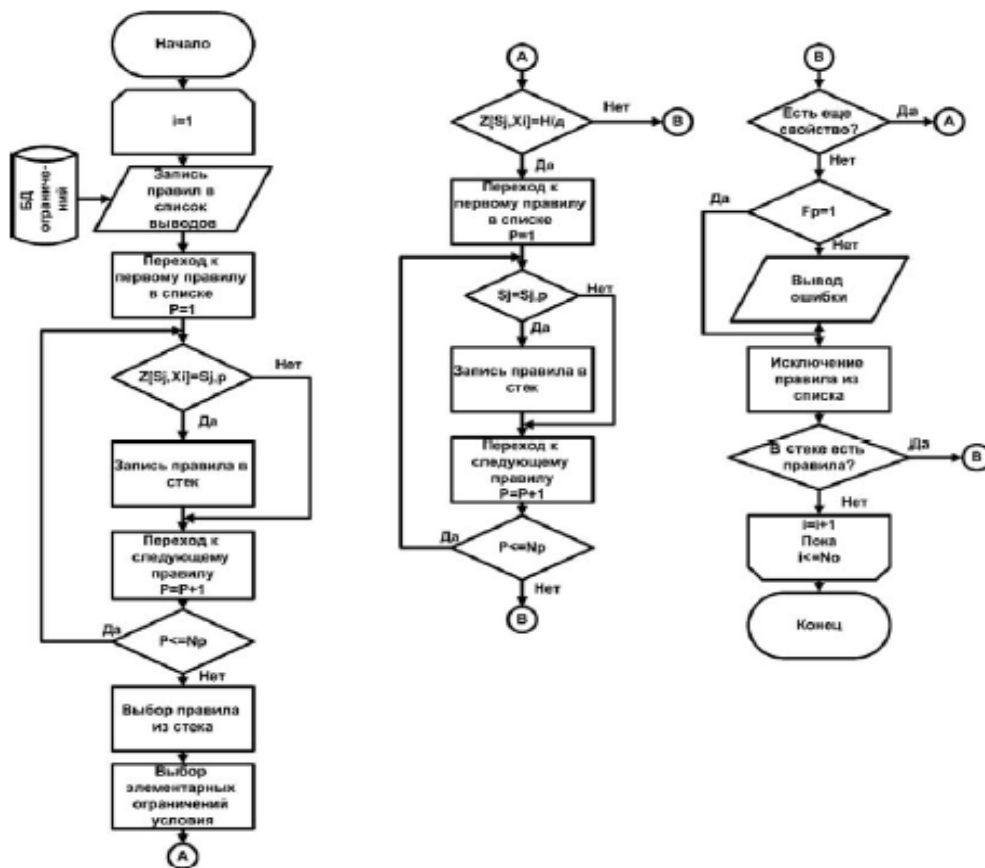


Рис. 2.3 - Блок схема процедуры проверки ограничений

Для проверки применен обратный механизм вывода. Из базы знаний в список выводов записываются все правила. Далее последовательно будем выбирать из этого списка те правила, которые определяют свойства объекта. При этом сравнивается значение свойства, определенное правилом, с текущим значением. Если правилом определяется другое значение, то оно не рассматривается. Выбранные правила записываются в стек условий. Для последовательно извлекаются из стека все правила, начиная с первого. Для этого правила в список ограничений условия записываем соответствующие элементарные ограничения свойств объектов и областей. Эти свойства могут, в свою очередь, определяться правилами, заданными в базе знаний.

Если значение свойства объекта или области отсутствует в рабочей памяти (свойство не определено), то осуществляется поиск правил, определяющих значение неизвестных свойств, в списке выводов.

Эти правила записываются в начало стека условий. Процесс проверки переходит к первому правилу в стеке. Таким образом, осуществляется определение свойств объектов и областей.

Если все значения свойств, необходимые для определения выполнения условия, определены, то они подставляются в функцию условия, и проверяется выполнение правила.

Правило считается выполненным, если функция условие f_p , записанная в стек логических выводов, имеет значение истины (логическая 1). Если правило не выполняется, то его номер и номер невыполненного условия заносится в список ошибок.

Проверка продолжается до последнего правила в стеке. После окончания проверки правила выбираются из списка ошибок. Для пользователя строится протокол проверки, содержащий номер правила, номер невыполненного условия и само правило.

Приведенная процедура проверки проводится для каждого объекта. Таким образом, устанавливается выполнение всех правил системы ограничений для

каждого объекта и области. При наличии ошибок процедура не останавливается, что позволяет за один проход проверить систему ограничений и получить список невыполненных правил. При решении задачи компоновки на каждом шаге алгоритма изменяются свойства одного или малой группы объектов. Таким образом, проверка выполнения всей системы правил нецелесообразна. Достаточно проверить правила, в которых участвуют измененные свойства группы объектов. Тогда для проверки в стек логического вывода извлекаются все правила, в условной части которых стоят ограничения изменившихся свойств

На рис. 2.4 приведено пространственное положение технологического оборудования по критерию оптимальности в виде суммарного расстояния между связанными объектами, когда оно достигает минимума при обеспечении системы технологических соединений, заданной технологической схемой отделения механико-ферментативной обработки крахмалистого сырья и выполнении системы ограничений:

1. Условие не пересечения аппаратов друг с другом.
2. Условие обеспечения транспорта веществ самотеком между аппаратами.
3. Условие обеспечения зон обслуживания аппаратов.
4. Условие размещения аппаратов внутри цеха.
5. Условие не пересечения аппаратов со строительными колоннами.
6. Условие ограничения минимального расстояния между аппаратами.
7. Условие размещения крупногабаритных аппаратов по этажам.

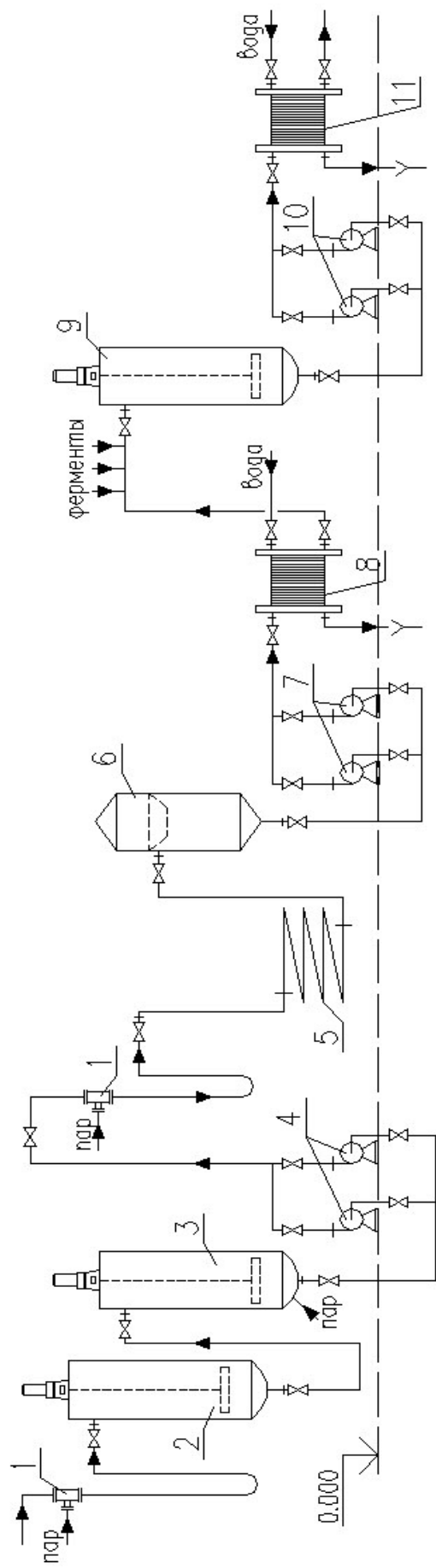


Рис. 2.4 – Технологическая схема

2.3. Математическое моделирования процесса создания АСУ ТП по технологической схеме

Если процесс моделирования и получения оптимальной технологической схемы процесса на ОПО реализуем, то возникает вопрос: можно ли по аналогии создать математическую модель АСУТП?

Математическая модель АСУТП должна включать такие же условия, основанные на физике технологического процесса, на тех же требованиях нормативных документов (ТР, ПБ, СП, ГОСТ и т.д.), на технологических особенностях, условиях эксплуатации систем, условиях работы оборудования, персонала, условиях обслуживания.

Так же как и для технологического процесса, автоматизация создания АСУ ТП требует трудоемкой разработки программного обеспечения, реализующего алгоритмы контроля и управления техпроцессом, и выходом в данной ситуации является переложение части цикла построения модели АСУТП на ЭВМ [44,81].

В результате реализации этого подхода, также как и для проектирования технологической схемы, получим снижение времени проектирования АСУТП. Однако **в данном случае**, в отличие от проектирования технологической схемы, которая не изменяется до выработки своего технического ресурса, **получаем принципиально новые возможности**, а именно:

- **возможность модификации АСУТП**, при необходимости изменения или расширения автоматизации объекта, эксплуатационным персоналом, т.е. без дополнительного привлечения проектных организаций;

- **«устранение человеческого фактора»** на более высоком уровне, т.е. ошибок разработчиков АСУ ТП, в т.ч. благодаря «имитатору виртуального внедрения АСУ ТП без объекта», что особенно важно для объектов повышенной опасности (ОПО).

Все задачи, решаемые в процессе создания АСУ ТП, в т.ч. проектирования математического и программного обеспечения, могут быть классифицированы [22] по выделенным классам структуры (инфраструктура, макроструктура,

микроструктура) и уровням описания (табл.2.1) структур (технологический, математический и физический).

Таблица 2.1. 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

В общем случае комплексное решение задач автоматизации любым технологическим процессом включает [2,22,35,44-47,77,89]:

- измерения параметров оборудования технологического процесса (температур, объемов, веса, токов, напряжений и т.д.);

- регистрацию состояний и маршрутов технологического процесса (скоростей, конечных выключателей, задвижек и т.д.);
- математическую обработку результатов измерений параметров и регистрации состояний;
- управление оборудованием технологического процесса (двигателями, весами, измерительными приборами и т.д.);
- отладку режимов работы технологического оборудования (циклограмм, ПИД-регуляторов, аварийных уставок и т.д.).

Для выполнения этого комплекса задач необходимо разработать программное обеспечение, позволяющее последовательно и синхронно во времени изменять в требуемой последовательности состояния всех элементов, участвующих в технологическом процессе.

Формализация описания технологического процесса, основана на предварительном составлении упорядоченных множеств: элементов системы L , команд F , состояний элементов системы A_L , событий элементов системы C , состояний технологического процесса A [43].

Для реализации предложенного подхода использованы следующие определения и переменные [22,43]:

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

Формально состояние ОА описывается совокупностью параметров

$$X \in x_i, \quad (2.5)$$

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

$$L_r (r = \overline{1, r_{max}}) \quad (2.6)$$

- 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

$$A_{Lr}(r = \overline{1, r_{max}}) \quad (2.7)$$

- 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

$$F_r(r = \overline{1, r_{max}}) \quad (2.8)$$

– 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:

$$F = \{F_r : r = \overline{1, r_{max}}, (\forall r)(A_{Lr} = L_r \wedge F_r, A_{Lr} = \frac{L_r}{F_r})\} \quad (2.9)$$

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:

$$A\{A_\psi : \psi = \overline{1, \psi_{max}}\} \quad (2.10)$$

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:

$$C\{C_q : q = \overline{1, q_{max}}\} \quad , \quad (2.11)$$

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

$$A_\psi [1 : a_\psi] \\ A_\psi \{C_i : i = \overline{1, a_\psi} \wedge C_i \in C\{C_q : q = \overline{1, q_{max}}\}\} \quad (2.12)$$

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 $C_q [1 : C_q]$:

$$C_q \{F_i : i = \overline{1, c_q} \wedge F_i \in F\{F_r : r = \overline{1, r_{max}}\}\} \quad (2.13)$$

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.

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

$$S \{S_r: r = \overline{1, r_{max}}\} \quad (2.14)$$

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.

2.4. Алгоритмизация математической модели

В связи с быстротекущими процессами в АСУТП, в отличие от АСУП и АСУТПП, основной характеристикой при алгоритмизации является **временная характеристика** алгоритма, которая определяет длительность решения и сложность, зависящие, как правило, от количества операций. И если охарактеризовать алгоритм функцией $f(n)$, выражающей скорость роста объема вычислений при увеличении размерности задачи – n , то линейный или полиномиальный характер этой функции свидетельствует о «хорошем» алгоритме, а экспоненциальный – о «плохом». Так, например, при $f(n)=2^n$ увеличение производительности в 10 раз увеличивает размерность задачи, решаемой за то же время, всего на 15% [79].

Следующая важная характеристика алгоритма – его **объемная характеристика**, определяющая его информационную сложность, т.е. количеством операторов, количеством маршрутов и их сложностью.

Именно поэтому, при алгоритмизации был разработан **метод описания динамических связей** функционально-технологических моделей элементов объекта, оптимизирующий выполнение технологических процессов в управляющих контроллерах.

Основной алгоритм реализации математической модели представлен на рис. 2.5 (начало) и 2.6 (продолжение).

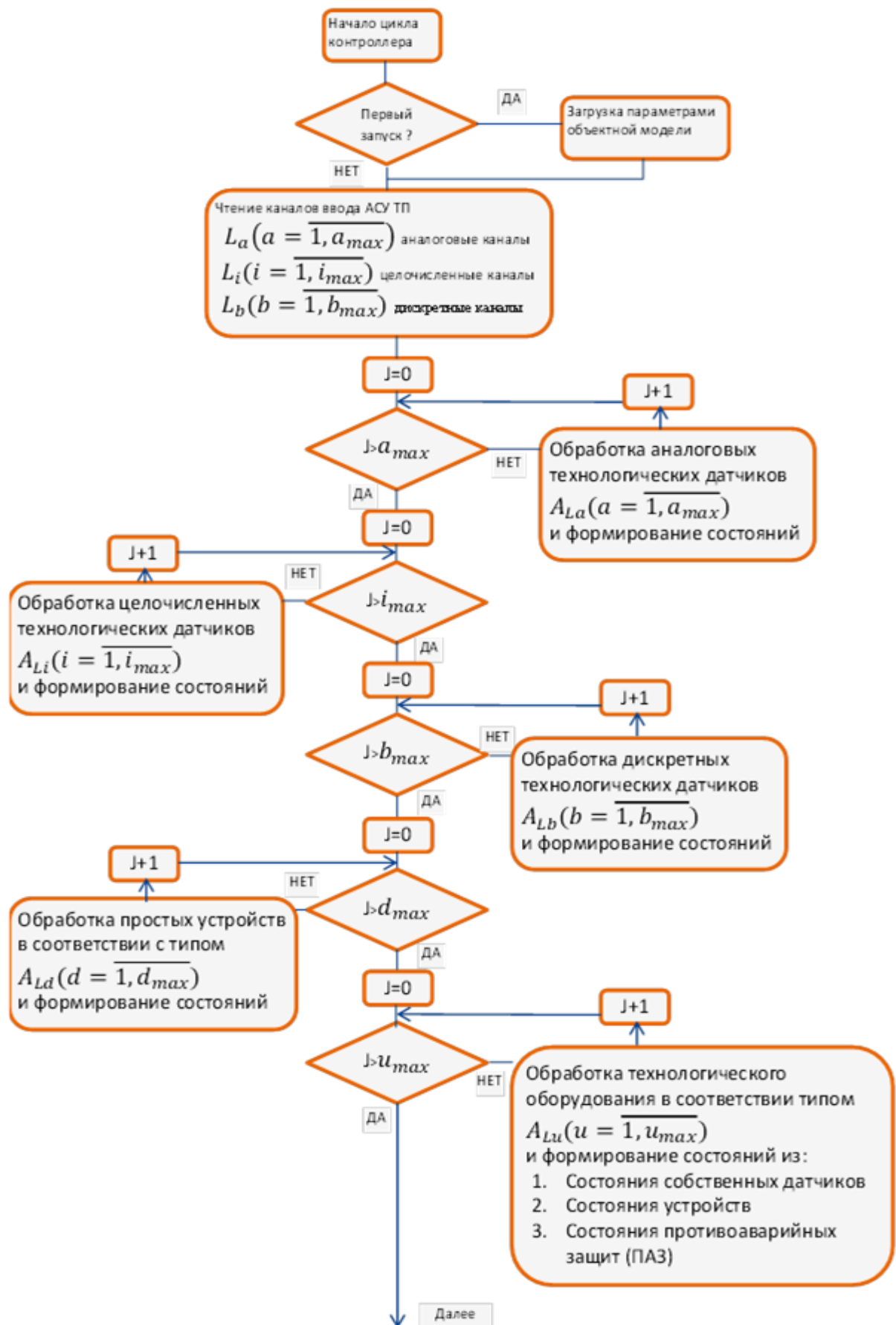


Рис. 2.5 – Начальная часть алгоритма

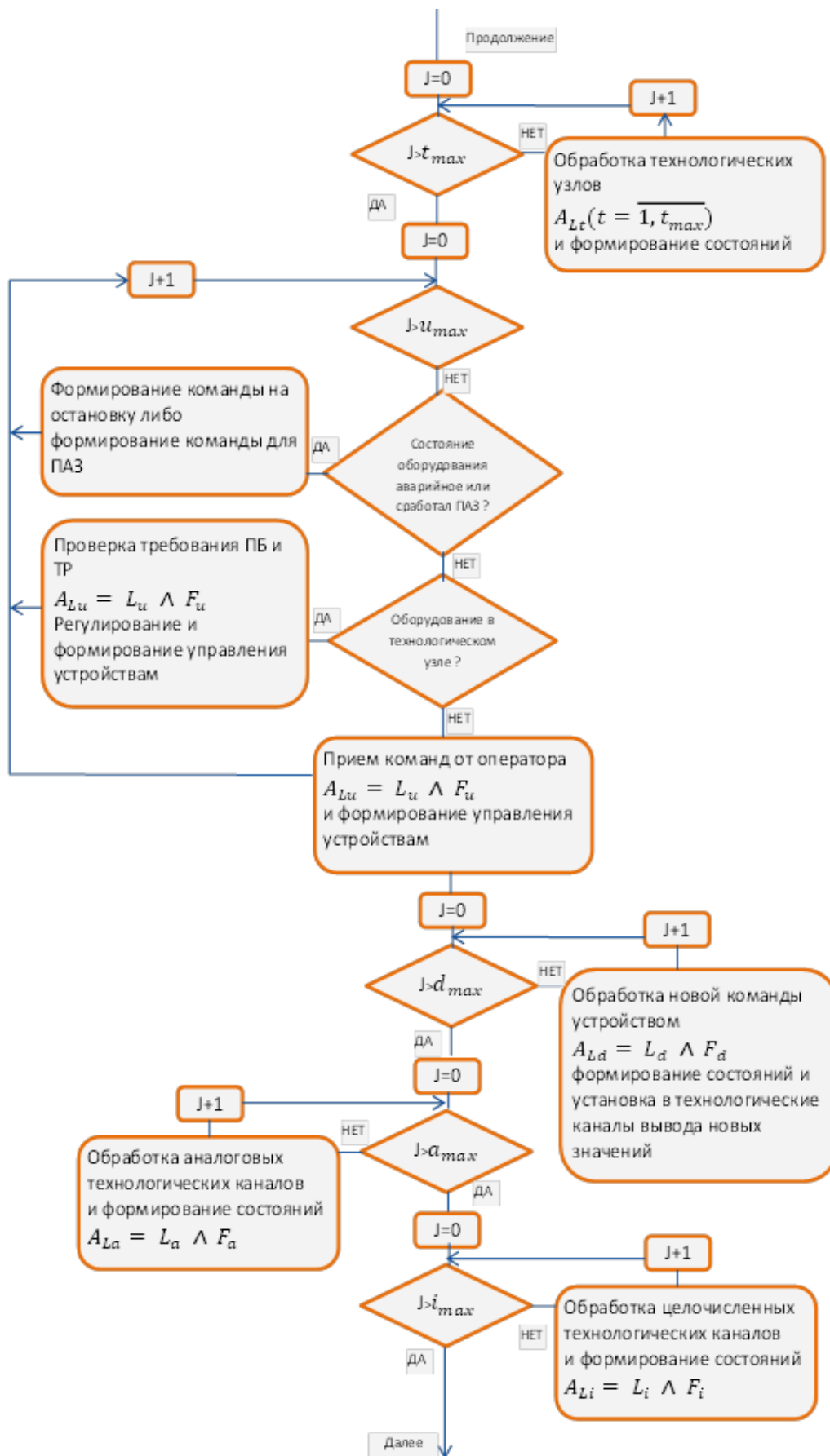


Рис. 2.6 - Завершающая часть алгоритма

2.5. Синтез структуры программно-технического комплекса для создания АСУ ТП ОПО, реализующего математическую модель

Принимая во внимание, что разработчики АСУ ТП получают готовую технологическую схему объекта автоматизации (ТС ОА) и точные диапазоны условий (режимов, параметров и т.д.) технологического процесса в техническом задании (ТЗ), была синтезирована (рис. 2.7) следующая структура программно-технического комплекса (ПТК) [22].

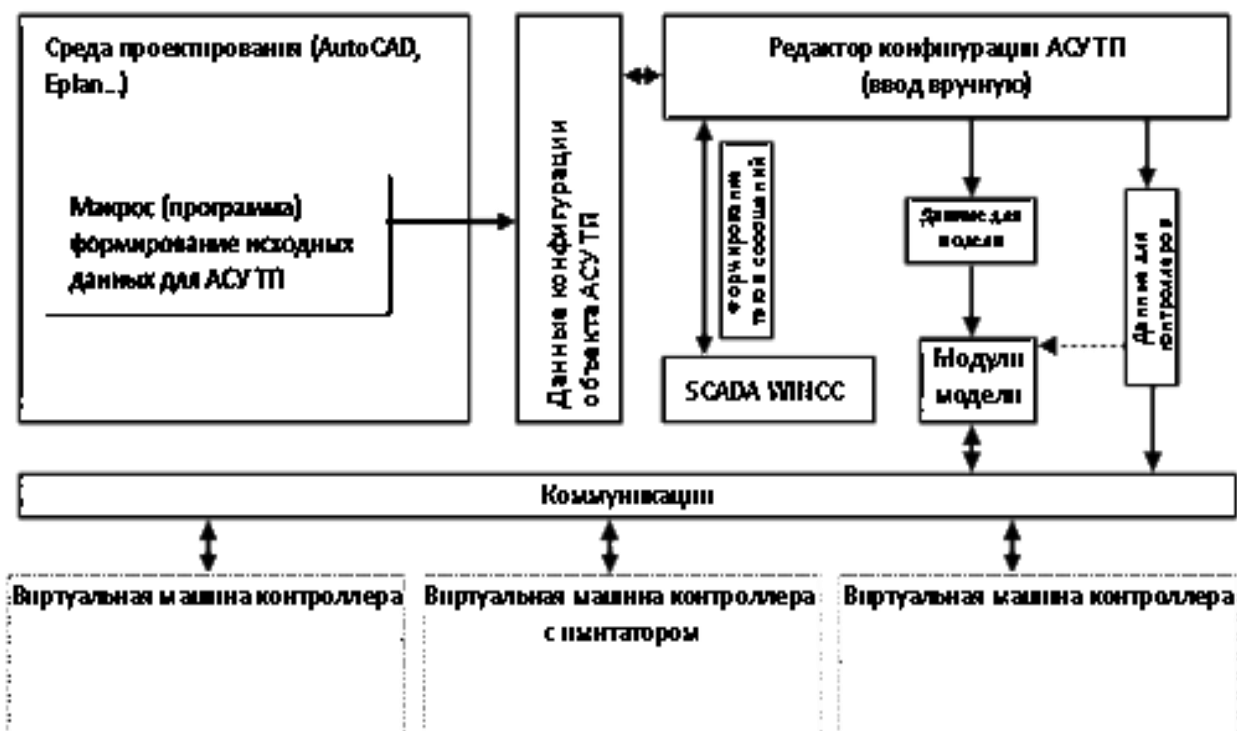


Рис. 2.7 – Структура ПТК

2.4.1. Редактор конфигурации АСУ ТП.

Основой ПТК является «Редактор конфигурации» (РК) который позволяет создавать и редактировать конфигурации. Тип хранения данных конфигурации – это база данных SQLite. В качестве прототипов необходимых данных являются специальные таблицы, на основе которых редактор контролирует правильность ввода данных. Редактор конфигурации позволяет:

- создавать необходимые структурные объекты, такие как «контроллер», ресурс (задачу), «модуль ввода-вывода», группу каналов ввод-вывода, канал

ввода-вывода, оборудование с технологическим типом по шаблону, простое устройство с технологическим типом по шаблону, программный датчик или канал вывода с технологическим типом по шаблону.

- параметризовать каждый структурный объект необходимыми параметрами, такими как IP адрес контроллера, идентификатор OPC сервера, имена переменных контроллера для контекста ввода-вывода всех типов, в т. ч. для каждой единицы технологического оборудования:

- привязка к фидеру питания для контроля исправности питания,
- привязка к звуковой сирене для оповещения предупредительных и аварийных ситуаций,
- использование режима энергосбережения, для предотвращения «холостого хода» технологического оборудования,
- время блокировки одновременного запуска технологического оборудования на одном фидере питания,
- привязка вспомогательного, аспирационного оборудования,
- привязка оборудования противоаварийных защит (ПАЗ),
- создание технологической связи с другим оборудованием,
- наполнение простыми устройствами,
- создание произвольных параметров,

в т. ч. для каждого простого устройства:

- время разгона/остановки для переходных состояний,
- наполнение датчиками и каналами,
- создание произвольных параметров,

в т. ч. для каждого датчика и канала:

- источник или приемник значения (канал модуля ввода-вывода),
- подавление дребезга, параметры интерполяции, тип цифрового фильтра обработки,
- процент отклонения, номинальное значение, порог срабатывания, максимальное и минимальное значение,

- блокировка, инверсия и видимость оператору,
- текст для предупредительных и аварийных сообщений,
- архивирование и зона нечувствительности,
- создание произвольных параметров,
- проверить на корректность введенных данных,
- генерировать тэги и систему сообщений для системы SCADA.

Результатом генерации всех данных для программ верхнего и нижнего уровня являются файлы формата XML со всеми необходимыми данными.

Выводы по 2 главе

В результате анализа существующих систем проектирования объектов, в т.ч. ОПО, разработан следующий подход к автоматизации проектирования АСУТП ПТС ОПО.

1. Разработана классификация и представление процессов, как функционально-технологических моделей элементов ПТС ОПО, которые описываются булевыми множествами нескольких переменных.

2. Разработана математическая модель АСУТП ПТС ОПО в виде уравнений булевой алгебры, оперирующих с указанными множествами.

3. Разработан метод описания динамических связей функционально-технологических моделей элементов объекта, оптимизирующий выполнение технологических процессов в управляющих контроллерах.

4. Разработаны алгоритмы решения указанных уравнений, оперирующих с указанными множествами на основе оптимизации их основных характеристик (временных и объемных).

5. Синтезирована структура ПТК, которая позволит осуществить решение поставленных задач с помощью:

- редактора конфигурации АСУТП,
- базы данных на основе SQL,
- «виртуальных машин» на основе VMWare.

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗАЦИИ СОЗДАНИЯ И ПРОВЕРКИ АСУТП

Базовым алгоритмом ПТК является алгоритм его запуска, который осуществляет генерацию виртуальных машин в соответствии со схемой КТС.

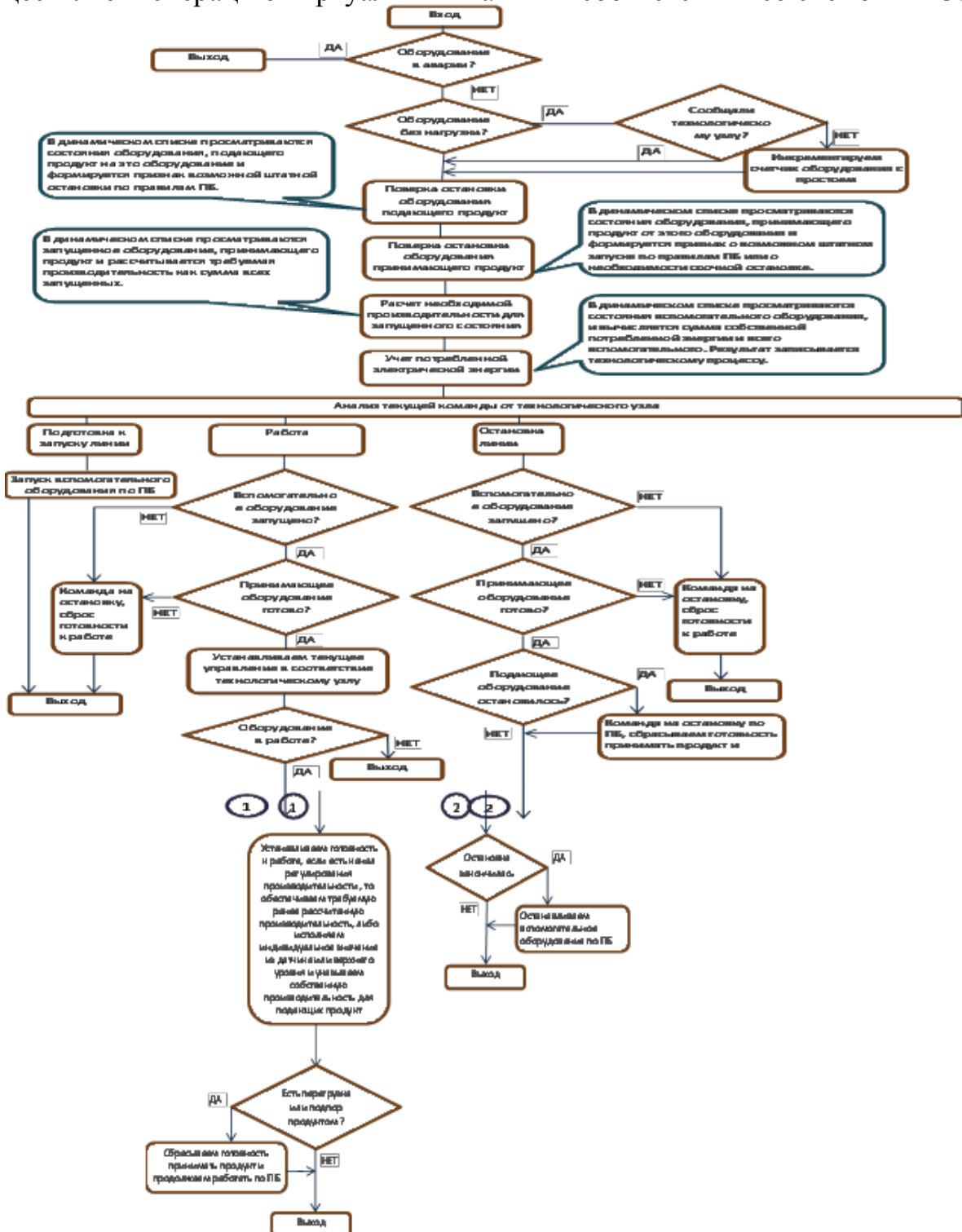


Рис. 3.1 - Обобщенный алгоритм запуска

ПТК, реализует математическую и структурную модели создания АСУ ТП по формализованному проекту, описанные в предыдущей главе.

После классификации и разделения технологий и оборудования на функционально-технологические модели элементов ОПО в предыдущей главе, становится возможным рассмотреть и сгруппировать их в унифицированные узлы, стандартизировать интерфейсы, как для взаимодействия как друг с другом, так и для человеко-машинного интерфейса.

3.1. Контекст ввода-вывода

Для описания контекста ввода-вывода в модели используется принцип стандарта IEC611-31. Этот стандарт предусматривает адрес данных ввода-вывода с помощью следующего синтаксиса:

a.b.c ,

где *a* – номер модуля, платы, устройства ввода-вывода

b – номер типа (группы) каналов

c – номер канала в группе

Вся необходимая работа с контекстом ввода-вывода производится встроенным системным программным обеспечением самого логического контроллера и является аппаратно-зависимым от производителя контроллера. Представленная модель только использует этот контекст, для получения необходимой информации и вывода в него данных от алгоритмов АСУ ТП.

В модели все каналы и величины ввода унифицируются в три типа – это дискретный, целочисленный целый и вещественный с «плавающей» запятой. Поэтому, весь контекст ввода АСУ ТП, всегда представляется с помощью этих трех типов, за исключением значений аналоговых границ, которые являются уставками и представляют собой программный канал четвертого типа. Все входные и выходные величины и сигналы формализуются моделью как подсистема ввода-вывода.

3.2. Технологические датчики контроля

Любой канал ввода или принятая величина, используемые в технологии, формализуется моделью как датчик с конкретным технологическим назначением. Для любого датчика в модели предусматривается технологическое назначение, за исключением пользовательских датчиков, не имеющих влияние на безопасную эксплуатацию системы. Модель позволяет создавать разные технологические датчики с одним и тем же источником ввода. Технологические типы, необходимые для конкретной отрасли автоматизации находятся в базе данных модели. Каждый технологический датчик имеет минимальные необходимые параметры для первичной обработки входного сигнала, такие как подавление дребезга дискретного ввода, интерполяция электрического сигнала в физическое значение и т.д. Для настройки датчика на канал ввода, либо на полученное значение необходимо указать в параметрах источник сигнала. В качестве источника сигнала в модели, возможно назначить либо канал ввода, либо другой датчик с таким же типом выходного значения. На рис. 3.2 представлен блок памяти для описания датчика.



Рис. 3.2 Блок памяти с данными технологического датчика.

Задачи алгоритма обработки датчиков состоят только в первичной обработке сигнала, без технологического назначения.

3.3. Простейшие устройства

К простейшим устройствам в данной модели относятся электромеханические агрегаты, трубопроводы, накопительные конструкции, используемые в технологии. Многолетний опыт позволил определить пять базовых типов. Каждый тип, описывающий свое устройство имеет формализованный одинаковый

интерфейс общения с ним. Этим устройством можно управлять, получать от него его текущее состояние. Для настройки устройства на средства контроля (датчики) и управления (каналы вывода) в модели предусмотрены динамические связанные списки, которые заполняются необходимыми значениями с помощью конфигурации АСУ ТП. Динамические связанные списки для датчиков и каналов устройства представляют собой цепочки упорядоченных ссылок на объекты типа датчик или канал, где начало списка (вершина) помещается в объект устройства, а концом списка является нулевая ссылка (терминатор). На рис. 3.3 представлен блок памяти с параметрами устройства и связанной список.

Алгоритмы обработки каждого типа устройства используют результаты обработки датчиков, но с учетом их технологического назначения и предусматривают как полное, так и частичное отсутствие необходимых технологических типов датчиков в своем списке. Это достигается за счет того, что результат обработки алгоритма каждого типа стремится к полному повиновению управлению, и только значения технологических датчиков могут повлиять на состояние устройства. К примеру : электродвигатель, у которого нет ни одного датчика контроля всегда удачно запуститься и всегда удачно остановиться.

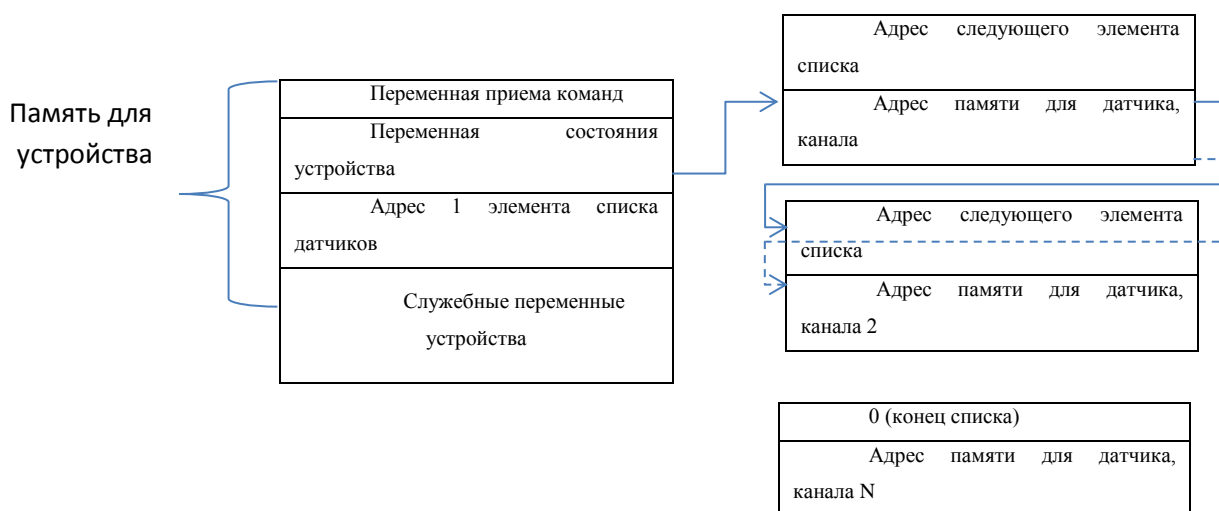


Рис. 3.3 Блок памяти для простого устройства и связанной список с датчиками

3.4. Технологическое оборудование

Следующим звеном формализации для модели является технологическое оборудование, которое обязательно состоит из простейших устройств и базируется на них, которые конфигурируются в динамическом связанном списке для каждого оборудования. В модели все технологическое оборудование унифицируется в четыре базовых типа. В интерфейсе взаимодействия с технологическим оборудованием моделью предусматривается управление оборудованием, получения состояния оборудования, включением его в технологический узел. Технологическое оборудование так же может иметь собственные средства контроля (датчики) и управления (каналы), которые конфигурируются с помощью динамических связанных списков. Для выполнения требований промышленной безопасности в модели технологического оборудования предусматриваются следующие связанные списки (рис. 3.4):

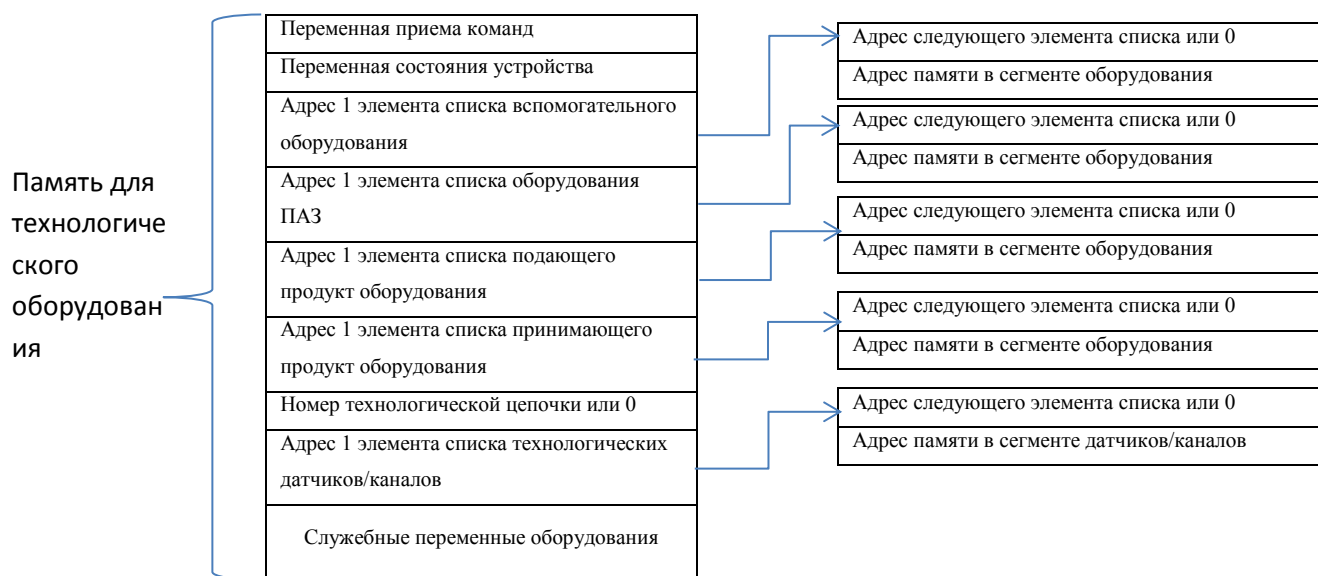


Рис. 3.4 Блок памяти с данными технологического оборудования.

- список вспомогательного технологического оборудования для обеспечения взрывобезопасной работы технологического оборудования в составе технологического узла (аспирация)

- список технологического оборудования для противоаварийных защит на всем объекте автоматизации (ПАЗ)

- список технологического оборудования, подающих продукт в составе технологического узла

- список технологического оборудования, принимающих продукт в составе технологического узла.

Алгоритм обработки базовых типов технологического оборудования использует следующий приоритет:

1. значения собственных датчиков
2. состояния простейших устройств
3. состояния оборудования для противоаварийных защит
4. состояния вспомогательного оборудования при использовании в технологической цепочке
5. состояние оборудования подающего и принимающего продукт

Для обеспечения эффективной эксплуатации технологического оборудования, в модели предусмотрена поддержка контроля моточасов (времени наработки оборудования) и сообщений о планово-профилактических работах, подсчет энергопотребления оборудованием, как при самостоятельной работе, так и в составе технологического узла, организацию разнообразных счетчиков для количества переваленной (принятой, отгруженной) продукции.

3.5. Технологический узел

Технологический узел формализуется как программный логический блок, который принимает команды и осуществляет диспетчеризацию технологическим оборудованием, принадлежащим технологическому узлу.

Алгоритм обработки технологического узла в данной модели распределен между полномочиями технологического оборудования и внешней диспетчеризацией для него самим технологическим узлом. Такое разделение полномочий позволяет осуществить принцип динамических маршрутов. Принцип динамических маршрутов заключается в том, что технологическое оборудование

статически не связано ни с каким другим оборудованием для работы в технологическом узле, пока такой узел не запуститься в работу с верхнего уровня. Это позволяет иметь много разных (созданных заранее на верхнем уровне) технологических узлов, которые могут использовать одно и то же технологическое оборудование для решения разных технологических задач в разное время. Технологический узел, через команды диспетчеризации сообщает технологическому оборудованию, входящему в технологический узел, что необходимо выполнить.

На рис. 3.5 представлен блок памяти для технологического узла.

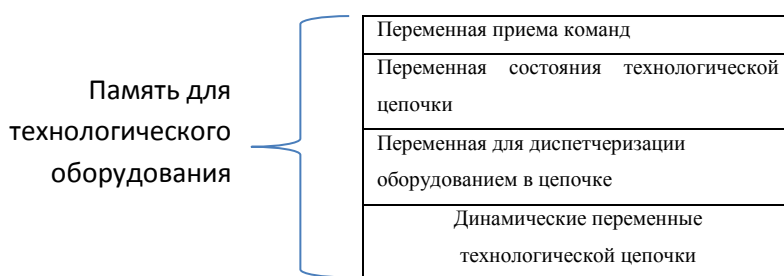


Рис. 3.5 Блок памяти с данными технологического узла.

Возможные команды диспетчеризации:

монтироваться в технологическую цепочку - по этой команде технологическое оборудование, которое назначили на конкретную технологическую цепочку и ему указали динамические связи с другим оборудованием, должно либо сообщить об удачном монтаже (готовности к работе в технологическом узле) либо о невозможности работы в технологическом узле в этот состоянии. Соответственно, технологический узел сообщит в своем состоянии об отказе в готовности к работе либо об удачном монтаже всего технологического оборудования. При удачном монтаже в технологический узел технологическое оборудование перестает выполнять команды управления от верхнего уровня (оператора), противоречащие работе технологического узла;

размонтироваться из технологической цепочки - по этой команде технологическое оборудование размонтируется из технологического узла и готово к управлению от команд верхнего уровня (оператора);

запуститься по правилам промышленной безопасности - по этой команде технологическое оборудование с учетом динамических связей с оборудованием, подающим и принимающим продукт, приступает к запуску по правилам промышленной безопасности. Для транспортировки сыпучих продуктов выполняются правила ПБ-14-586-03, где запуск технологического оборудования должен начинаться с последнего оборудования в технологической цепочке. Для транспортировки жидких продуктов выполняются правила безопасности химических и нефтехимических производств, на которых для запуска необходимо открыть запорную арматуру в трубопроводах;

остановиться по правилам промышленной безопасности - по этой команде начинается остановка технологического оборудования и выполняется так же, с требованиями промышленной безопасности;

подготовиться к ремонту технологической цепочки - по этой команде каждое технологическое оборудование проверяет возможность динамического ремонта (связывания) по новым связям, не меняя свое состояние в текущих условиях и не прекращая контроль за своей работой в составе технологического узла и сообщает об этом блоку технологического узла;

произвести ремонт технологической цепочки - по этой команде все технологическое оборудование в составе конкретного технологического узла в течении одного контроллерного цикла принимает новые параметры динамических связей в составе технологического узла;

аварийно размонтироваться - по этой команде все технологическое оборудование выходит из состава технологического узла в экстренном режиме (не штатном режиме).

Для обеспечения эффективности в использовании ресурсов при эксплуатации технологических узлов предусмотрен контроль за количеством-качественными параметрами: количество продукции созданной, переваленной, отгруженной, принятой и т.д., потраченной электрической энергии.

Для «узких специалистов» (энергетиков, экологов и др.) созданы специальные зависимые счетчики моточасов (наработки) транспортного или перерабатывающего оборудования и вспомогательного (аспирационного).

3.6. Редактор конфигурации АСУ ТП

Редактор конфигурации АСУ ТП, как это следует из структурной схемы ПТК (рис.2.7) и описания постановки его разработки, «работает» с базой данных, в которой имеются все необходимые прототипы (контроллеры, модули УСО, технологическое оборудование, устройства (драйверы), технологические датчики и каналы). Для создания конфигурации «в ручную» необходимы исходные данные (технологическая схема, Техническое задание на АСУ ТП и таблица подключений). Для получения конфигурации из проекта в электронном виде (AUTOCAD, E-PLAN) необходимо добавить нужный макрос в среду разработки и выполнить его. В результате выполнения макроса будет создана необходимая конфигурация, которая может быть открыта в редакторе конфигурации для дальнейшей настройки в соответствии с Техническим заданием на АСУ ТП.

3.6.1. Диалоговый режим и визуализация

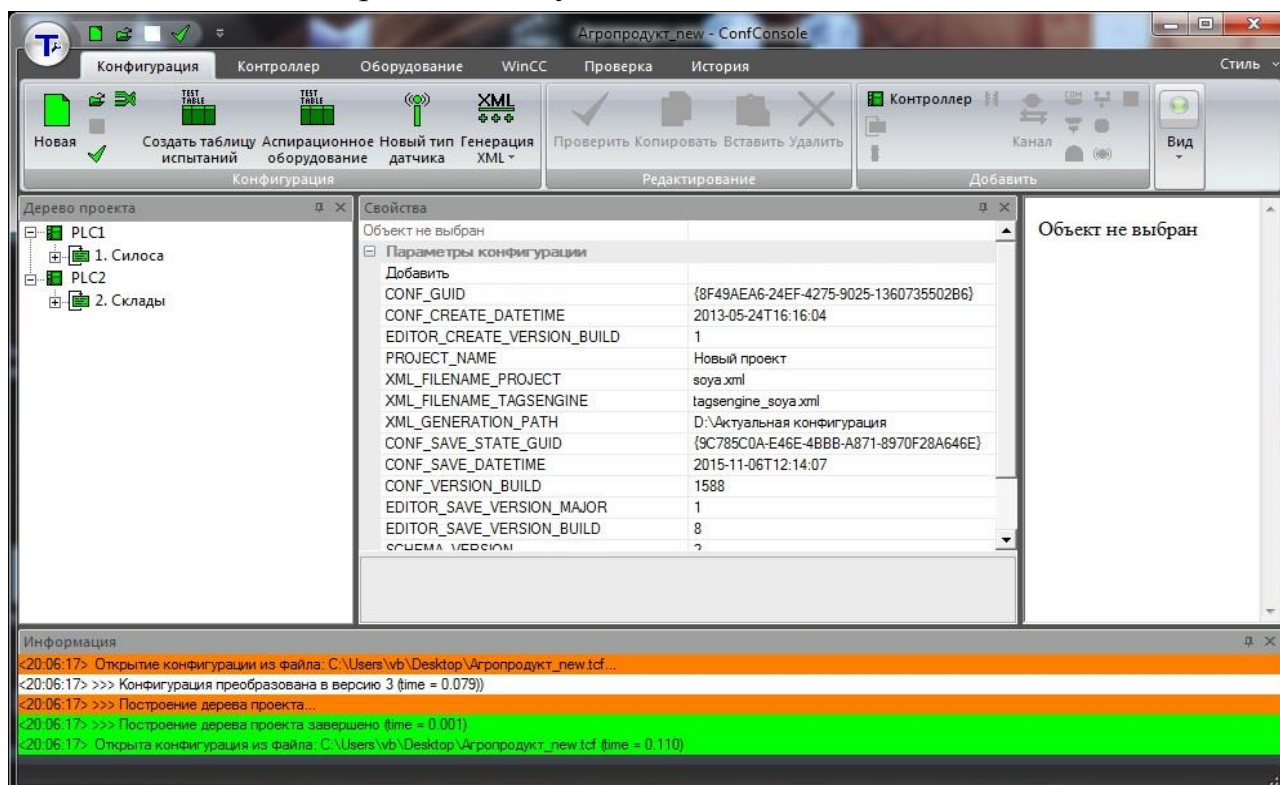


Рис.3.6 – Скриншот окна конфигулятора

Вся рабочая область редактора разбита на три основных окна («Дерево проекта», «Свойства» и «Информация») и панелей инструментов с соответствующими ярлыками («Конфигурация», «Контроллер», «Оборудование», «WinCC», «Проверка» и «История»). При выборе элемента в «Дереве проекта» область «Свойства» соответственно представляет допустимые параметры для этого объекта. На рис. 3.6-3.8 показаны окна редактора конфигураций.

«Дерево проекта» полностью повторяет структуру (древовидную) расположения информации в технологическом контроллере. Интуитивно понятный интерфейс для ввода и редактирования данных позволяет легко определить, как добавлять оборудование, устройства и датчики.

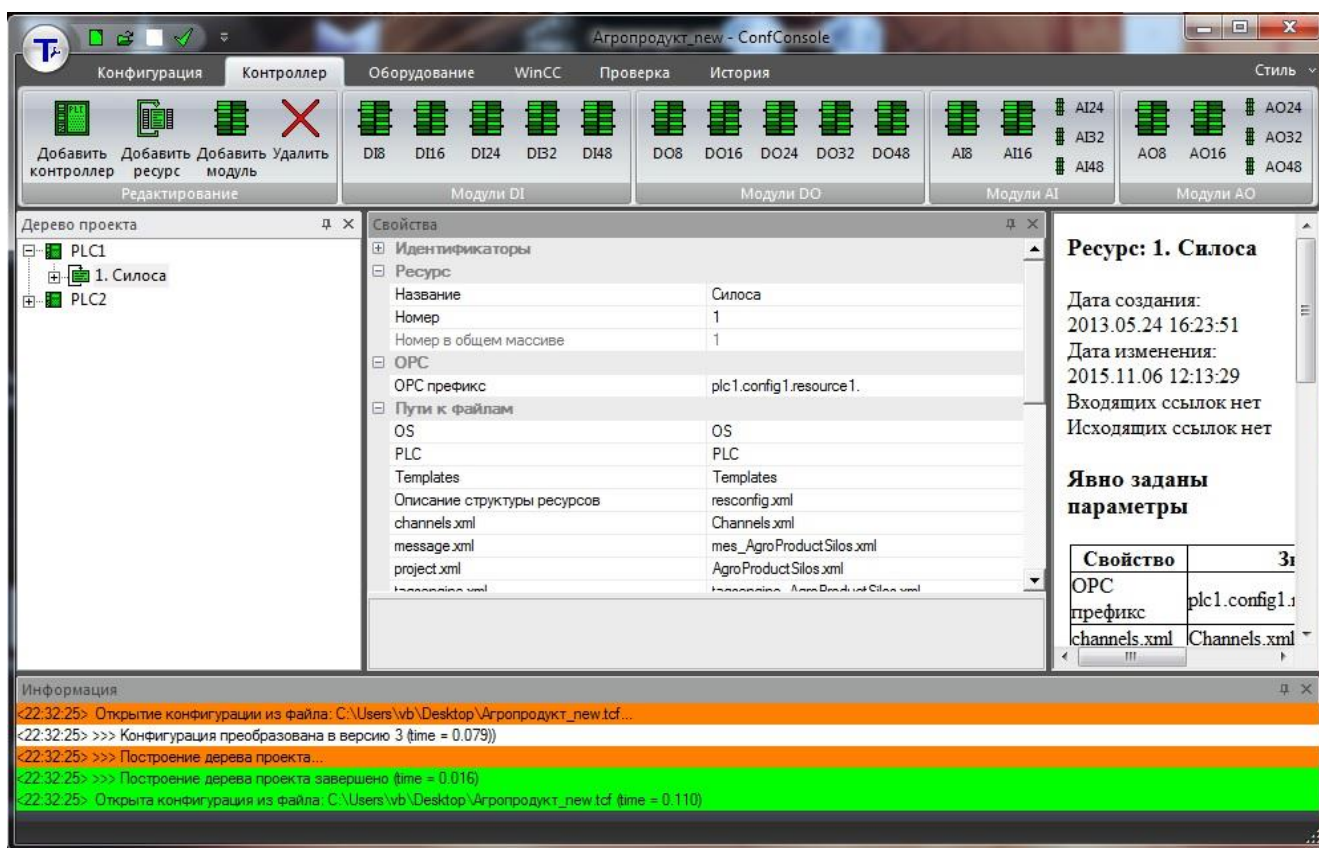


Рис. 3.7 - Скриншот окна для контроллеров

Отличительной особенностью является создание технологических связей, которые для контроллеров являются динамическими, а для конфигурации практически составляют «скелет» объекта, который определяется в технологической схеме. Технологическая связь – это совокупность состояния

оборудования с использованием определенной команды и направлением движения продукта к следующему оборудованию с этой командой [22].

Редактор конфигурации состоит из одного программного модуля, и базы данных с конфигурацией, а в результате генерации метаданных проекта редактор создает несколько папок (OS и папки с именами контроллеров в конфигурации) с файлами для верхнего и нижнего уровня соответственно.

Для нижнего уровня, для каждого контроллера это:

devconfig.xml – метаданные технологического оборудования

drconfig.xml – метаданные для простых устройств (драйверов)

dcinconfig.xml – метаданные для датчиков дискретного ввода

dcoutconfig.xml – метаданные для каналов дискретного вывода

dbinconfig.xml – метаданные для граничных значений ввода

dboutconfig.xml – метаданные для граничных значений вывода

acinconfig.xml – метаданные для аналогового ввода

acoutconfig.xml – метаданные для аналогового вывода

icinconfig.xml – метаданные для целочисленного ввода

icoutconfig.xml – метаданные для целочисленного вывода

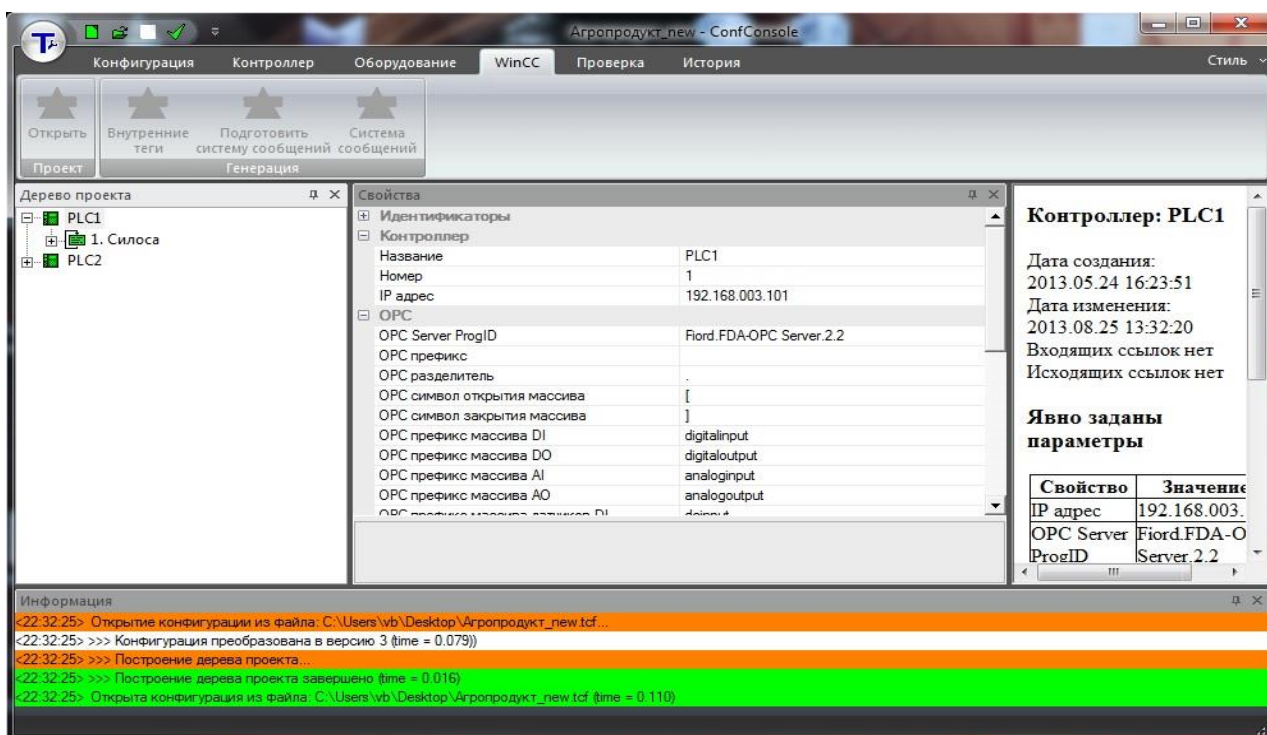


Рис. 3.8 - Скриншот окна для настройки WinCC

Для верхнего уровня (папка OS) это:

tritera.xml – метаданные всех ресурсов проекта АСУ ТП

tagengine_tritera.xml – метаданные для импорта данных в SCADA WINCC

3.6.2. Методология загрузки конфигурации

Для загрузки конфигурации верхнего уровня достаточно разместить файлы с метаданными проекта «верхнего уровня» в основной папке с исполняемыми модулями (указывается при инсталляции ПО верхнего уровня).

Загрузка нижнего уровня метаданными проекта зависит от типа технологического контроллера и производителя:

1-й способ (для любых контроллеров). После загрузки конфигурации верхнего уровня, основной программный модуль (Dispatcher.exe) проверяет наличие метаданных во всех контроллерах системы через специальный признак наличия метаданных в контроллере. Если конфигурационных данных нет, то модуль начинает наполнять все блоки памяти метаданными для каждого контроллера и после окончания загрузки конфигурации взводит специальный признак о наличии конфигурации и контроллер приступает к своей обычной работе. Такая загрузка производится для всех контроллеров АСУ ТП имеющиеся в конфигурации объекта

2-й способ (для контроллеров с наличием ОС). С помощью любой имеющийся программой для приема-передачи файлов по протоколу FTP необходимо записать метаданные для каждого контроллера в каждый контроллер. Контроллер сам обнаруживает наличие новых метаданных и загружает (либо перечитывает) новые метаданные и после окончания ввода новых метаданных самостоятельно приступает к обычной работе.

3.7. Основной модуль верхнего уровня

Основной модуль верхнего уровня – это COM-сервер Dispatcher.exe. Этот модуль соединяется со всеми контроллерами конфигурации, загружает метаданные верхнего уровня и устанавливает связь со всеми необходимыми блоками памяти контроллера для передачи команд и чтения всех необходимых

данных. Этот модуль использует объектно-ориентированное программирование. Он написан на языке C++. С использованием программных интерфейсов он позволяет присоединиться к себе любой программе с использованием COM-технологий. Вторая его функция – это взаимодействие со SCADA системами.

3.8. Модуль SCADA WINCC

На рис. 3.8 приведена мнемосхема одного экрана SCADA WINCC для объекта автоматизации приема, хранения и транспортировки сельскохозяйственного сырья.

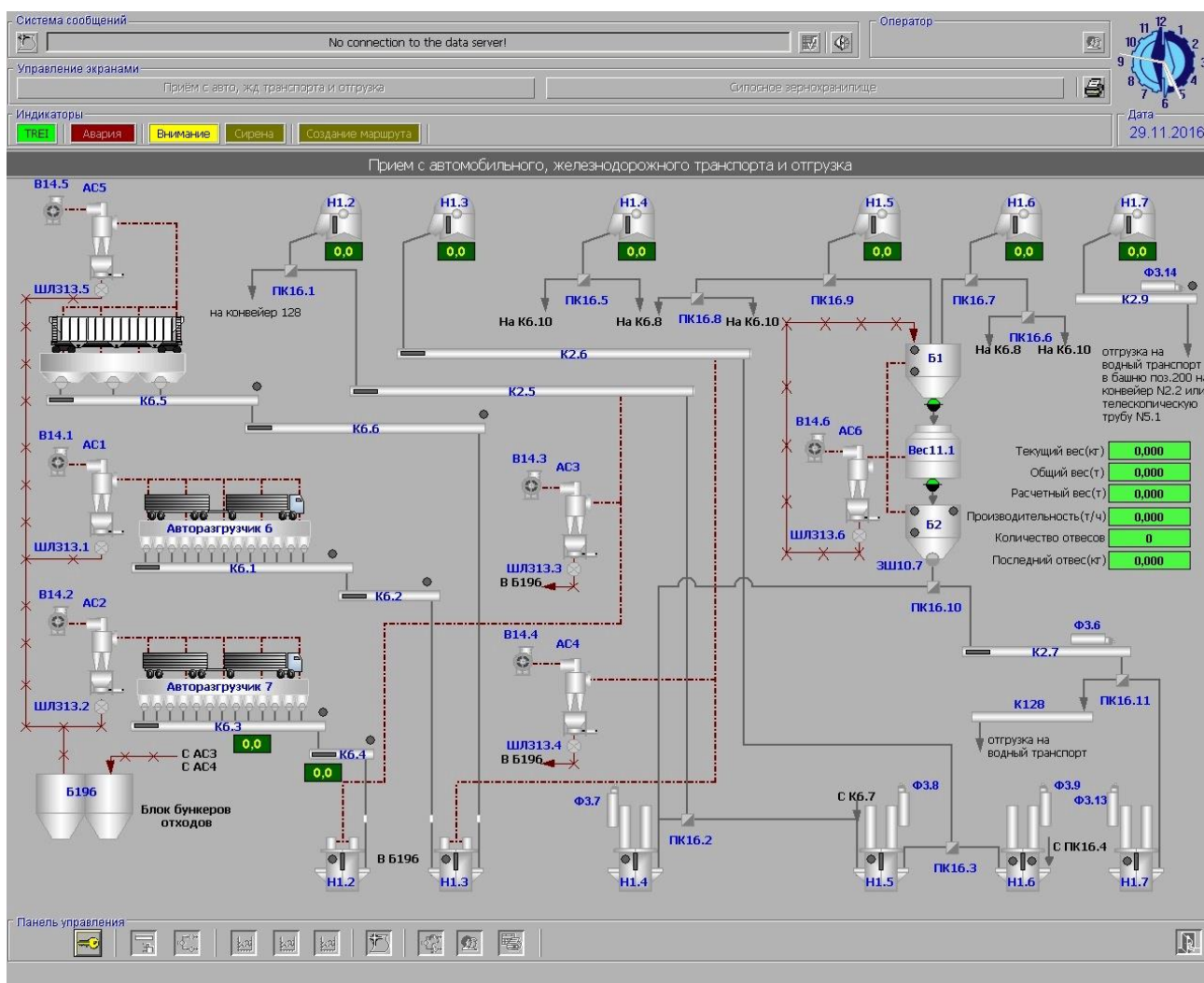


Рис.3.9 – Скриншот окна результирующей мнемосхемы

Для обеспечения работы системы SCADA с основным модулем *Dispatcher.exe* внутри проекта WINCC созданы следующие модули:

Внутренние теги WinCC

Информация о пользователе

Информация о пользователе, выполнившем вход в систему, находится в группе тегов «CurrentUser»

Имя тега	Описание
FirstName	Имя
MiddleName	Отчество
LastName	Фамилия
Login	Логин

Теги маршрутов

Имя тега	Описание
route_{no}_a	Тег, биты которого указывают на аварию маршрута в системе сообщений WinCC
route_{no}_c	Тег квитирования аварии маршрута
route_{no}_id	Название маршрута

{ no } – номер маршрута, от 1 до 20

Теги оборудования

Для каждого оборудования при генерации тегов создаются следующие теги:

Имя тега	Описание
{tagprefix}_s	Статус оборудования: 0 – Остановлено (левое положение) 1 – Запускается 2 – Работает (правое положение) 3 – Останавливается 4 – (резерв) 5 – Режим энергосбережения 6 – Ошибка запуска 7 – Ошибка работы 8 – Ошибка останова 9 – Ошибка остановленного оборудования 10 – Ручной режим работы
{tagprefix}_s_local	Локальный статус устройства, используется только в режиме редактора маршрутов для подсветки входящего в состав маршрута оборудования.
{tagprefix}_sex	Расширенный статус устройства: 0 – Устройство не исключено из маршрута 1 – Устройство исключено из маршрута
{tagprefix}_a(ex)	Информация об аварии оборудования. Каждому биту тега соответствует определенное аварийное текстовое сообщение
{tagprefix}_c(ex)	Информация о квитировании аварии оборудования. Каждый бит тега квитирует соответствующую аварию (в теге tagprefix_a(ex)) оборудования.
{tagprefix}_{sensorprefix}	Тег датчика
{tagprefix}_{sensorprefix}_idle	Наименьший порог значения аналогового датчика
{tagprefix}_{sensorprefix}_optimal	Оптимальное значение аналогового датчика

{tagprefix}_{sensorprefix}_over	Максимальное значение аналогового датчика
---------------------------------	---

{tagprefix} – префиксная часть тега оборудования (назначается редактором конфигураций)
{sensorprefix} – префиксная часть тега датчика (назначается редактором конфигураций)

Графический Редактор WinCC

Экраны проекта

Название	Описание
@Overview	pdl файл, описывающий шапку мнемосхемы на каждом мониторе
picCurrentTrends.PDL	Панель датчиков тока
picDVTTrends.PDL	Панель датчиков влажности и температуры
picScalesTrends.PDL	Панель датчиков веса
picVoltageTrends.PDL	Панель датчиков напряжения
scr_SOYA_Silos.PDL	Экран «Силосный корпус»
scr_SOYA_sklad.PDL	Экран «Склад напольного хранения»
scr_SOYA_Unload.PDL	Экран «Выгрузка на воду и ж/д»
scr_SOYA_Upload.PDL	Экран «Прием продукта»

Наэкранный контроль оборудования

Для корректного вызова наэкранный контроль необходимо:

1. на событие объекта «Press left» должен быть привязан с-скрипт «oscShowDeviceCtrl(lpszPictureName, lpszObjectName, x, y);»
2. В качестве свойства «Current Status» должен быть привязан с-скрипт «return (GetTagDWord("AllowConstructor") == 0)?(long)GetTagWord("{tagprefix}_s"):(long)GetTagWord("{tagprefix}_s_local");», где {tagprefix} – префиксная часть тега оборудования
3. В качестве свойства «Line Weight» необходимо установить привязку к тегу {tagprefix}_sex

Настройка аналоговых датчиков

1. Свойству «Process Driver Control» необходимо установить соответствующий датчику тег
2. Настройка всплывающей подсказки и максимального предела шкалы
3. Настройка цветового отображения шкалы
4. Для работы наэкранный контроль графиков необходимо по событию «Mouse Action» выполнить с-скрипт: «oscAddTrend(lpszPictureName, TAG_NAME, TREND_NAME, TREND_LABEL);», где TAG_NAME – имя архивного тега в системе Tag Logging WinCC, TREND_NAME – полное название датчика, TREND_LABEL – короткое название датчика (для отображения рядом со шкалой)

Настройка линий продукта

Для цветового отображения связи между оборудованием в режиме редактирования маршрутов и в режиме работы маршрута необходимо настроить свойство «Line Color» линии с помощью привязки с-скрипта «return GetLinkColor({tagprefix1},{tagprefix2});», где {tagprefix1} – префиксная часть тега подающего устройства, {tagprefix2} – префиксная часть тега принимающего устройства

База данных

AdmUsers

Описание пользователей системы

Login	varchar(25)	Логин оператора
Password	varchar(25)	Пароль
FirstName	varchar(50)	Имя

LastName	varchar(50)	Фамилия
Patronymic	varchar(50)	Отчество
Comment	varchar(100)	Комментарий
FK_Group	varchar(25)	Идентификатор группы

AdmAccessList

Разрешенные действия для группы операторов

FK_GroupID	varchar(25)	Идентификатор группы
FK_ProcedureID	int	Идентификатор разрешенной процедуры

AdmDenyList

Запрещенные действия для оператора

FK_UserID	varchar(25)	Идентификатор оператора
FK_ProcedureID	int	Идентификатор запрещенной процедуры

AdmEquipDenyList

Запрещенное к управлению оборудование для оператора

FK_UserID	varchar(25)	Идентификатор оператора
EquipTechNo	varchar(50)	Технологическое обозначение запрещенного к управлению оборудования

AdmGroupEquipDenyList

Запрещенное к управлению оборудование для группы

GroupName	varchar(25)	Идентификатор группы
EquipTechNo	varchar(50)	Технологическое обозначение запрещенного к управлению оборудования

AdmGroups

Группы операторов

GroupName	varchar(25)	Идентификатор группы
GroupComment	varchar(100)	Комментарий

AdmLogUser

История действий оператора

PK_ID	datetime	Дата события
FK_UserID	varchar(25)	Идентификатор оператора
FK_ProcID	int	Идентификатор процедуры
ExtraInfo	varchar(1024)	Дополнительная информация

AdmProcedures

Список процедур

ProcedureID	int	Идентификатор процедуры
Description	varchar(100)	Описание
Priority	int	Приоритет

Counters

Описание счетчиков, привязанных к каждому (любому) оборудованию

PK	int	Идентификатор счетчика
Name	varchar(50)	Наименование

DeviceEvents

События оборудования

EventDate	datetime	Дата
FK_DeviceEventType	int	Идентификатор типа события оборудования
DeviceName	varchar(255)	Технологическое обозначение оборудования
FK_SessionID	int	Идентификатор сессии

DeviceEventTypes

Описание типов событий оборудования

id	int	Идентификатор типа события оборудования
Name	varchar(50)	Наименование типа события

DynASUTPCConfig

Param_Name	varchar(20)	Unchecked
Param_Value	varbinary(8000)	Checked

EquipmentAspirations

Список аспираций оборудования

aspiration	varchar(50)	Технологическое обозначение аспирации
equipment	varchar(50)	Технологическое обозначение оборудования

EquipmentCounters

Счетчики оборудования

TimeOf	datetime	Дата
EquipmentName	varchar(255)	Технологическое обозначение оборудования
FK_CounterID	int	Идентификатор счетчика
Value	float	Значение счетчика
Comment	varchar(255)	Комментарий

Events

События сессии

PK_Date	datetime	Дата
FK_SessionID	int	Идентификатор сессии
EventType	int	Тип события сессии

EventTypes

Типы событий сессии

id	int	Идентификатор типа события сессии
Name	varchar(50)	Наименование

ParametersStorage

ParameterName	varchar(64)	Unchecked
ParameterNote	varchar(160)	Checked

ParameterValue	varbinary(160)	Checked
----------------	----------------	---------

Routes

Описание действующих маршрутов

PK_ID	int	Идентификатор маршрута
RouteName	varchar(50)	Название маршрута
CreateDate	datetime	Дата создания маршрута
CreateAuthor	varchar(100)	Идентификатор оператора, создавшего маршрут
[Content]	varbinary(8000)	Состав маршрута
Comment	varchar(150)	Комментарий
Editor	varchar(100)	Идентификатор оператора, редактировавшего маршрут
EditionDate	datetime	Дата редактирования маршрута
ExtraData	varbinary(100)	
ContentStr	varchar(255)	Состав маршрута в текстовом представлении

RptMonth

Таблица описания месяцев в текстовом виде для формирования отчетов на русском языке

PK	smallint	Номер месяца
NameI	varchar(50)	Наименование

Session

Таблица сессий запуска маршрутов

PK_SessionID	int	Идентификатор сессии
FK_RouteID	int	Идентификатор маршрута
WeightPerfomance	float	Производительность работы маршрута по весу
TimePerfomance	int	Производительность работы маршрута по времени
WhoStart	varchar(100)	Идентификатор оператора, запустившего маршрут
WhoStop	varchar(100)	Идентификатор оператора, остановившего маршрут
Begins	varchar(255)	
Ends	varchar(255)	
ElectricEnergy	float	Затраты электроэнергии
WeightOnStart	float	Стартовый вес
WeightOnStop	float	Окончательный вес
[Content]	varchar(MAX)	Состав маршрута на момент запуска сессии
TimeOf	datetime	Дата запуска сессии
TimeOf_End	datetime	Дата завершения работы сессии

По существу в SCADA WINCC создан некий «framework», т.е. набор необходимых скриптовых функций, с помощью которого нет необходимости программировать верхний уровень.

3.9. Реализации ПТК в проекте АСУ ТП силосного терминала ЗАО «Содружество-СОЯ» г. Калининград

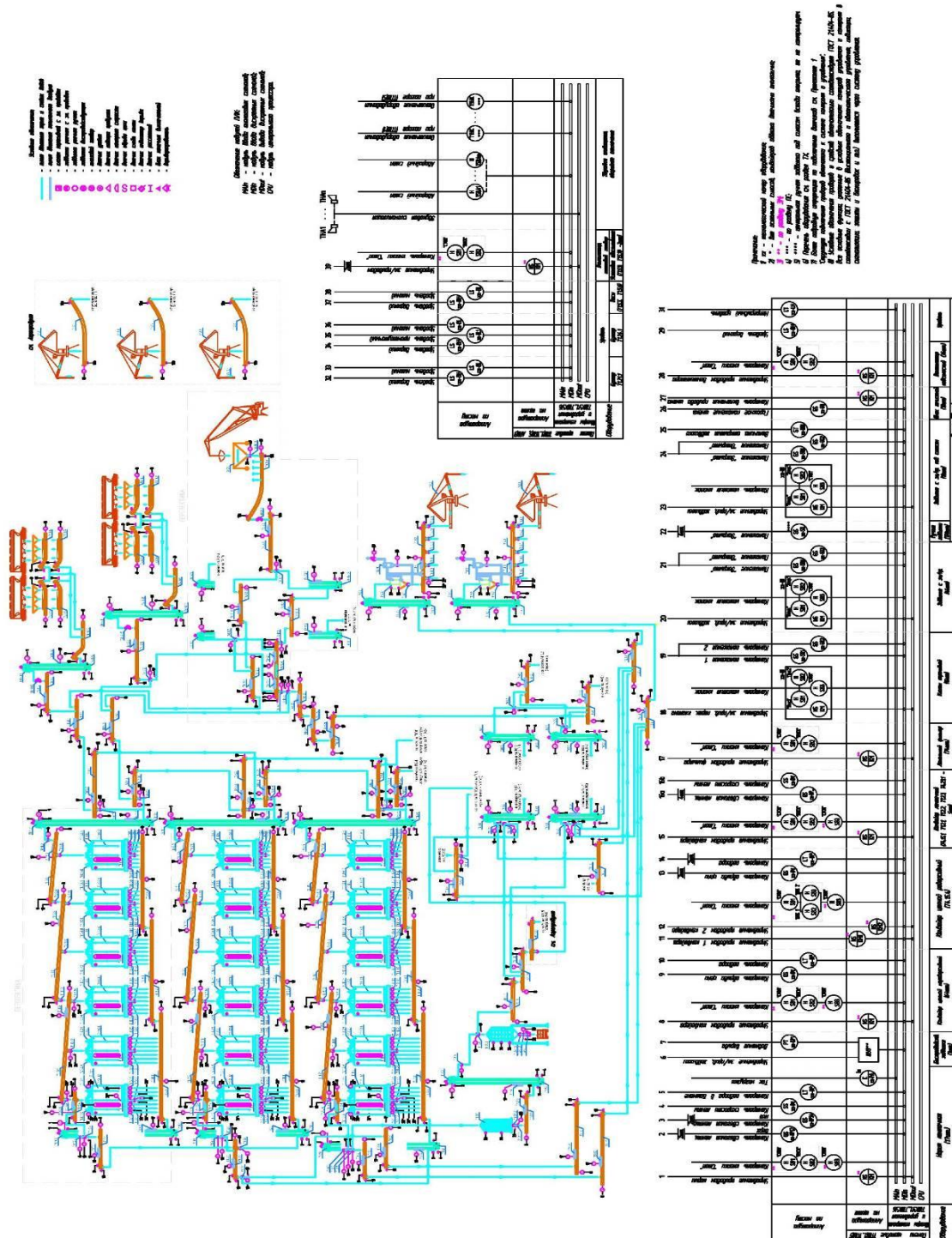


Рис. 3.10 Технологическая схема силосного терминала

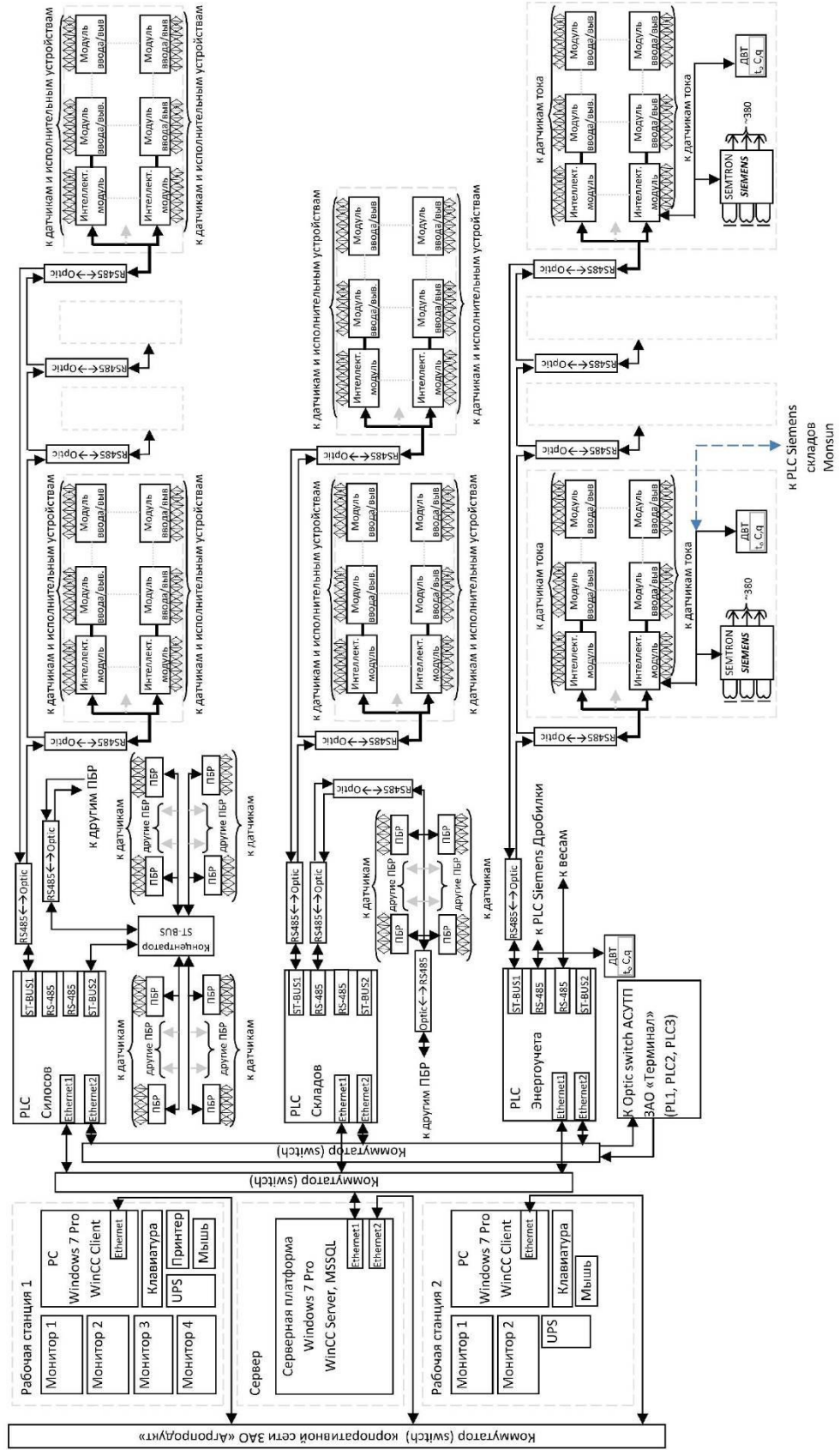


Рис. 3.11 КТС силосного терминала

Шкаф ТШКУ 1
(ТПЦ 1)

модуль А1501, дискретного входа «24В, 32 канала

Модуль контроллера ТРЕI-5В-05, шкаф ТШКУ1
(левая стенка)

Наименование оборудования	Параметр	Канал модуля	Кабель		Маркировка цепи	Клемма
			№ каб.	Адрес		
резерв		D0 17	*-02	*-KV17.A1	*-17	5A (17)
резерв		D0 18	*-02	*-KV18.A1	*-18	5B (18)
резерв		D0 19	*-02	*-KV19.A1	*-19	5C (19)
резерв		D0 20	*-02	*-KV20.A1	*-20	5D (20)
резерв		D0 21	*-02	*-KV21.A1	*-21	6A (21)
резерв		D0 22	*-02	*-KV22.A1	*-22	6B (22)
резерв		D0 23	*-02	*-KV23.A1	*-23	6C (23)
резерв		D0 24	*-02	*-KV24.A1	*-24	6D (24)
резерв		D0 25	*-02	*-KV25.A1	*-25	7A (25)
резерв		D0 26	*-02	*-KV26.A1	*-26	7B (26)
резерв		D0 27	*-02	*-KV27.A1	*-27	7C (27)
резерв		D0 28	*-02	*-KV28.A1	*-28	7D (28)
резерв		D0 29	*-02	*-KV29.A1	*-29	8A (29)
резерв		D0 30	*-02	*-KV30.A1	*-30	8B (30)
резерв		D0 31	*-02	*-KV31.A1	*-31	8C (31)
Звуковые сигнализаторы (ТПЦ1)	управление	D0 32	*-02	*-KV32.A1	*-32	8D (32)
		U1-2				** / **
		U3-4				** / **

М1W9510 - модуль дискретного вывода						
Наименование оборудования	Параметр	Канал модуля	Кабель		Маркировка цепи	Клемма
			№ каб.	Адрес		
Конвейер цепной Т6.15	включить	D0 01	*-01	*-KV01.A1	*-01	1A (01)
Конвейер цепной Т6.16	включить	D0 02	*-01	*-KV02.A1	*-02	1B (02)
Конвейер цепной Т6.11	включить	D0 03	*-01	*-KV03.A1	*-03	1C (03)
Конвейер цепной Т6.12	включить	D0 04	*-01	*-KV04.A1	*-04	1D (04)
Нарез ленточная Т6.31	включить	D0 05	*-01	*-KV05.A1	*-05	2A (05)
Нарез ленточная Т6.4.1	включить	D0 06	*-01	*-KV06.A1	*-06	2B (06)
Конвейер цепной Т6.19	включить	D0 07	*-01	*-KV07.A1	*-07	2C (07)
Конвейер цепной Т6.10	включить	D0 08	*-01	*-KV08.A1	*-08	2D (08)
Локальный фильтр Т6.13	включить	D0 09	*-01	*-KV09.A1	*-09	3A (09)
Локальный фильтр Т6.14	включить	D0 10	*-01	*-KV10.A1	*-10	3B (10)
Локальный фильтр Т6.17	включить	D0 11	*-01	*-KV11.A1	*-11	3C (11)
Локальный фильтр Т6.18	включить	D0 12	*-01	*-KV12.A1	*-12	3D (12)
Локальный фильтр Т6.111	включить	D0 13	*-01	*-KV13.A1	*-13	4A (13)
Локальный фильтр Т6.112	включить	D0 14	*-01	*-KV14.A1	*-14	4B (14)
Локальный фильтр Т6.12	включить	D0 15	*-01	*-KV15.A1	*-15	4C (15)
Локальный фильтр Т6.4.2	включить	D0 16	*-01	*-KV16.A1	*-16	4D (16)
		U5-6				** / **
		U7-8				** / **

Электромагнитические реле					
Цепь/узел	Клемма	№ каб.	Адрес	Выпуск. цепь	Клемма
Реле *-KV25				резерв	*-KV25.14
*-25 *-KV25.A1				резерв	*-KV25.11
ВН4 *-KV25.A2				резерв	*-KV25.12
Реле *-KV26				резерв	*-KV26.14
*-26 *-KV26.A1				резерв	*-KV26.11
*-KV26.A2				резерв	*-KV26.12
Реле *-KV27				резерв	*-KV27.14
*-27 *-KV27.A1				резерв	*-KV27.11
*-KV27.A2				резерв	*-KV27.12
Реле *-KV28				резерв	*-KV28.14
*-28 *-KV28.A1				резерв	*-KV28.11
*-KV28.A2				резерв	*-KV28.12
Реле *-KV29				резерв	*-KV29.14
*-29 *-KV29.A1				резерв	*-KV29.11
*-KV29.A2				резерв	*-KV29.12
Реле *-KV30				резерв	*-KV30.14
*-30 *-KV30.A1				резерв	*-KV30.11
*-KV30.A2				резерв	*-KV30.12
Реле *-KV31				резерв	*-KV31.14
*-31 *-KV31.A1				резерв	*-KV31.11
*-KV31.A2				резерв	*-KV31.12
Реле *-KV32				резерв	*-KV32.14
*-32 *-KV32.A1				резерв	*-KV32.11
ВН4 *-KV32.A2				резерв	*-KV32.12

К клеммам А2 реле подключить проводник согласно схеме электрической принципиальной

Электромагнитические реле					
Цепь/узел	Клемма	№ каб.	Адрес	Выпуск. цепь	Клемма
Реле *-KV09	150JK3	ШС113	Т6.13-9	резерв	*-KV09.14
*-09 *-KV09.A1				резерв	*-KV09.11
ВН4 *-KV09.A2				резерв	*-KV09.12
Реле *-KV10	150JK3	ШС113	Т6.14-9	резерв	*-KV10.14
*-10 *-KV10.A1				резерв	*-KV10.11
*-KV10.A2				резерв	*-KV10.12
Реле *-KV11	150JK3	ШС113	Т6.17-9	резерв	*-KV11.14
*-11 *-KV11.A1				резерв	*-KV11.11
*-KV11.A2				резерв	*-KV11.12
Реле *-KV12	150JK3	ШС113	Т6.18-9	резерв	*-KV12.14
*-12 *-KV12.A1				резерв	*-KV12.11
*-KV12.A2				резерв	*-KV12.12
Реле *-KV13	150JK3	ШС113	Т6.111-9	резерв	*-KV13.14
*-13 *-KV13.A1				резерв	*-KV13.11
*-KV13.A2				резерв	*-KV13.12
Реле *-KV14	150JK3	ШС113	Т6.112-9	резерв	*-KV14.14
*-14 *-KV14.A1				резерв	*-KV14.11
*-KV14.A2				резерв	*-KV14.12
Реле *-KV15	150JK3	ШС113	Т6.32-9	резерв	*-KV15.14
*-15 *-KV15.A1				резерв	*-KV15.11
*-KV15.A2				резерв	*-KV15.12
Реле *-KV16	150JK3	ШС113	Т6.4.2-9	резерв	*-KV16.14
*-16 *-KV16.A1				резерв	*-KV16.11
*-KV16.A2				резерв	*-KV16.12

В обозначениях проводников кабелей и реле символ *-01 заменить на номер модуля

модуль А1301, дискретного ввода «24В, 32 канала

Модуль контроллера ТРЕI-5В-05, шкаф ТШКУ1
(левая стенка)

Наименование оборудования	Параметр	Канал модуля	Кабель		Маркировка цепи	Клемма
			№ каб.	Адрес		
Локальный фильтр Т6.13	контроль вкл	D1 17	130JK3	ШС113	Т6.13-13	5A (17)
---	контроль 'тот'	D1 18	130JK3	---	Т6.13-5	5B (18)
Локальный фильтр Т6.14	контроль вкл	D1 19	130JK3	---	Т6.14-13	5C (19)
---	контроль 'тот'	D1 20	130JK3	---	Т6.14-5	5D (20)
Локальный фильтр Т6.17	контроль вкл	D1 21	130JK3	---	Т6.17-13	6A (21)
---	контроль 'тот'	D1 22	130JK3	---	Т6.17-5	6B (22)
Локальный фильтр Т6.18	контроль вкл	D1 23	130JK3	---	Т6.18-13	6C (23)
---	контроль 'тот'	D1 24	130JK3	---	Т6.18-5	6D (24)
Локальный фильтр Т6.111	контроль вкл	D1 25	130JK3	---	Т6.111-13	7A (25)
---	контроль 'тот'	D1 27	130JK3	---	Т6.112-13	7C (27)
Локальный фильтр Т6.112	контроль вкл	D1 28	130JK3	---	Т6.112-5	7D (28)
---	контроль 'тот'	D1 29	130JK3	---	Т6.32-5	8A (29)
Локальный фильтр Т6.32	контроль вкл	D1 30	130JK3	---	Т6.32-13	8B (30)
---	контроль 'тот'	D1 31	130JK3	---	Т6.4.2-13	8C (31)
Локальный фильтр Т6.4.2	контроль вкл	D1 32	130JK3	---	Т6.4.2-5	8D (32)
		U1-2				** / **
		U3-4				** / **

модуль А1302, дискретного ввода «24В, 32 канала

М1W9540 - модуль дискретного/импульсного ввода «24В						
Наименование оборудования	Параметр	Канал модуля	Кабель		Маркировка цепи	Клемма
			№ каб.	Адрес		
Конвейер цепной Т6.15	контроль вкл	D1 01	130JK1	ШС112	Т6.15-13	1A (01)
---	---	D1 02	130JK1	---	Т6.15-5	1B (02)
Конвейер цепной Т6.16	контроль вкл	D1 03	130JK1	---	Т6.16-13	1C (03)
---	---	D1 04	130JK1	---	Т6.16-5	1D (04)
Конвейер цепной Т6.11	контроль вкл	D1 05	130JK1	---	Т6.11-13	2A (05)
---	---	D1 06	130JK1	---	Т6.11-5	2B (06)
Конвейер цепной Т6.12	контроль вкл	D1 07	130JK1	---	Т6.12-13	2C (07)
---	---	D1 08	130JK1	---	Т6.12-5	2D (08)
Нарез ленточная Т6.31	контроль вкл	D1 09	130JK2	ШС113	Т6.31-13	3A (09)
---	---	D1 10	130JK2	---	Т6.31-5	3B (10)
Нарез ленточная Т6.4.1	контроль вкл	D1 11	130JK2	---	Т6.4.1-13	3C (11)
---	---	D1 12	130JK2	---	Т6.4.1-5	3D (12)
Конвейер цепной Т6.19	контроль вкл	D1 13	130JK2	---	Т6.19-13	4A (13)
---	---	D1 14	130JK2	---	Т6.19-5	4B (14)
Конвейер цепной Т6.10	контроль вкл	D1 15	130JK2	---	Т6.10-13	4C (15)
---	---	D1 16	130JK2	---	Т6.10-5	4D (16)
		U5-6				** / **
		U7-8				** / **

Наименование оборудования	Параметр	Канал модуля	Кабель		Маркировка цепи	Клемма
			№ каб.	Адрес		
резерв		D1 17				5A (17)
резерв		D1 18				5B (18)
резерв		D1 19				5C (19)
резерв		D1 20				5D (20)
резерв		D1 21				6A (21)
резерв		D1 22				6B (22)
резерв		D1 23				6C (23)
резерв		D1 24				6D (24)
резерв		D1 25				7A (25)
резерв		D1 26				7B (26)
резерв		D1 27				7C (27)
резерв		D1 28				7D (28)
резерв		D1 29				8A (29)
резерв		D1 30				8B (30)
резерв		D1 31				8C (31)
резерв		D1 32				8D (32)
		U1-2				** / **
		U3-4				** / **

М1W9540 - модуль дискретного/импульсного ввода «24В						
Наименование оборудования	Параметр	Канал модуля	Кабель		Маркировка цепи	Клемма
			№ каб.	Адрес		
резерв		D1 01				1A (01)
резерв		D1 02				1B (02)
резерв		D1 03				1C (03)
резерв		D1 04				1D (04)
резерв		D1 05				2A (05)
резерв		D1 06				2B (06)
резерв		D1 07				2C (07)
резерв		D1 08				2D (08)
резерв		D1 09				3A (09)
резерв		D1 10				3B (10)
резерв		D1 11				3C (11)
резерв		D1 12				3D (12)
резерв		D1 13				4A (13)
резерв		D1 14				4B (14)
резерв		D1 15				4C (15)
резерв		D1 16				4D (16)
		U5-6				** / **
		U7-8				** / **

Рис.3.12 – Таблица подключения формализованного проекта (один лист)

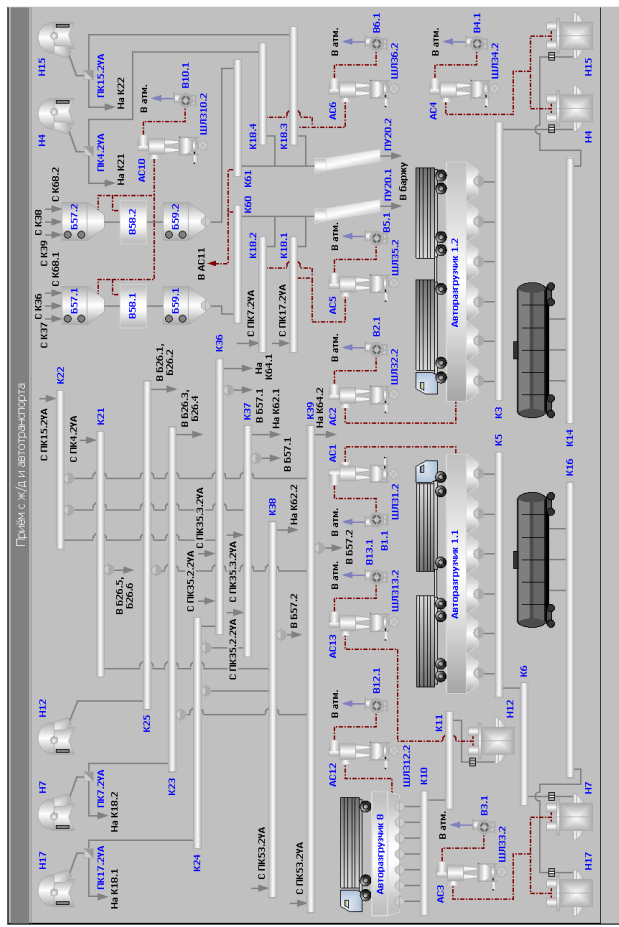
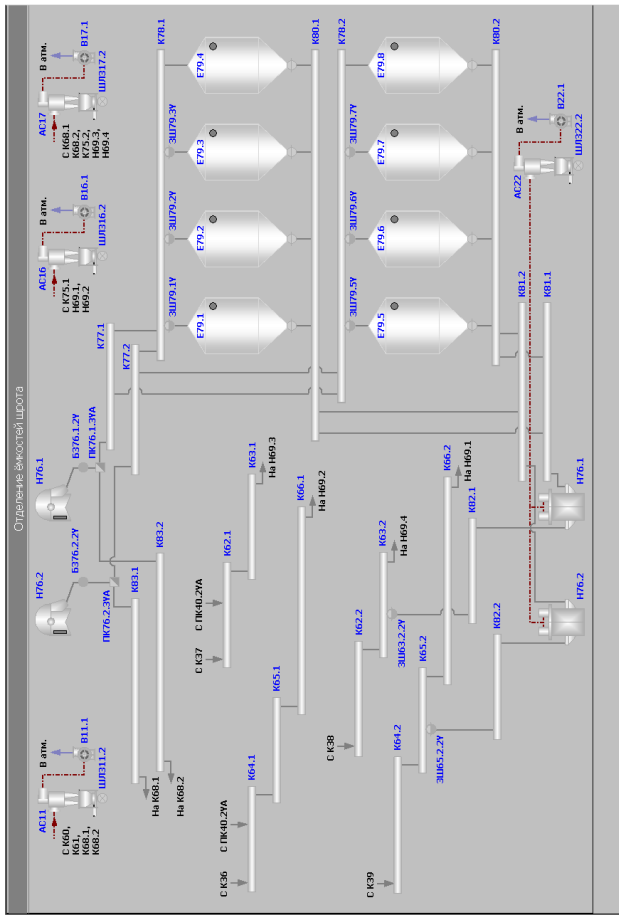
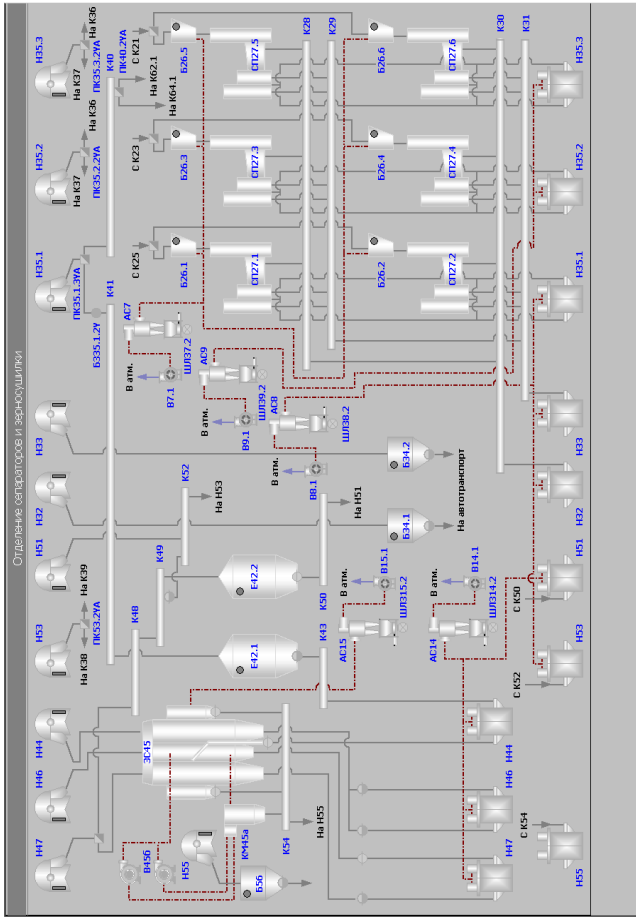


Рис. 3.13 – Скрин-шоты диспетчерских экранов

Выводы по 3 главе

Используя результаты математического моделирования и алгоритмизации процессов создания АСУТП ПТС ОПО (глава 2), средствами объектно-структурного программирования и с помощью пакетов прикладных программ (SCADA WINCC, SQL и Windows) в настоящей главе представлены следующие результаты исследований и разработок:

- редактор конфигурации АСУТП, контроллеров и сетевой структуры;
- структура метаданных в базе SQL;
- модуль COM-сервера;
- модуль WINCC.

Для самостоятельной работы специалистов ОПО с ПТК, редактор имеет несколько диалоговых режимов. Вся рабочая область редактора разбита на три основных окна:

- «Дерево проекта»;
- «Свойства»;
- «Информация».

Панели инструментов представлены соответствующими окнами:

- «Конфигурация»,
- «Контроллер»,
- «Оборудование»,
- «WinCC»,
- «Проверка».
- «История».

Примеры самостоятельной разработки, «виртуального внедрения» и эксплуатации новых участков, в т. ч. при модернизации ОПО, подтверждают актуальность, эффективность и надежность (с точки зрения безопасности) разработанного ПТК.



4.1. Обоснование создания имитатора АСУ ТП

В зарубежных странах автоматизация, как правило, предоставляется комплектно с технологией (проектируется технология и автоматизация совместно) и практически не подлежит изменению в течение его «жизненного цикла». При необходимости изменения или расширения объекта, меняется все комплектно (технология, оборудование, автоматизация).

В нашей стране многие объекты автоматизации являются проектно-компонруемыми, т.е. автоматизированная система создается после проектирования технологии, а порой и после строительства всего объекта. При этом для владельца объекта автоматизации нет никакой разницы между поставкой всего «под ключ» (с технологией и автоматизацией) или созданием АСУ ТП потом, после строительства всего объекта с помощью специализированной организации. В обоих случаях, эксплуатирующей организации понадобятся специалисты АСУ ТП при модернизации объекта, техническом перевооружении или расширении объекта.

Для воспитания таких специалистов современные ВУЗы создали учебные специальности, факультеты и кафедры. Но в силу фундаментальности и стандартизации учебных программ ВУЗов, такое обучение не дает полного понимания всех технологических процессов предприятий и производств, рассчитывая на дальнейшее самообразование выпускников. И это является важным противоречием между потребностью предприятий в готовых специалистах с опытом работы в своей отрасли и уровнем подготовки выпускников высшей школы.

Некоторые предприятия, удалены от мегаполисов на большие расстояния и в связи с этим не могут найти себе даже выпускника ВУЗов, а другие предприятия из-за небольшой рентабельности не могут себе даже позволить принять в штат специалиста АСУ ТП. Часто удаленность таких предприятий от мегаполисов, при

отсутствии в штате обученных специалистов в области АСУ ТП, превращает их в заложников обстоятельств, вызванных инцидентами и авариями, срывая выпуск продукции и лишая предприятия прибыли.

Организации, которые занимаются созданием АСУ ТП для производств, также вынуждены дополнительно обучать молодых специалистов, а затем беспокоиться о возможном уходе в другую аналогичную организацию своих обученных кадров, например, из-за лучших условий труда и зарплаты. При этом существует еще одна проблема при создании АСУ ТП – это разные стили кодирования алгоритмов. Даже при традиционном построении архитектуры программного проекта, которая базируется на логических контроллерах и SCADA системах, стили программирования очень многообразны. Несмотря на стандарты, такие как IEC61131 для логических контроллеров, скриптовых языков для SCADA систем, порой очень сложно разбираться с написанным кодом без знания стиля. Программист АСУ ТП, как правило, использует свои базовые знания и навыки при создании управляющего кода и, благодаря возможностям стандарта IEC61131, этот код может быть написан как в стиле инженера КИПиА (FDB,LD), в стиле логических цепочек (CFC), в стиле шагов и переходов (SFC), так и в стиле структурированных языков, таких как Си, Паскаль (ST) и т.д.

Особенно сказывается уход специалистов, когда запущенный ими объект автоматизации требует технической поддержки либо из-за инцидентов, либо для модернизации, либо по другим причинам. Поэтому, для предотвращения подобных ситуаций, в настоящем диссертационном исследовании предпринята попытка - унифицировать подход к объектам автоматизации для создания универсального программного кода, и в качестве объекта исследования была выбрана технология автоматизации транспортировки сельскохозяйственного сырья.

Унификация позволила создать программный код, который можно было многократно, без редактирования использовать на любых объектах автоматизации транспортировки сельскохозяйственного сырья. При создании этого кода были

учтены принципы работы известного на тот момент технологического оборудования, требования промышленной безопасности для опасных производственных объектов транспортировки и переработки растительного сырья, а так же опыт технологов, главных инженеров предприятий этой отрасли при ежегодном взаимодействии на международных конференциях, проводимых Кубанским филиалом ФГБНУ «ВНИИЗерна».

Создание унифицированного кода позволило с помощью внутренней служебной документации очень быстро подключать новых специалистов к участию для внедрения новых объектов автоматизации. Однако очень скоро выяснилось, что каждое предприятие внутри отрасли является в чем-то уникальным и многие параметры для алгоритмов автоматизации требуют иногда существенной корректировки.

Таким образом, возникла идея предоставить таким предприятиям средства, с помощью которых имеющийся персонал смог бы самостоятельно изменять необходимые параметры, в т. ч. «виртуально» (без подключения к объекту) проверять правильность модификации.

Исследования нескольких предприятий выявили устойчивый круг специальностей и должностей в них, которые могли бы иметь полномочия корректировки необходимых параметров, а так же обладали бы необходимыми знаниями технологического оборудования и технологических процессов предприятий. Исходя из этого, было разработано специальное программное обеспечение, позволяющее создавать элементы автоматизации, изменять необходимые параметры в алгоритмах АСУ ТП конкретного предприятия без знаний и навыков программирования.

Такая возможность появилась благодаря, во-первых, созданию модели построения и функционирования всего объекта автоматизации, а, во-вторых, и это – главное, разработке программно-технического комплекса их реализующих, включая «имитатор виртуального внедрения», чтобы с помощью тестирования без

подключения к объекту, обеспечить максимально возможное предотвращение инцидентов и аварий.

4.2. Методология создания имитатора АСУ ТП

Имитатор использует ту же математическую модель ОА (4.1), которая формализована предложенным способом (гл.3), 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.

$$\left\{ \begin{array}{l}
 L_r(\overline{r = 1, r_{max}}) \\
 A_{Lr}(\overline{r = 1, r_{max}}) \\
 E_r(\overline{r = 1, r_{max}}) \\
 \overline{A_{Lr}} = \overline{L_r \wedge E_r} = \frac{L_r}{E_r} = (\overline{L_r} \wedge \overline{E_r}) \vee (\overline{L_r} \wedge E_r) \vee (L_r \wedge \overline{E_r}) \\
 A_\psi(\overline{\psi = 1, \psi_{max}}) \\
 C_q\{q = 1, q_{max}\} \\
 A_\psi \{C_i : i = \overline{1, a_\psi} \wedge C_i \in C\{C_q : q = \overline{1, q_{max}}\}\} \\
 C_q \{E_i : i = \overline{1, c_q} \wedge E_i \in F\{E_r : \overline{r = 1, r_{max}}\}\} \\
 S\{S_r : \overline{r = 1, r_{max}}\} \\
 T = \sum t_i \cdot N_i / M
 \end{array} \right. \quad (4.1)$$

Некоторые значения меняются с помощью генераторов случайных чисел. Проверка «аварийных ситуаций» формируется вручную, путем введения с клавиатуры соответствующих кодов (рис.4.1).

При этом в «проверяемой АСУТП» визуализируются «реальные» физические параметры (вес, скорость, объем, температура и т.д.).

Основой 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, состоящих 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 АСУ ТП. На рис. 4.2-4.4 показаны окна и соответствующие диалоги для управления имитатором и наблюдения всей технологической схемы внутри имитатора, которая строится по тем же данным, что и экраны основных мнемосхем SCADA WINCC.

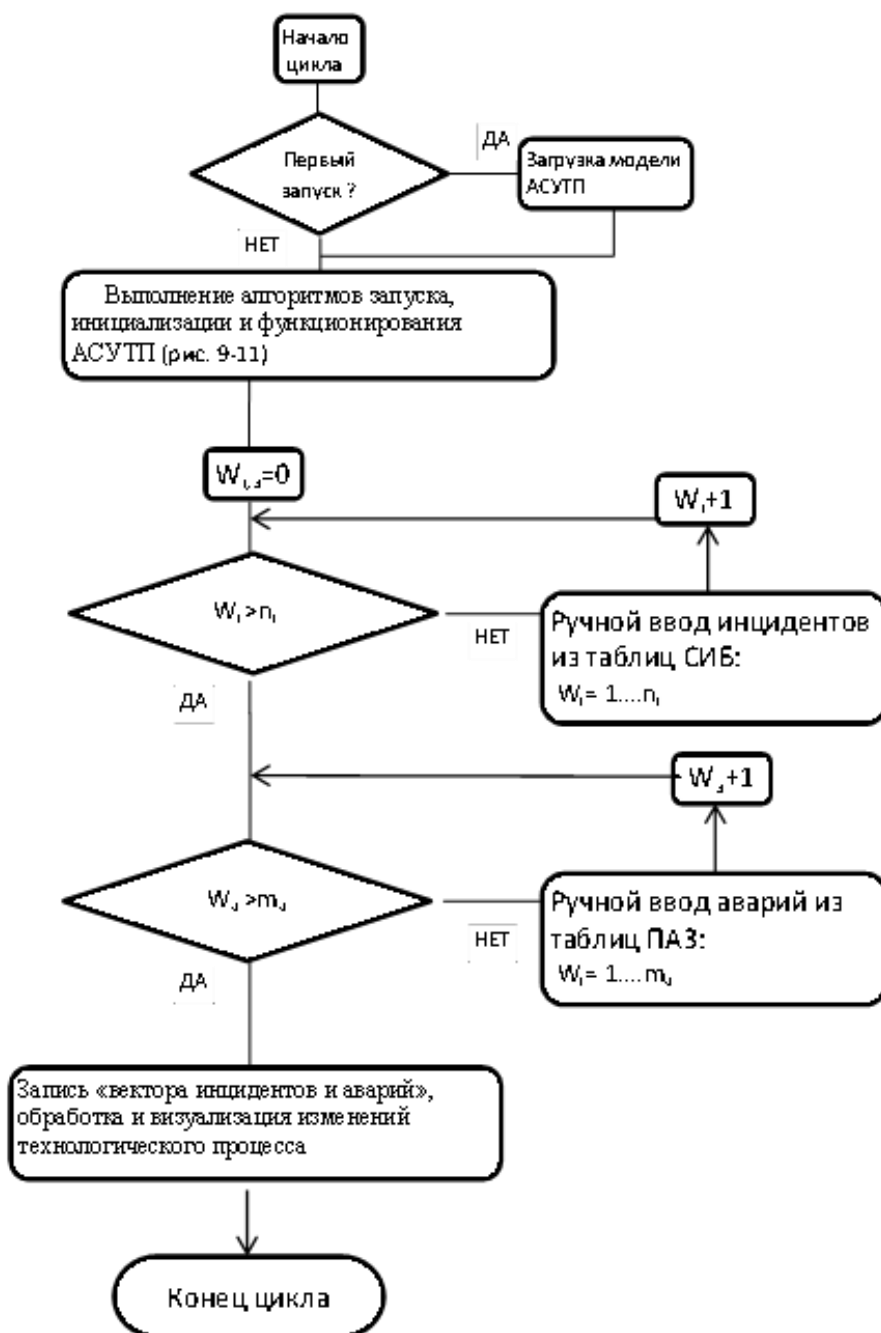


Рис. 4.1 – Блок-схема алгоритма «виртуального внедрения» и проверки АСУТП

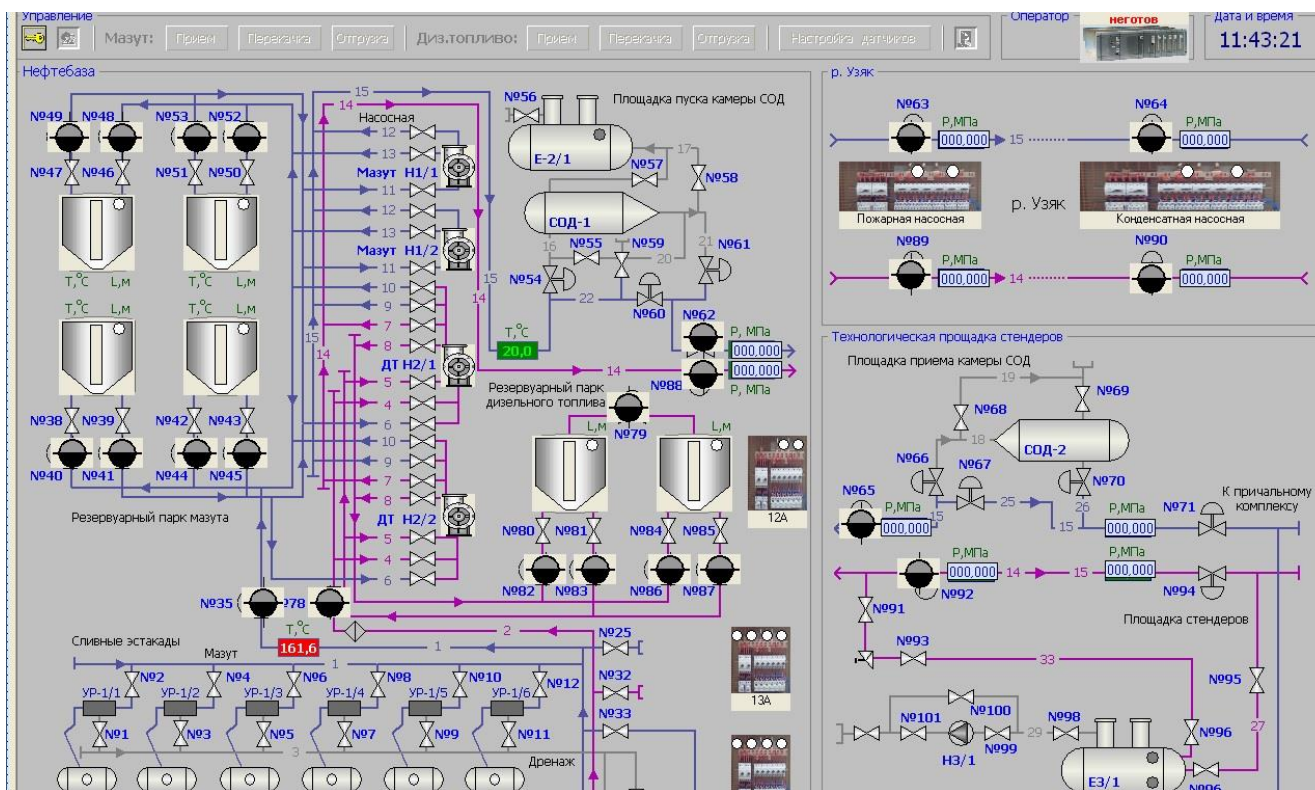


Рис. 4.2. Основное окно приложения *Emulator.exe*

Имя проекта	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Кнопочный пост подключен к контроллеру
Имя ресурса	<input type="text"/>	Подключение кнопочного поста
Информация OPC сервера		Контроллер <input type="text"/>
Имя	<input type="text"/>	Кнопка "Пуск" в прямом направлении (Открыть)
Производитель	<input type="text"/>	Кнопка "Пуск" в обратном направлении (Закреть)
Версия	<input type="text"/>	Кнопка "Стоп"
Время соединения	<input type="text"/>	
Время обновления переменных	<input type="text"/>	
Контроллер	<input type="text"/>	Контроллер <input type="text"/>
Датчик подпора (входящий)	<input type="text"/>	Датчик подпора (входящий)
Датчик подпора (выходящий)	<input type="text"/>	Датчик подпора (выходящий)
Датчик контроля скорости	<input type="text"/>	Датчик контроля скорости
	<input type="text"/>	Датчик схода ленты нижний
	<input type="text"/>	Датчик схода ленты верхний

Рис. 4.3. Дополнительные окна с информацией и настройкой имитатора

2-й способ (для контроллеров с ОС). Имитатором является отдельный код

контроллера, который выполняется независимо от управляющей программы АСУ

ТП, 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 АСУ ТП и начинает анализировать воздействия программ АСУ ТП и генерировать ответные сигналы в соответствии с алгоритмами работы устройств и механизмов.

Рис. 4.4. Дополнительные окна с информацией и настройкой имитатора

Для такого имитатора создано небольшое приложение под Windows с именем *Monitor.exe* с целью подключения к данным имитатора, с отображением всей древовидной структуры объектов АСУ ТП и предоставлением диалога, для вмешательства в поведение имитатора с целью проверки алгоритмов АСУ ТП. На рис. 4.5 представлен экран приложения Monitor.exe.

Приложение *Emulator.exe* имеет возможность сделать фоном основного окна – скриншот мнемосхемы из SCADA WINCC. В места расположения технологического оборудования имитатор помещает специальные *ActiveX* компоненты, визуализация которых зависит от алгоритмов самого имитатора.

Приложение *Monitor.exe* имеет кнопку для считывания конфигурации из контроллера АСУ ТП и кнопку построения эмулятора в контроллере имитатора.

Оба имитатора для приема управляющих сигналов на устройства и механизмы, а так же для передачи встречных сигналов, подключаются к контексту ввода-вывода управляющей программы АСУ ТП. То есть имитаторы читают каналы вывода, обрабатывают их в соответствии с алгоритмами поведения технологического оборудования, с учетом вмешательства в эти алгоритмы и записывают в каналы ввода контроллера соответствующие сигналы, визуализируя их соответствующим образом.

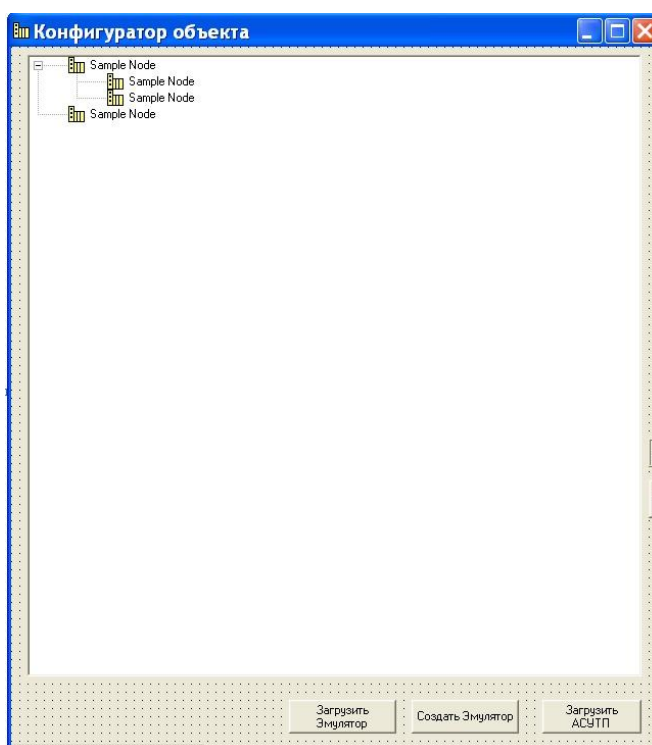


Рис. 4.5. Основной экран мониторинга и управления имитатором

4.3. Виртуализация среды выполнения программ

Для полноценной проверки выполнения всех алгоритмов АСУ ТП и выполнения требований промышленной безопасности без пуско-наладочных работ на реальном объекте автоматизации был выбран способ виртуализации среды исполнения всех программ с помощью профессионального разработчика таких сред – VMWare. С помощью средств VMWare создаются необходимые операционные системы для верхнего уровня (Windows) и для контроллеров управляющих программ АСУ ТП и имитаторов (в случае контроллеров с ОС)

путем импорта с реальных компьютеров и контроллеров, либо созданных заранее с установленным системным и прикладным программным обеспечением.

4.3.1. Настройка виртуальной среды

Каждую виртуальную машину (АРМ оператора, технологический контроллер, имитатор и т.д.) необходимо включить во внутреннюю локальную сеть VMWare. Для этого необходимо с помощью VMWare Virtual Network либо создать новую - с необходимыми адресами, эквивалентными реальным контроллерам и компьютерам, либо изменить параметры существующей у VMWare локальной сети на нужные.

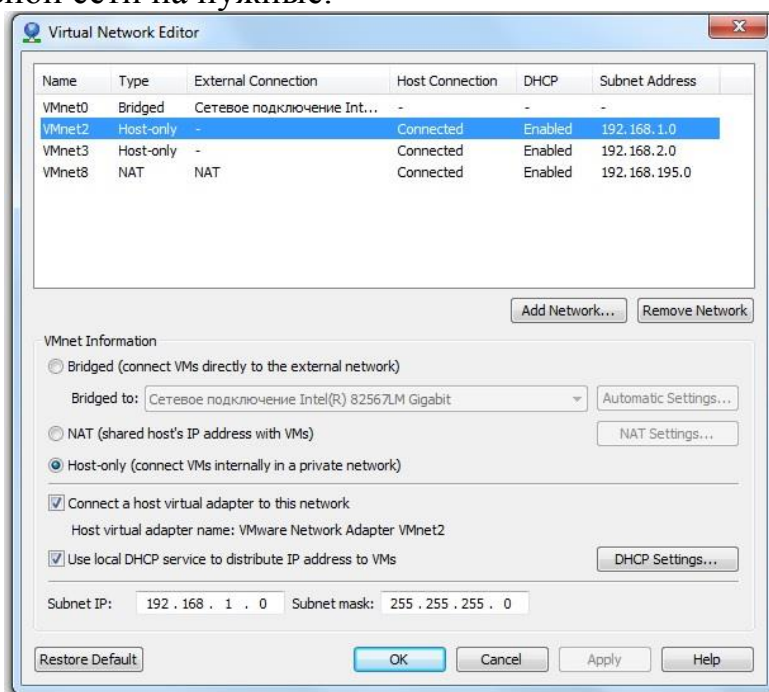


Рис. 4.6. Настройка локальной сети между виртуальными машинами.

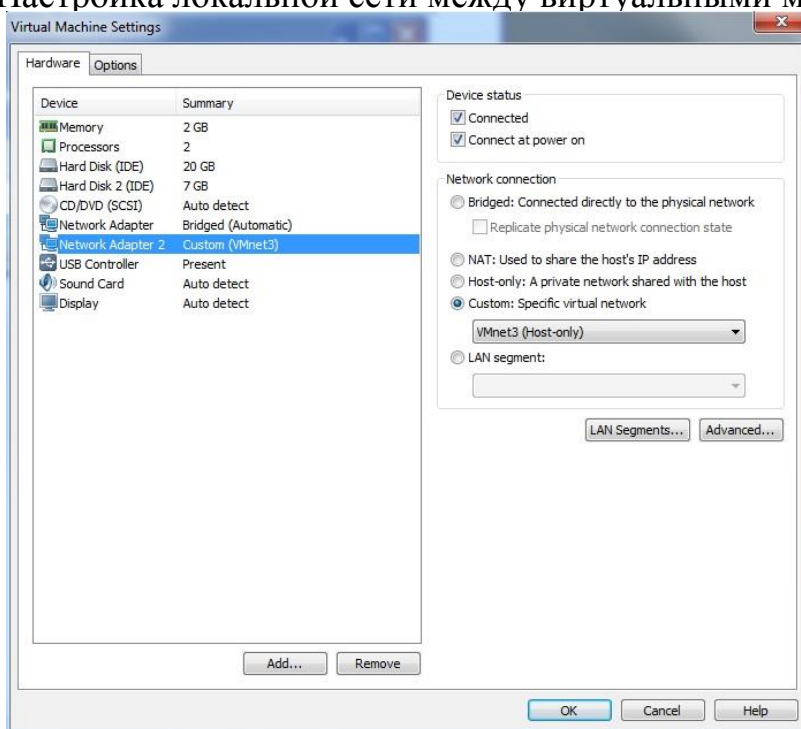


Рис. 4.7 - Подключение виртуальных машин с локальной сети VMWare.

На рис. 4.6 показан экран для таких настроек. После запуска виртуальной машины либо с помощью VMWare Workstation, либо с помощью VMWare Player необходимо в основном меню подключить виртуальные сетевые платы для каждой виртуальной машины к требуемой локальной сети, как показано на рис. 4.7.

После окончания настроек виртуализации необходимо загрузить файлы конфигурации для управляющей программы АСУ ТП и АРМ оператора, как описано в главе 2.

4.3.2. Эмуляция инцидентов и аварий

Как было отмечено выше, некоторые значения из «множества инцидентов и аварий» меняются с помощью генераторов случайных чисел, но в основном, проверка «аварийных ситуаций» формируется вручную, путем введения с клавиатуры соответствующих кодов, соответствующих таблицам СИБ и ПАЗ, с отображением на мнемосхеме объекта (рис.4.2) с помощью Приложения *Emulator.exe*.

4.4. Оценка реализаций возможностей имитатора на ОПО

Как следует из актов внедрения ПТК на ОПО (Приложение 1), ряд объектов осуществили самостоятельно модернизацию введенных в эксплуатацию АСУТП, которые не только подтвердили эффективность и надежность разработанных моделей, алгоритмов и программного обеспечения, но и выявили необходимость совершенствования специального программного обеспечения ПТК, на предмет защиты от инцидентов и аварий, которые не предусмотрены таблицами СИБ и ПАЗ.

Приведенный ниже анализ результатов «виртуального» и реального применения ПТК на ОПО позволил создать библиотеку аналитических моделей диагностики и прогноза (БАМ ДП), специфичных для ОПО «инцидентов и

аварий», которые не предусмотрены требованиями ТР и ПБ, и в настоящее время пакет прикладных программ (ППП «ТРИТЭРА»), дополненный БАМ ДП подготовлен к защите в Роспатенте.

4.4.1. Результаты самостоятельной модернизации на Славянском КХП участка с нориями.

В связи с необходимостью повышения производительности участка подъема зерна в силоса, специалистами Славянского КХП была произведена замена норий на новые (большей производительности) и с помощью ПТК с ППП «ТРИТЭРА» осуществлена модернизация АСУТП участка.

«Виртуальный прогон» и моделирование инцидентов и аварий согласно таблицам СИБ и ПАЗ показали устойчивое обнаружение и своевременные остановки работы оборудования, и модернизированная АСУТП была запущена в эксплуатацию.

Однако, несмотря на нормальные показатели и графики нагрузок на нории (рис. 4.8, 4.9), периодически начали образовываться «завалы зерна» с противоположной от конвейера стороны нории.

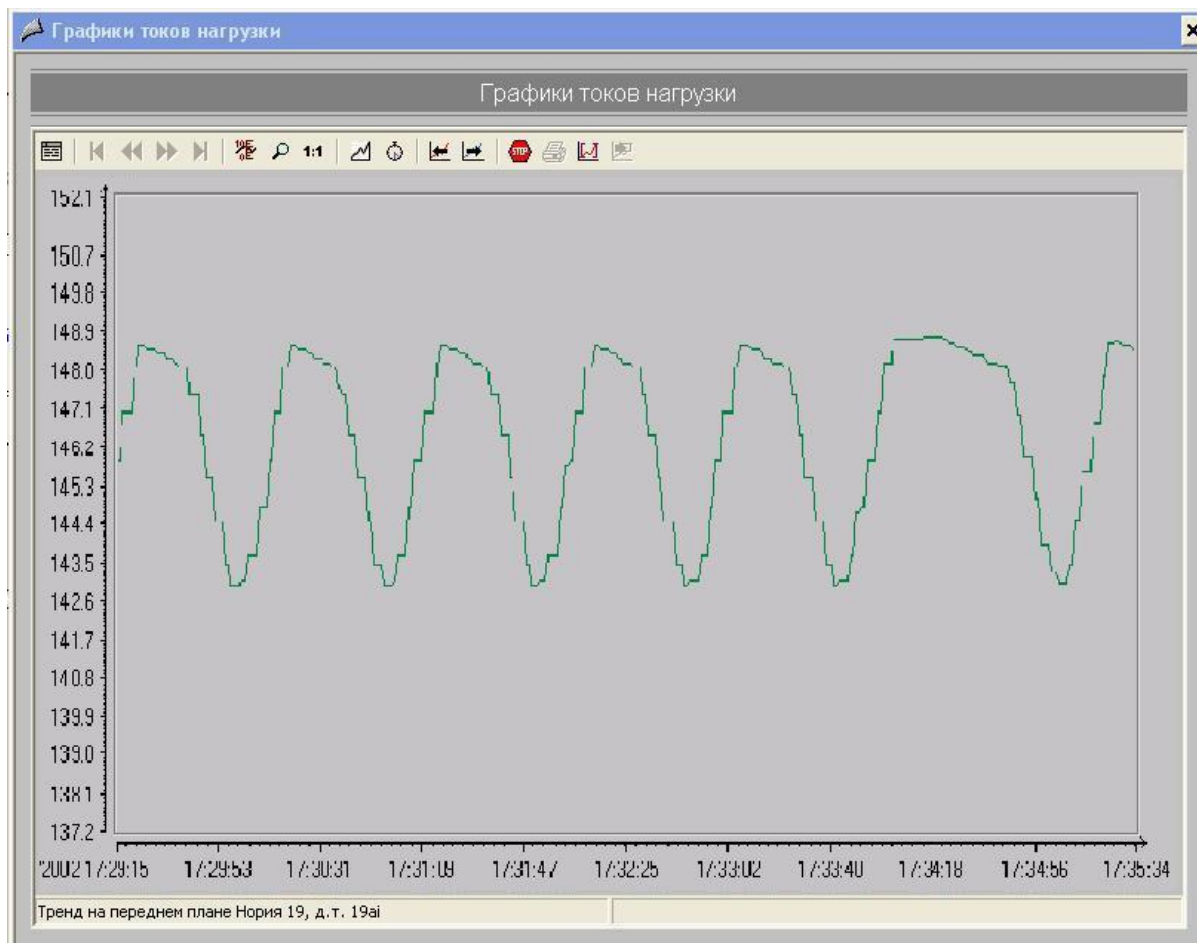


Рис.4.8 - Окно графиков токов нагрузок

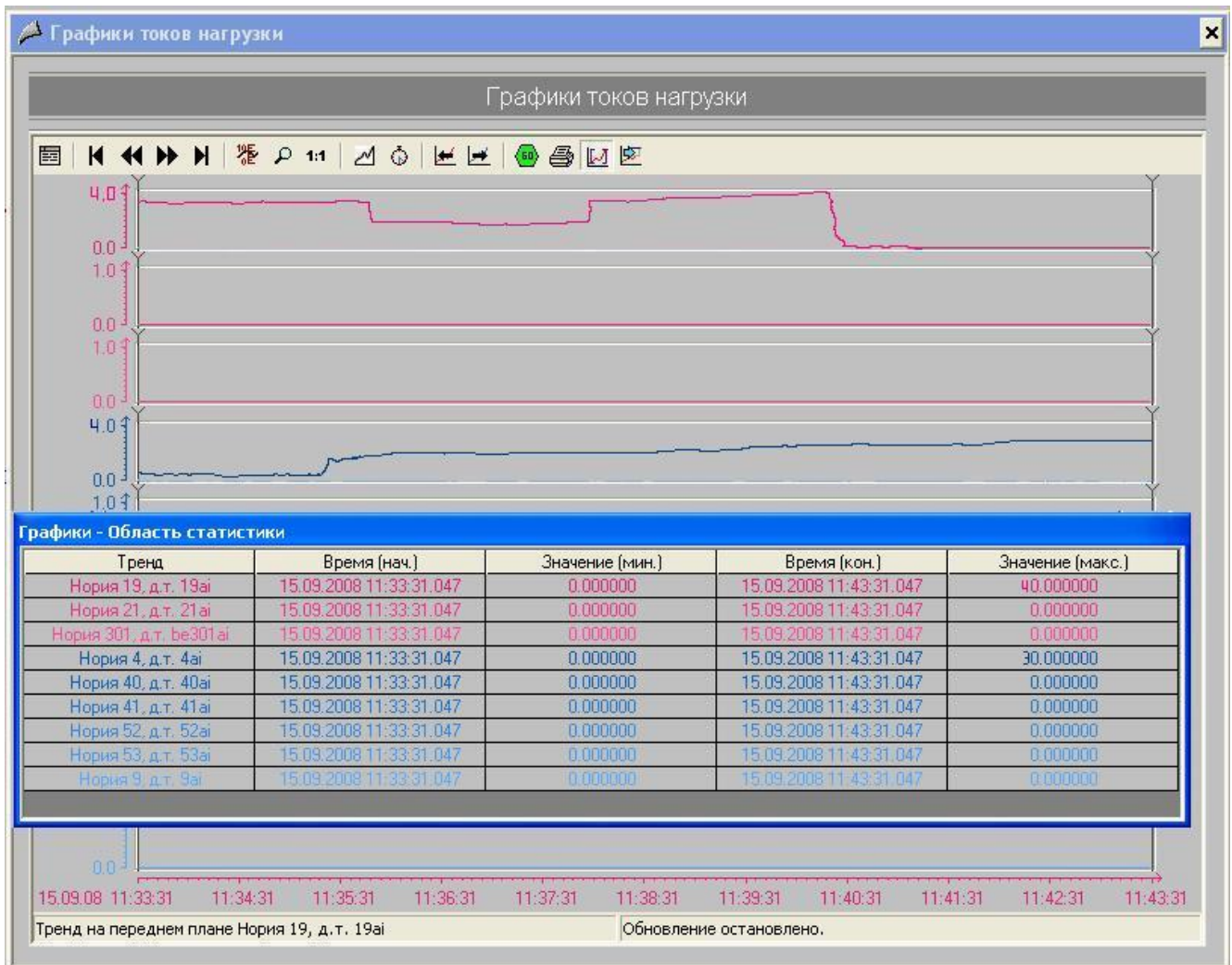


Рис.4.9 - Окна графиков нагрузок с открытой панелью статистики.

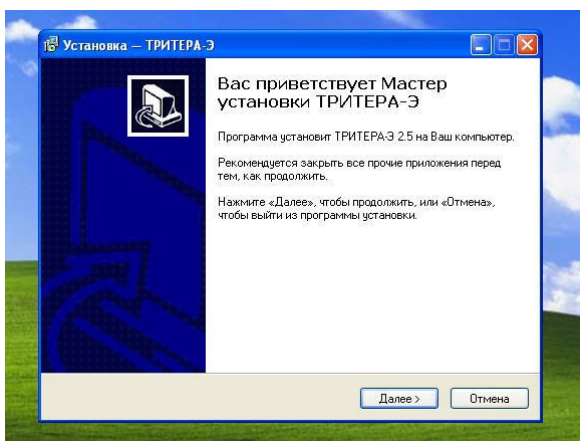
Оказалось, что изменение углов оставшегося от «старой нории» отсекателя, не соответствовали скорости и производительности новой нории, в связи с чем, пришлось вызывать разработчиков АСУТП, которые написали и ввели программный модуль корректирующий угол установки отсекателя, в зависимости от «заполнения» ковша нории.

Таким образом, в ППП «ТРИТЭРА» появился первый «библиотечный аналитический модуль» [106,107].

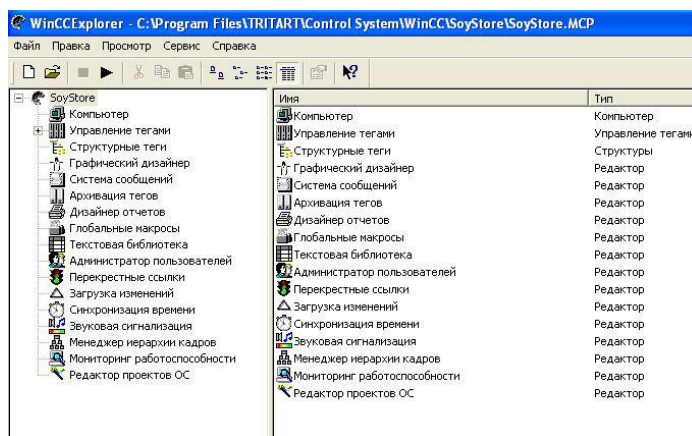
4.4.2. Результаты самостоятельной модернизации АСУТП ЗАО «Содружество-СОЯ» (Калининград).

В 2008 году, в связи с увеличением объема производства и соответственно производительности, выяснились некоторые недостатки в спроектированной технологии, а именно - невозможность одновременной подачи из силосного терминала бобов сои на МЭЗ и на корабль.

С мощью ППП «ТРИТЭРА-Э» (рис.4.10 «а») с библиотекой контроллеров Simatic (4.10 «б»), который был поставлен в Калининград, специалистами объекта была успешно осуществлена самостоятельная доработка и «виртуальная проверка проекта».



а)



б)

Рис. 4.10 – Инсталляция ППП «ТРИТЭРА-Э» с библиотекой Simatic

На скрин-шотах (4.12,4.13) показаны маршруты подачи сырья для отгрузки на корабль (оранжевым цветом) и маслоэкстракционный завод (голубым цветом).

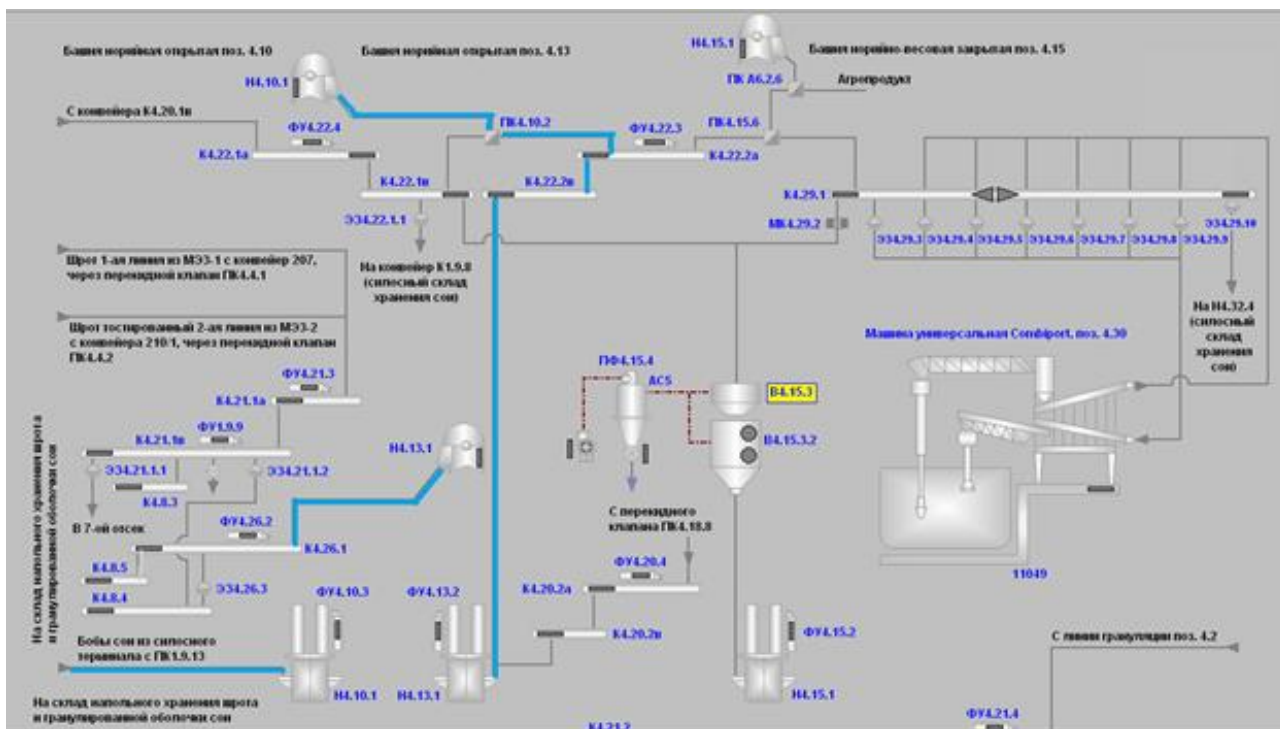


Рис. 4.11 – Маршрут подачи сырья на маслоэкстракционный завод (МЭЗ)

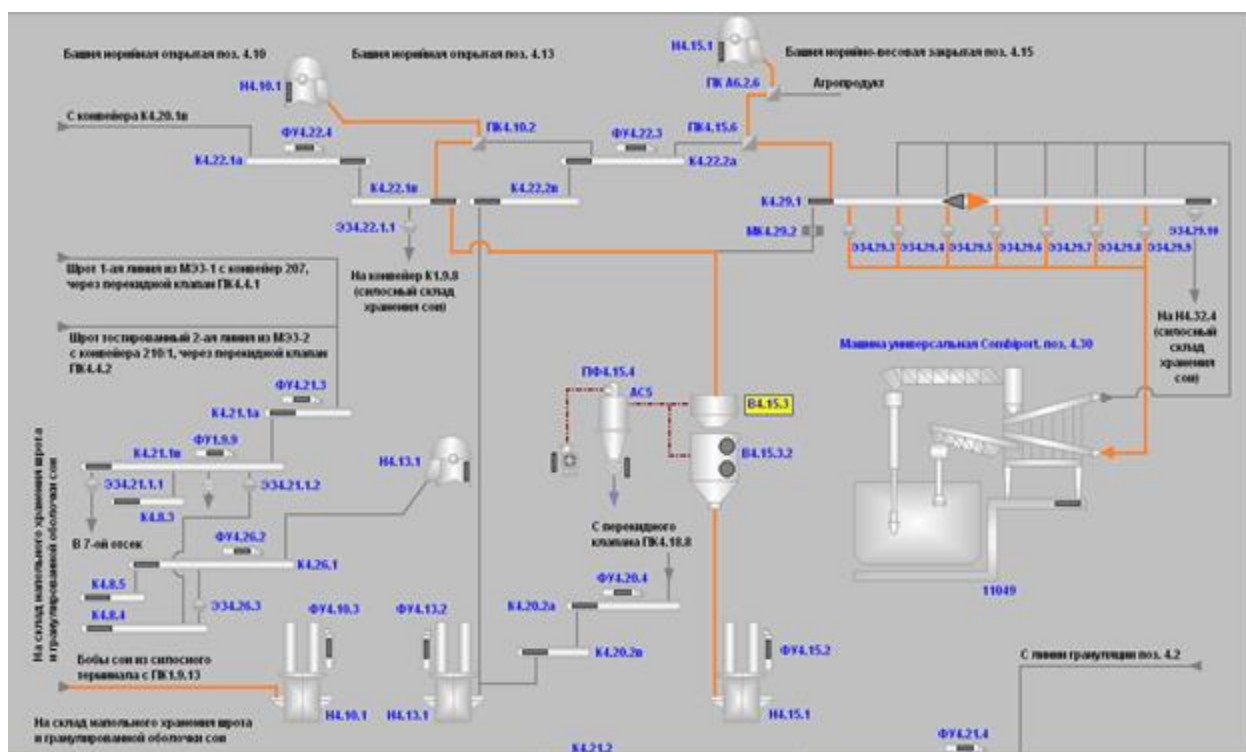


Рис. 4.12 - Маршрут отгрузки сырья на корабль.

Из части технологической схемы (рис.4.13) видно, что есть часть общего оборудования для транспортировки сырья для этих маршрутов (Нория Н4.10.1, перекидной клапан ПК4.10.2). Для разрешения этого конфликта, ЗАО «Содружество-СОЯ» самостоятельно внесла изменения в технологию, воспользовавшись тем, что конвейер К4.29.1 установлен вдоль причала и один из его краев физически расположен напротив ряда силосов хранения сырья. Для подачи сырья из силосов хранения короткий конвейер с прямым движением был заменен на длинный с реверсивным движением, что позволило выйти краем конвейера на прибрежную эстакаду с конвейером К4.29.1.

При этом, для поддержки транспортировки сырья в АСУ ТП складов хранения шрота с выходом на прибрежный конвейер достаточно было подвести

трубный самотек и использовать реверсивное направление движения конвейера К4.29.1.

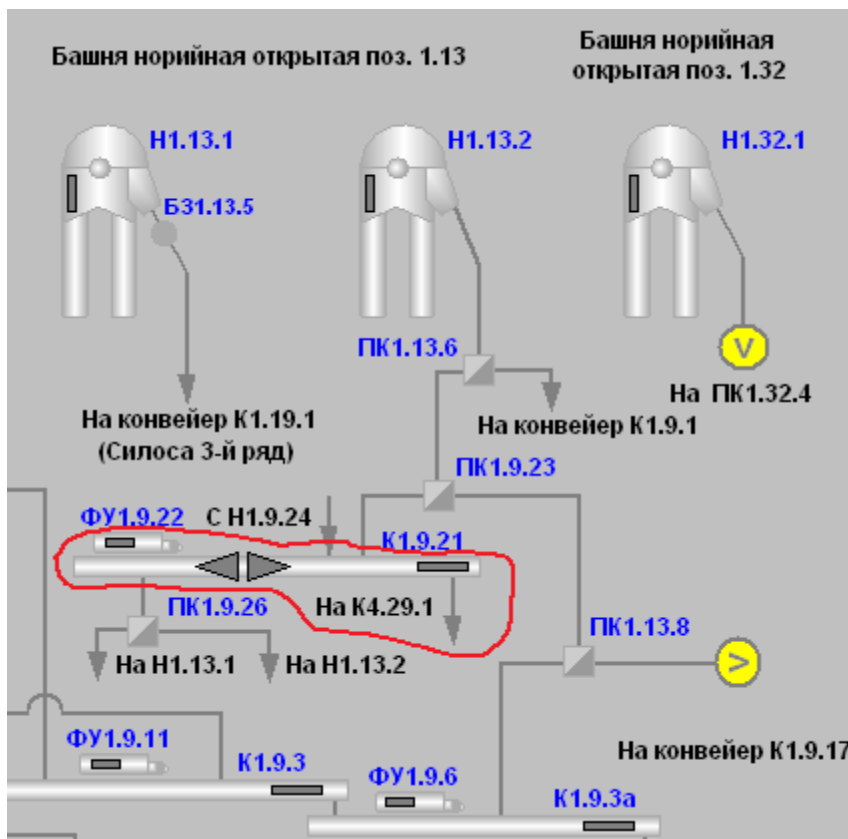


Рис. 4.13 - Модификация технологии в АСУ ТП силосов хранения бобов сои.

С помощью ПТК «ТРИТЭРА» (рис.4.14 и 4.15) специалисты ЗАО «Содружество-СОЯ» внесли следующие изменения:

The screenshot shows the 'ТРИТЭРА' software interface. The left pane displays the 'Дерево проекта' (Project Tree) with the following items:

- 22
- 1.9.22
- 300/1
- 1.9.23
- 1.9.21
- Двигатель
 - Инструментальный аналоговый датчик 1.9.21AI
 - Канал включения/выключения движения в прямом направлении (highlighted in red)
 - Канал включения/выключения движения в обратном направлении (highlighted in red)
 - Датчик включения в прямом направлении 1.9.21KM1
 - Датчик включения в обратном направлении 1.9.21KM2
 - Датчик тока аналоговый 1.9.21AI-Current
 - Датчик напряжения питания 1.9.21UI
 - Датчик тока аварийный 1.9.21AI-Alarm
 - Датчик тока холостой 1.9.21AI-Idle
- Цель
 - Датчик обрыва цепи 1.9.21BV
 - Датчик подпора прямого направления 1.9.21BP1
 - Датчик подпора обратного направления 1.9.21BP2
 - Готовность к приему продукта от 4.29.1 (Шрот) 1.9.21-Ready (highlighted in green)
 - Подан продукт на 4.29.1 (Шрот) (highlighted in green)
- Кнопочный пост
 - 100 (100) (highlighted in blue)
 - 100 (-100) (highlighted in blue)

The right pane shows the 'Свойства' (Properties) panel for the selected object:

- Идентификаторы
- Структура
 - Команда связи: 100
 - Название: 100
 - Опорное: Нет
 - Неявное в маршруте: Нет
 - Наследовать положение в маршруте: Нет
 - Положение в маршруте:
 - Добавить
 - 1
 - Последнее
- Зависимости
 - Наследовать входящие связи: Да
 - Входящие связи:
 - Добавить
- Произвольные параметры:
 - Добавить
- Произвольные параметры-ссылки:
 - Добавить

Рис. 4.14 - Изменения в конфигурации АСУ ТП «Силосов хранения»

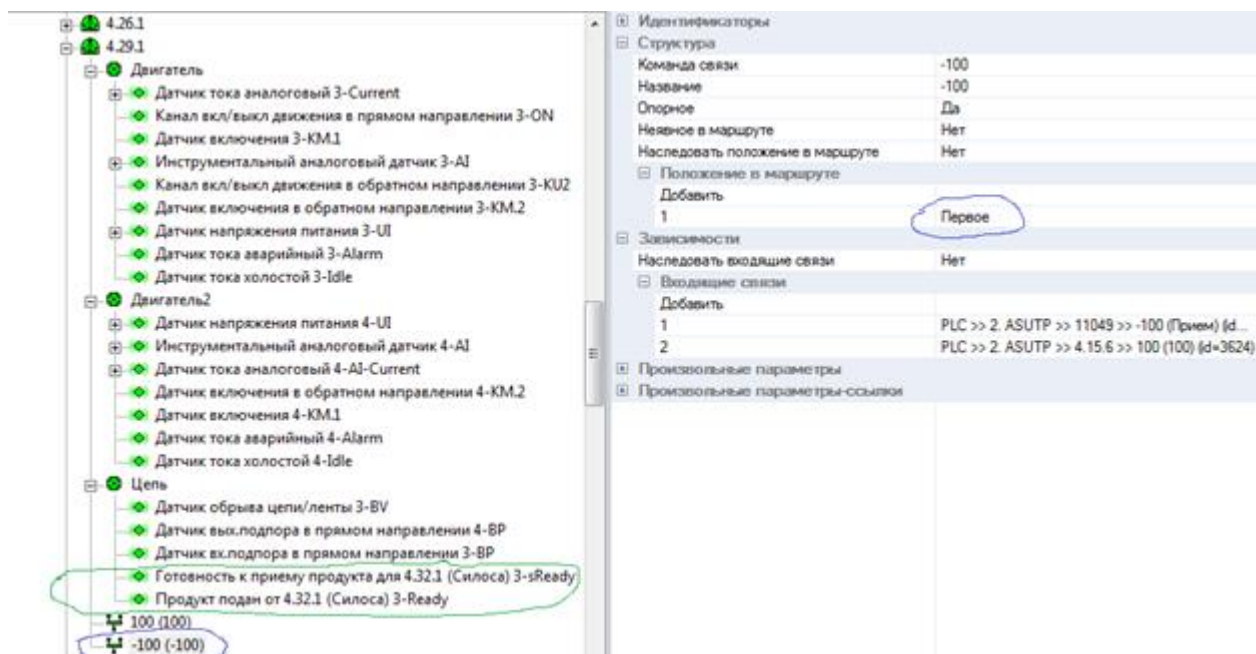


Рис. 4.15 - Изменения в конфигурации АСУ ТП «Складов хранения шрота»

Красным цветом показаны добавленные каналы для управления и контроля реверсивным конвейером (с контролем токов). Синим цветом показаны технологические связи с подающим и принимающим сырьем оборудованием, при этом прямое движение было отдано подачи сырья на причальный конвейер К4.29.1 АСУ ТП Складов хранения шрота, а реверсивное далее по технологии АСУ ТП Силосов хранения.

Для обеспечения правил промышленной безопасности транспортировки были добавлены два сигнала – один это контроль работы конвейера К4.29.1, второй – это управляющий сигнал конвейеру К4.29.1, что продукт подается на конвейер (выделены зеленым цветом).

Для конвейера К4.29.1 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 К4.29.1.

В итоге был сформирован новый маршрут (рис.4.16) отгрузки сырья.

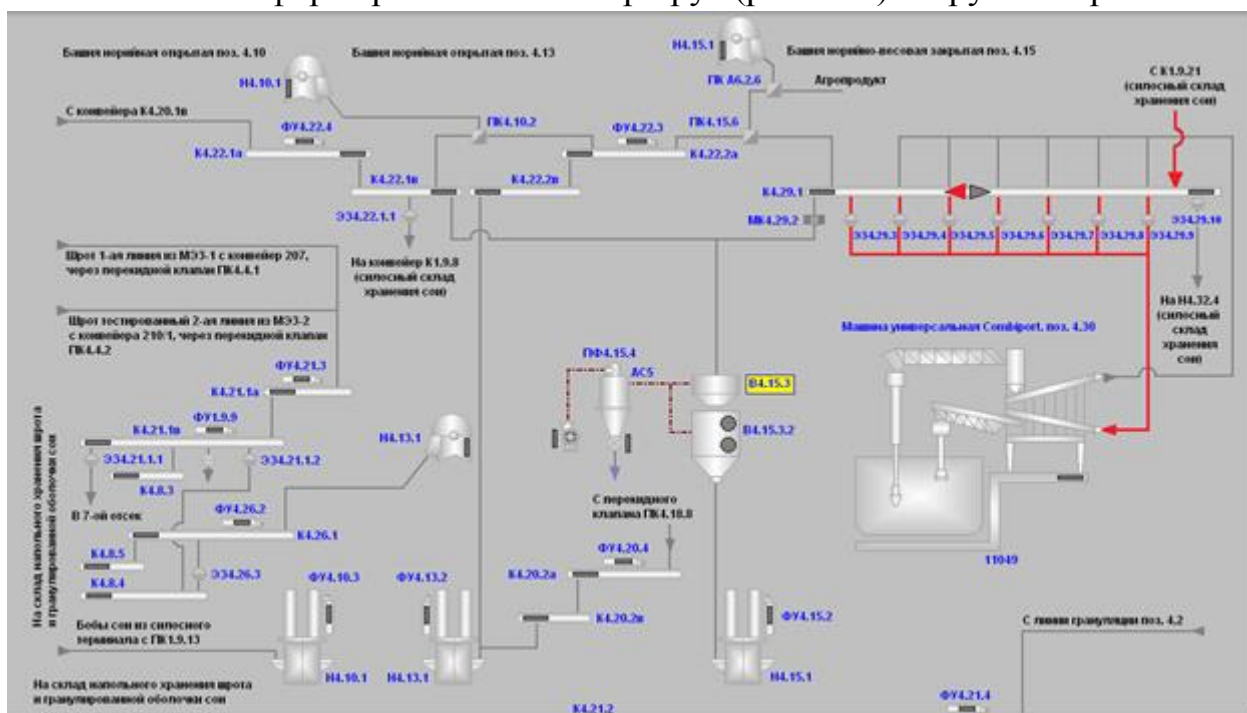
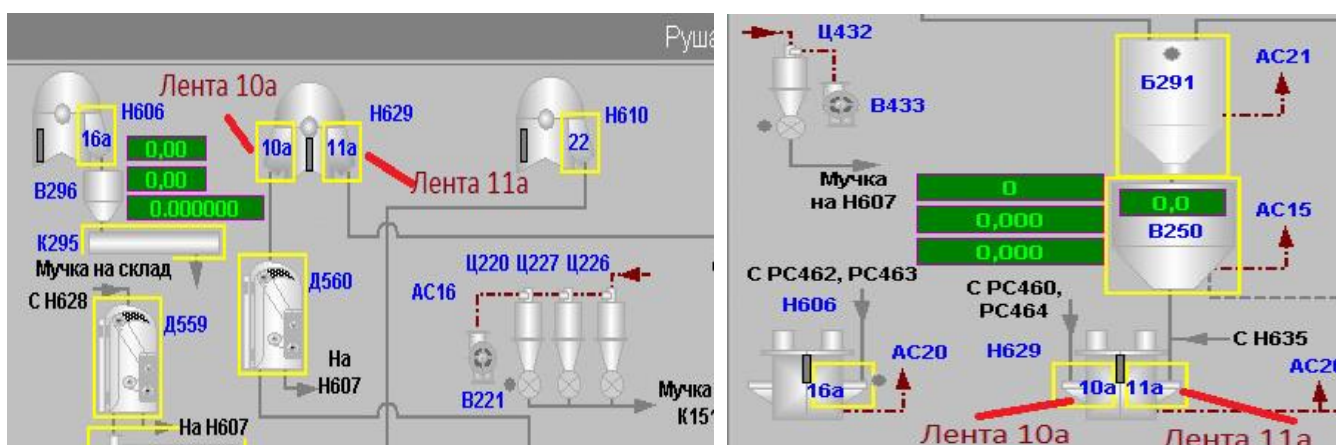


Рис.4.16 - Новый маршрут отгрузки сырья на корабль

4.4.3. Результаты самостоятельной модернизации АСУТП «Рисовый завод» ОАО «Славянский комбинат хлебопродуктов» (Славянск-на-Кубани).

С помощью, разработанной в диссертационной работе модели и ПТК ТРИТЭРА, специалисты КХП смогли перестроить АСУТП «Рисовый завод» и автоматизировать сложную технологию подготовки семян риса, с соблюдением Правил промышленной безопасности. Сложность заключалась в применении сдвоенной нории (рис. 4.17 и 4.18), которая имеет один электропривод и две независимые ленты для подъема продукции.



а) Головка сдвоенной норрии

б) Башмак сдвоенной норрии

Рис. 4.17 – Мнемосхемы оператора сдвоенной норрии Н629 с лентами 10а и 11а.



Рис. 4.18 – Внешний вид сдвоенной норрии

Для автоматизации технологического процесса с норрией 629 в редакторе конфигураций ПТК «ТРИТЭРА» была реализована следующая модель (рис. 4-19).

Оборудование: 629
 Дата создания: 2017.09.20 12:02:16
 Дата изменения: 2017.09.20 12:02:16

Входящие ссылки

Объект	Свойство
MFC >> 2 ASUTP >> 629.10a (id=2471)	Подчиненное оборудование
MFC >> 2 ASUTP >> 629.11a (id=2682)	Подчиненное оборудование

Последних ссылок нет
 Node для ссылок на это оборудование: 0x010000E4

Явно заданы параметры Связи от двух виртуальных норрий

Свойство	Значение
Config	0x14000000
GUID	{526DAC5F-742C-4F1E-94D9-22B2C2D7C478}
Node	0
OPC-ver	Slavianik.global.deinterface_228
SourceNode	0
WinCC-ver	norria_629

Рис. 4.19 - Новая модель норрии Н629 в АСУТП «Рисовый завод»

Как видно в «окне редактора» (рис.4.19), норрия 629 имеет один двигатель с набором датчиков и две ленты со своими наборами датчиков. Так же на программную модель реальной норрии 629 ссылаются две другие модели – 629.10a (рис.4.20) и 629.11a.(рис.4.21). Эти модели, не имея датчиков и драйверов, являются элементами АСУТП и используют норрию Н629 как подчиненную.

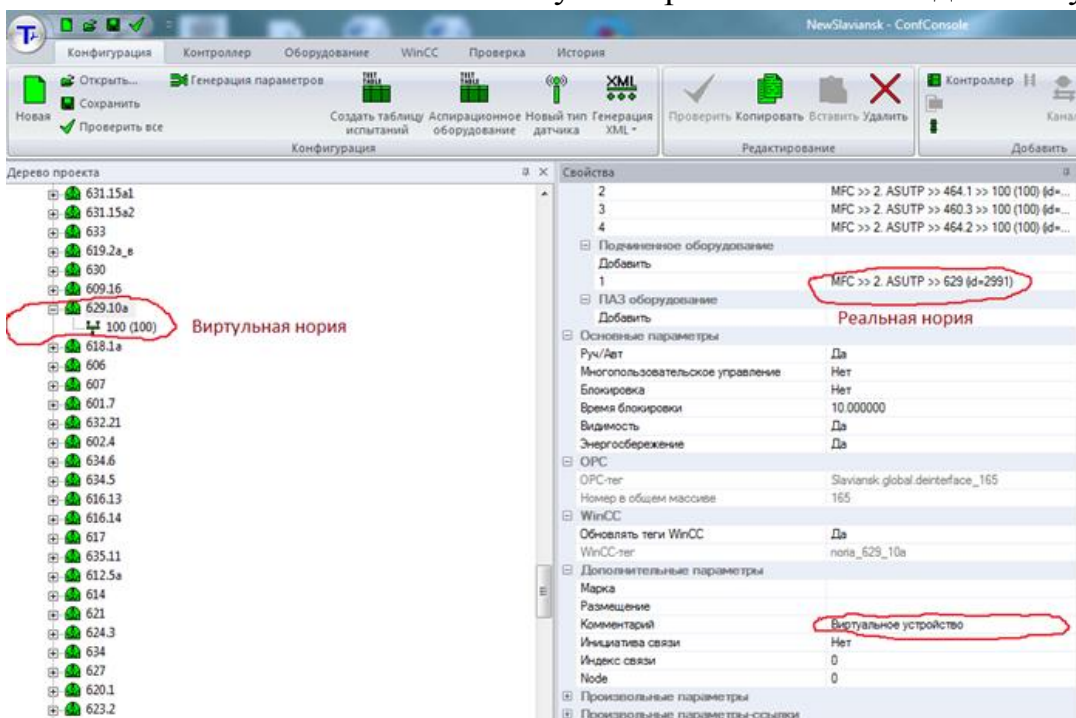


Рис. 4.20 – Норрия 629.10a, как полноценное технологическое оборудование

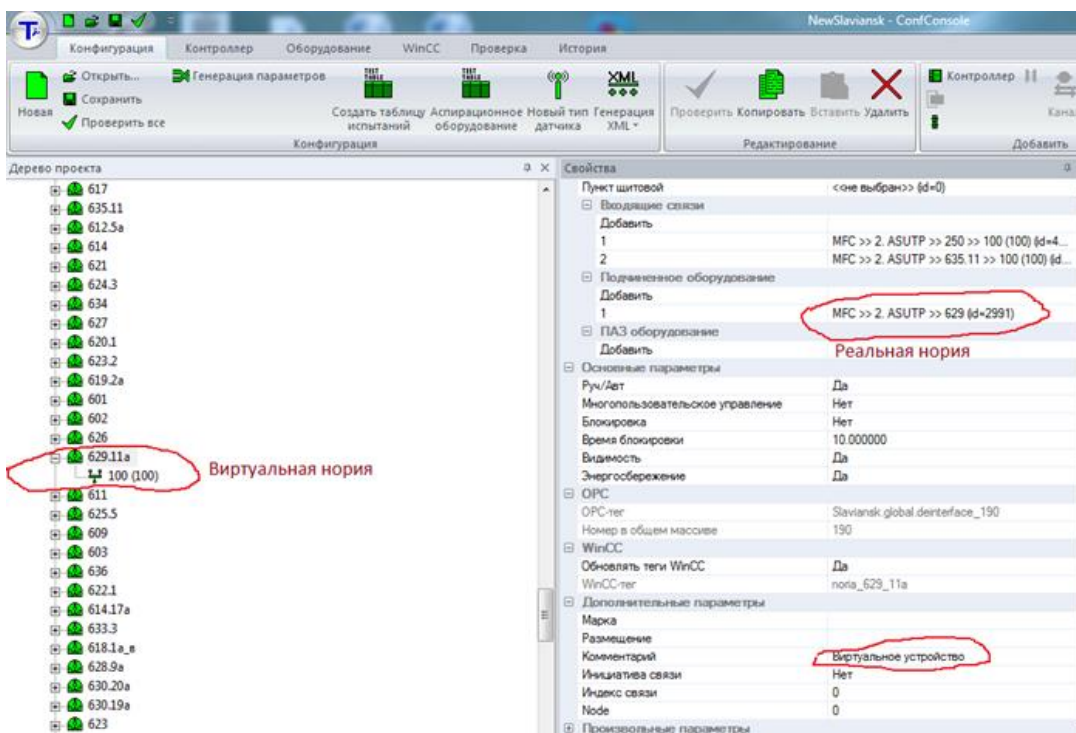


Рис. 4.21 – Нория 629.11а, как полноценное технологическое оборудование

Как видно из скрин-шотов (рис.4.20 и 4.21) «виртуальные нории» представлены в АСУТП, как стандартные технологические элементы модели, имеющие технологические связи с другими технологическими элементами в технологическом процессе, и используют в качестве подчиненного оборудования реальную норию 629.

По правилам ПБ и алгоритмам в модели перед собственным запуском необходимо, чтобы подчиненное оборудование было уже запущено, поэтому при наступлении очереди запуска нории 629.10а или нории 629.11а, сначала запустится нория 629, а потом после удачного запуска реальной нории 629 запустится нория 629.10а или 629.11а - соответственно.

Если к моменту запуска любой виртуальной нории реальная нория уже запущена, то запуск виртуальной нории начинается немедленно. Как видно из мнемосхемы (рис. 4.17) ленты сдвоенной нории находятся в разных местах технологической цепочки и могут быть даже в разных технологических процессах. Однако по правилам ПБ запуск технологической линии поточно-транспортной системы должен выполняться в обратном порядке движению продукта. Поэтому при наступлении очереди запуска одной из лент нории, реальная нория запустится целиком, что вызовет запуск второй ленты, очередь которой еще не настала. Но, из-за участия в технологической цепочке «виртуальной нории» (для одной ленты), разрешение на запуск подачи продукта на ленту, очередь которой еще не наступила - не произойдет, что обусловлено в ПБ. Таким образом, используя модель, предложенную в диссертационной работе, возможно построение очень сложных технологических цепочек в поточно-транспортных системах, с помощью заложенных в модели динамических связей. При этом физическое оборудование может быть так же очень сложным.

Выводы по 4-й главе

В 4 главе описан имитатор «виртуального внедрения АСУ ТП», с помощью которого осуществляется проверка функционирования АСУ ТП и выполнения требований технических регламентов, правил промышленной безопасности и защиты от внутреннего и внешнего проникновения в систему (информационной безопасности).

1. Обоснована необходимость и актуальность разработки имитатора.

2. Разработана методология создания имитатора, использующая предложенную в работе математическую модель ПТС ОПО.

3. Синтезирован обобщенный алгоритм эмуляции инцидентов и аварий в соответствии с таблицами СИБ (сигнализации и блокировки) и ПАЗ (противоаварийных защит).

4. Описаны разработанные программные модули *Emulator.exe* и *Monitor.exe*, которые обеспечивают настройку и работу имитатора, а также визуализацию инцидентов и аварий на мнемосхеме ОПО.

5. Приведены результаты использования ПТК (ППП «ТРИТЭРА») при самостоятельной модернизации АСУТП ОПО, которые позволили выявить направления совершенствования ППП «ТРИТЭРА», путем создания библиотеки аналитических моделей диагностики и прогноза (БАМ ДП).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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 ПТС.

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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация и электроснабжение технологических процессов: Надежные решения для предприятий агропромышленного комплекса - Ростов н/Д: ООО "ТРИТАРТ", 2013. -11 с. - URL: <http://tritart.ru/Files/Materials/Advertisements/Agro-complex-solutions.pdf>
2. Автоматизация испытаний и контроль авиационных ГТД / Шибанов Г.П., Адгамов Р.И., Дмитриев С.В., Кожевников Ю.В., под ред. Г.П. Шибанова. – М.: Машиностроение, 1977.-280 с.
3. Автоматизированные системы пожаровзрывобезопасности нефтеперерабатывающих производств / А.А. Абросимов, Н.Г. Топольский, А.В. Федоров. - М.: МИПБ МВД России, 1999. - 246с.
4. Александровская Л.Н. Статистические методы анализа безопасности сложных технических систем: Учебник /Л.Н. Александровская, И.З. Аронов, А.И. Елизаров и др. - М.: Логос, 2001. - 232с.
5. Анхимюк В.Л. Теория автоматического управления. Учеб. пос. -М.: Дизайн ПРО, 2002 - 352 с.
6. Аппаратные неисправности компьютеров и их проявления [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://it-sektor.ru/apparatnye-neispravnosti-komputerov-i-ix-proyavleniya.html>.
7. Аронов И.З., Бурдасов Е.И. Оценка надежности по результатам сокращенных испытаний. - М.: Изд-во стандартов, 1987. - 184с.
8. Аронов И.З., Шпер В.Л. О гарантийных показателях и показателях надежности. - НКК, 1998, №3, с.54-58.
9. АСУ ТП перегрузочного комплекса зерновых грузов «Порт-Кавказ» (Руководство оператора) – Ростов н/Д: «ТРИТАРТ», 2011.-109с.

10. АСУ ТП перекачки нефтепродуктов на ОАО “НЗНП” Филиал “Ростовский” Терминал нефтепродуктов с причальным комплексом (Руководство оператора 024-18-АСУ/0849.РО – Ростов н/Д: «ТРИТАРТ», 2015.-101с.

11. Бабешко Л.О. Основы эконометрического моделирования : учеб. пособие / Л. О. Бабешко. - Изд. 4-е. - М. : КомКнига, 2010. - 428 с.

12. Белозеров В.В., Любавский А.Ю., Олейников С.Н. Модели диагностики надежности и безопасности СВТ и АСУ объектов техносферы // Монография "Модели диагностики и надежности и безопасности СВТ и АСУ объектов техносферы". - М.: "Академия Естествознания", 2015, 130с. DOI 10.17513/np.133.

13. Белозеров В.В., Климкин В.И., Гаврилей В.М., Любимов М.М. К вопросу о диагностике «человеческого фактора» //Глобальная безопасность.- 2012. - № 1. С. 120-125.

14. Белозеров В.В., Плахотников Ю.Г., Афанасьев Н.С., Олейников С.Н., Топольский Н.Г.К вопросу об управлении пожарной и экологической безопасностью на объектах топливно-энергетического комплекса //Актуальные проблемы развития ТЭК регионов России и пути их решения: мат-лы 9-й междунар.конф. по проблеме нефтегазоносности Черного, Азовского и Каспийского морей -Геленджик: ГНЦ ФГУГП «Южморгеология», 2012, с.8-16.

15. Белозеров В.В., Удовиченко Ю.И., Белозеров В.В., Босый С.И. Обоснование выбора программно-технического комплекса для ИНТЕРНЕТ-системы расчета пожарной безопасности объектов //отчет о НИР № 7939р/10353 от 16.04.2010 (Фонд содействия РМФПНТС).

16. 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 № 5973р/5823 от 24.03.2008 – М.: Фонд содействия развития МФПНТС URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=23608067>

17. 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 .

18. Белозеров В.В., Босый С.И., Удовиченко Ю.И., Буйло С.И., Белозеров В.В. Комплексирование и наладка устройств, подсистем и программного обеспечения ОКТАЭДРА //отчет о НИР № 3428р/5823 от 18.08.2005 (Фонд содействия развитию малых форм предприятий в НТС).

19. 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>

20. 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.

21. Белозеров В.В., Назаренко А.А., Белозеров В.В. Модель экологически чистого объекта теплоэнергетики //«Приоритетные задачи и стратегии развития технических наук: сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции – Тольятти: «Эвенсис», 2016, С. 28-31.

22. 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>.

23. Белозеров В.В., Нгуен Т.А. Система электрической и пожарной безопасности объекта при термоэлектронзондировании оборудования и линейно-кабельных сооружений // Электроника и электротехника. — 2016. - № 1. - С.129-134. DOI: 10.7256/2453-8884.2016.1.20899. URL: http://e-notabene.ru/elektronika/article_20899.html

24. Белозеров В.В. Синергетический подход к транспортно-энергетической инфраструктуре / А.А. Таранцев, В.В. Белозеров, Н.А. Кирлюкова // Электроника и электротехника. — 2016. - № 2. - С.155-170. DOI: 10.7256/2453-

8884.2016.2.21088. URL: http://e-notabene.ru/elektronika/article_21088.html

25. Буртаев Ю.Ф. Проверка однородности информации о надежности при альтернативе общего вида. - НКК, 1998, №6, с.16-22.

26. Бутузов С.Ю. Расчётный способ определения времени наработки на отказ накопителей информации быстродействующих АСУ пожаровзрывобезопасностью промышленных предприятий. / Бутузов С.Ю., Любавский А.Ю. // Проблемы управления безопасностью сложных систем: Труды XIX Международной конференции. - Москва: РГГУ, 2011. С.473-477

27. Бутузов С.Ю., Баскаков С.В., Любавский А.Ю. Статистический анализ времени наработки на отказ накопителей информации автоматизированных систем управления. //Вестник Воронежского государственного технического университета. Том 9 - Воронеж: ВГТУ, 2013. С.63-65

28. Бутузов С.Ю., Любавский А.Ю. Оценка времени наработки на отказ накопителей информации автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности. // Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности".- 2001.- № 6 (40).

29. Бутузов С.Ю., Любавский А.Ю. Устойчивость функционирования АСУ взрывопожарозащитой промышленных объектов. // Проблемы управления безопасностью сложных систем: Труды XVII международной конференции. - Москва: РГГУ, 2009. С.197-198

30. Бутузов С.Ю., Нгуен Туань Ань, Шарабанов С.В. , Любавский А.Ю. Оценка надёжности компьютеров в автоматизированных системах пожарной безопасности. // Сборник тезисов докладов и материалов XIX научно-технической конференции "Системы Безопасности-2010", г. Москва. С.92-94.

31. Г. Майерс. Надежность программного обеспечения. – М.: Мир, 1980. – 359 с.

32. Глухов Совершенствование законодательства в области промышленной безопасности – М.: ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность» -

URL: <http://www.basheexpert.ru/prezentasii/gluhov.pdf> (дата обращения 20.02.2017).

33. Гнеденко Б.В., Ушаков И.А. О некоторых современных проблемах теории и практики надежности. - "Вестник машиностроения", 1988, №12, с.3-9.

34. ГОСТ 21.208-2013 Автоматизация технологических процессов /межгосударственный стандарт – М.: МГС, 2013.

35. ГОСТ 21.408-2013 Система проектной документации для строительства /межгосударственный стандарт - М.: МГС, 2013.

36. ГОСТ 24.701-86 Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Надежность автоматизированных систем управления. Основные положения -М.: Изд-во стандартов, 1990. - 64с.

37. ГОСТ 27.002-89. Надежность техники. М, Издательство стандартов, 1989.

38. Гродзенский С. Я. Оценка надежности изделий по данным эксплуатации. - ММК, 2002, №8, с.38-40.

39. Гродзенский С.Я. Об универсальных распределениях моментов наступления отказов элементов систем управления. - ММК, 2001, №12, с.34-37.

40. Демидович Н.О. Гармонизация терминологии в области надежности. - ММК, 2002, №10, с.43-47.

41. Демидович Н.О. Особенности проверки соответствия опытного распределения теоретическому в задачах надежности. - НКК, 1999, №11, с.29-33.

42. Дмитриев С.В., Китайгородский М.Д., Сюткина Ю.П., Фатыхов К.З.. Системное проектирование программного обеспечения автоматизированных испытаний газотурбинных двигателей // Программные системы и вычислительные методы. – 2017. – № 1. – С. 1 - 10. DOI: 10.7256/2305-6061.2017.1.21680

43. Дружинин Г.В. Надежность автоматизированных производственных систем. 4-е изд., испр.и доп.- М.: Энергоатомиздат, 1986. - 480с.

44. Егоров С.Я., Шаронин К.А., Немтинов К.В. Автоматизированная информационная система поддержки принятия проектных решений по компоновке промышленных объектов. Ч. 4. Применение экспертных систем для

проверки правил компоновки // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2013. – № 4. – С. 36–43.

45. Елизаров И.А, Мартемьянов Ю.Ф., Схиртладзе А.Г., Фролов С.В., Технические средства автоматизации. Учебное пособие, 2004. - 126с.

46. Каратыгин С. Базы данных: простейшие средства обработки информации системы управления базами данных. - М.: АБФ, 2003.-324с.

47. Калядин А.Ю. Методы повышения надежности систем SCADA / Мир компьютерной автоматизации. 2000. - № 1.

48. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем. - М.: Мир, 1980. - 606с.

49. Кафаров В.В., Ветохин В.Н. Основы автоматизированного проектирования химических производств. – М.: Наука, 1987. – 624 с.

50. Концептуальные основы интеграции АСУ ТП нефтеперерабатывающего предприятия / А.Ф. Гершберг, А.А. Мусаев, А.А. Нозик, Ю.М. Шерстюк. – СПб.: Альянс-Строй, 2003. – 128с.

51. Костерев В.В. Надежность технических систем и управления рисками : учебное пособие. – М.: МИФИ, 2008 – 280 с.

52. Котельников В.С. О совершенствовании законодательства в области промышленной безопасности /Концепция – М.: ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность» - URL: <http://federalbook.ru/files/FS/Soderjanie/FS-26/VI/Kotelnikov.pdf> (дата обращения 24.03.2017).

53. Лебедева М.И. Микропроцессоры с функциональностью промышленных компьютеров для технического обеспечения и интеграции автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности / А.В. Федоров, М.И. Лебедева // Материалы XX научно-технической конференции «Системы безопасности - 2011». –2011. – С.267-269.

54. Липаев В.В. Документирование и управление конфигурацией программных средств. М.: СИНТЕГ. 1998.

55. Липаев В.В. Отладка сложных программ. - М.:Энергоатомиздат, 1993.

56. Липаев В.В. Программно-технологическая безопасность информационных систем. М.: Изд.МИФИ.1997.

57. Липаев В.В., Филинов Е.Н. Мобильность программ и данных в открытых информационных системах. М.: РФФИ. 1997.

58. Лукацкий А.В. Статистика реальных инцидентов ИБ в индустриальных системах - URL: http://www.securitylab.ru/blog/personal/Business_without_danger/ (дата обращения 24.03.2017).

59. Лукацкий А.В. Перспективы обнаружения и идентификации киберугроз- URL: <http://www.pircenter.org/media/content/files/13/14303840060.pdf>.

60. Любавский А. Ю. Метод оценки наработки на отказ микропроцессорных устройств / Материалы XIV Международной научно-методической конференции, Воронеж, 6-8 февраля 2014 г.: в 4 т. / Воронежский государственный университет. - Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2014. С.278-279

61. Любавский А.Ю. Модель комплексной оценки надежности вычислительных систем / Материалы 4-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов "Проблемы техносферной безопасности-2015". - М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. С 277-279.

62. Любавский А.Ю. О применении методов эконометрики для комплексной оценки надежности вычислительных систем. // Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности" , Выпуск № 1 (59) - январь 2015 г. - Москва: АГПС МЧС России, 2015.

63. Любавский А.Ю. Оценка наработки на отказ микропроцессорных систем, по средствам двухпараметрического семейства абсолютно непрерывных распределений /Материалы 3-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов "Проблемы техносферной безопасности-2014". - М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. С. 460-463

64. Любавский А.Ю. Термозонд для системы диагностики ресурса в

средствах вычислительной техники - заявка на полезную модель № 2015142135 от 05.10.2015г.

65. Лукьянов В.С., Кузнецова Е.С. Надежность АСОиУ/Учебное пособие. ДГТУ, Волгоград 2008. - 68с.

66. Малыгин Е.Н., Мищенко С.В. Проектирование гибких производственных систем в химической промышленности // Журнал Всесоюз. хим. общества им. Д.И. Менделеева. - 1987. - № 3. С. 293-300.

67. Малыгин Е.Н. Математические методы в технических расчетах : учеб. пособие. - Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. - 80 с.

68. Малыгин Е.Н., Егоров С.Я., Шаронин К.А. Алгоритм автоматизированного построения математической модели при компоновке промышленных объектов //ВИНИТИ (сер.2) Информационные процессы и системы – 2015.- № 2, с.7-15.

69. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы. – М.: Мир, 1978.-312 с.

70. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем: Пер. с англ. – М.: Мир, 1973. – 344 с.

71. Методика оценки пожарной опасности растровых дисплеев СМ-7238 /Белозеров В.В. и др. //отчет о НИР № 3014 от 15.05.1990- Винница: ПО "Терминал", 1992. -140с

72. Методика оценки пожарной опасности компьютеров СМ - 1810 /Белозеров В.В. и др./ - Орел: ПО "Орловский завод УВМ" Минприбора СССР (совместно с ВНИИПО, ВИПТШ МВД СССР и НИИ физики РГУ), 1990 - 165с.

73. Методика оценки пожарной опасности ЭВМ типа СМ-1700/Белозеров В.В. и др./-Литва, Вильнюс: ЛПО "Сигма" (ВНИИПО, ВИПТШ МВД и НИИ Физики РГУ), 1993. -43с.

74. Методика оценки надежности и пожарной опасности программно-технических комплексов "УНИКОНТ" /Белозеров В.В. и др./ - Украина, Северодонецк: НПО "Квантор", (ВНИИПО и МИПБ МВД РФ и НИИФ РГУ,

1995.-210с.

75. Методика оценки надежности и пожарной опасности смесителя электромагнитного СЛЭП-1 /Белозеров В.В. и др. - Москва: ГП "Центр МНТП" (ВНИИПО, МИПБ МВД РФ и НИИ Физики РГУ), 1999. -65с.

76. Модульные системы безопасности электроприборов /Белозеров В.В. и др. - Технологии техносферной безопасности": Интернет-журнал. - Вып. 4. -2005. - 3 с. – URL: <http://ipb.mos.ru/ttb/> (дата обращения 24.03.2017).

77. Минаев В.А., Куликов Л.С., Астрахов А.В. Моделирование угроз информационных воздействий манипулятивного характера //Вопросы радиоэлектроники. - 2016. - № 12. С. 63-69.

78. Мусаев, А. А., Шерстюк Ю. М. Интеграция автоматизированных систем управления крупных промышленных предприятий: принципы, проблемы, решения / А.А. Мусаев, Ю.М. Шерстюк // журнал «Автоматизация в промышленности». 2003. - №10. - С.40-45.

79. Николаев В.И., Чалов Д.В., Сибирев В.Н. Информатика. Теоретические основы: уч. пособие.- СПб.: СЗТУ, 2002.

80. Новицкий В.О., Карпов В.И. Методология исследования и моделирования сложных систем управления для предприятий и компаний зернового сектора АПК // Информационные технологии. -М.: Изд-во "Новые технологии", - 2010. - №9. - С.50-56.

81. Новые технологии и материалы в производстве и строительстве: вопросы проектирования, разработки и внедрения / Белозеров В.В., Борков П.В., Кобелева С.А., Олейников С. Н., Насыров Р.Р., Даминев Р.Р.- М.: Перо, 2012.- 123с.

82. Основные причины поломок устройств системного блока [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://userwords.ru/osnovnyie-prichinyi-polomok-ustroystv-s/>.

83. Острейковский В.А. Теория надежности. - М.: Высшая школа, 2003. - 463с.

84. Павлов В.В. О математическом моделировании дискретного производства // Наука и образование: электронное науч. издание. – 2005. – № 6 – URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/52256.html> (дата обращения 24.03.2017).
85. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ: учеб. пособие для вузов. – М.: Высшая шк., 1989.-367с.
86. Переверзев Е.С. Надежность и испытания технических систем. - Киев, Наук. думка, 1990. - 328с.
87. Плескач Н.В., Марков С.К., Макаров В.Н. Промышленные контроллеры для распределенных систем серии КОНТРАСТ // Промышленные АСУ и контроллеры. 1999. № 2.
88. Поздняков А.Н., Лежава С.А. Технический контроллинг как функция поддержки управления аварийностью // Вестник СибГИУ. – 2013. – №2. – С. 33-39.
89. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. - М.: Политехника, 2000. - 248с.
90. Скрипник В.М. и др. Анализ надежности технических систем по цензурированным выборкам. - М.: Радио и связь, 1988. - 184с.
91. Скрипкин И.Е. Совершенствование системы управления промышленной безопасностью опасных производственных объектов (на примере ОАО «Ачинский НПЗ»): дисс....канд.тех.наук – Кемерово: КузГТУ, 2008.-112с.
92. Тетерин И.М., Топольский Н.Г., Нгуэн Т.А., Белозеров В.В., Чухно В.И. Автоматизация предотвращения пожаров при обнаружении токов утечки в электрооборудовании /Монография / Под общей редакцией Н.Г. Топольского – М.: АСПС МЧС РФ, 2011.-130с.
93. Техничко-экономическое обоснование локальной автоматизированной системы противопожарной защиты средств вычислительной техники Кольской АЭС /Белозеров В.В. и др.//отчет о НИР № 6124/6 от 01.04.1993- Полярные Зори: КАЭС, 1993. -65с.

94. Тляшева, Р.Р. Принципы обеспечения безопасной эксплуатации объектов предприятий нефтепереработки / Р.Р. Тляшева, И.Р. Кузеев // научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2005. – С. 285-286.

95. Топольский Н.Г., Федоров А.В. Принципы построения автоматизированных систем управления противопожарной защитой потенциально опасных производств // Материалы седьмой международной конференции "Системы безопасности - 98". - 1998. – С.16-17.

96. Топольский, Н.Г. Основы автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности объектов – М.: МИПБ МВД России, 1997. – 164с.

97. Топольский Н.Г., Гришечкин Д.Н. Порядок определения класса защищенности автоматизированных систем и выбора средств защиты //Технологии техносферной безопасности.- 2015.- № 6 (64). С. 72-76.

98. Топольский Н.Г., Рыженко А.А., Хабибулин Р.Ш. Алгоритм обработки показателей системы взаимодействия комплексов безопасности и жизнеобеспечения в пределах одного объекта //В сборнике: XII всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014 Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. 2014. С. 8230-8241.

99. Топольский Н.Г., Трефилов Г.Б., Сатин А.П. Алгоритмы многоуровневой иерархической декомпозиции гиперграфовых и графовых моделей причинно-следственных связей в АСУ безопасностью критически важных объектов //Технологии техносферной безопасности. - 2009. - № 10.

100. Ушаков И. А. Надежность: прошлое, настоящее, будущее. - ММК, 2001, №5, с.21-25; №6, с.29-32.

101. Федеральный закон от 27.12.2002 N 184-ФЗ (ред. от 05.04.2016) "О техническом регулировании" - URL: <http://legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-27122002-n-184-fz-o/> (дата обращения 24.03.2017).

102. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 04.07.2016) "О техническом регулировании" - URL: <http://mos.gosnadzor.ru/about/documents/116-%D0%A4%D0%97.pdf> (дата обращения 24.03.2017).

103. Харченко, Н. М. Экономическая статистика: учебник / Н. М. Харченко. – Москва: Дашков и К°, 2008. – 365 с.
104. Черкесов Г.Н. Надежность аппаратно-программных комплексов. - СПб.: Питер, 2005. - 480с.
105. Шпер В.Л. О стандартизации модели отказов. - НКК, 1997, №10, с. 40-48.
106. 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.
107. 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.
108. Avertin F. et al. Reliability of IGBT-Modules for Traction Applications. - Power Electronics Europe – 2001.- No. 7, pp.15-19.
109. Belozеров V. V., Golubov A. I., Kalchenko I. E. ABOUT UNIFICATION OF DIAGNOSTICS AND TESTS OF SOLID AND LIQUID MATERIALS AND FIREPROOF COVERINGS //7th International Scientific and Practical Conference «Science and Society» 23-30 March 2015 .
110. Belozеров V. V., Oleinikov S. N., Belozеров V. V. 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» 26-27 December 2014

111. BelozeroV V.V., Oleinikov S.N. ABOUT SYNERGETIC MANAGEMENT OF FIRE SAFETY OF LIVING //European Journal of Lipid Science and Technology.- 2012. – V.114, Issue 2.-pp. 180-185.
112. Haseeb Ahmad Khan A Visual Basic Software for Computing Fisher's Exact Probability // Journal of Statistical Software, 2003.
113. Lai C.D., Min Xie, Murthy D.N.P. A modified Weibull distribution. - IEEE Transactions on reliability – 2003.- No. 1, pp.33-37.
114. Lawless J.F. Statistical Models and Methods for Lifetime Data. - N.Y., John Wiley & Sons, Inc.,1982. - 583P.
115. Martin P.L. Analyzing Semiconductor Failure. - www.qualitydigest.com/dec99/html/semiconductor.html
116. Merrick, J.W., et al. A Bayesian Semiparametric Analysis of the Reliability and Maintenance of Machine Tools. - Technometrics, 2003, No. 1, pp. 58-69.
117. Nelson, Wayne, Applied Life Data Analysis - John Wiley & Sons, Inc, - 1982. – 684 P.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

Общество с ограниченной ответственностью
“РОСТОВСКИЙ КОМБИНАТ ХЛЕБОПРОДУКТОВ”

344002. г. Ростов-на-Дону
 ул. Шоссейная, 47н

Телефон: (8632) 40-56-10
 Факс: (8632) 62-58-29

“12” октября 2017г. № _____
 на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ
 Главный инженер ООО «Ростовский КХП»

В.Е. Авиллов



об использовании результатов диссертационной работы

Комиссия в составе : Главный энергетик ООО «Ростовский КХП» Кочура Александр Иванович и начальника зернового участка Попов С.Ю. подтверждает, что в период с 2011 года по 2012, в соответствии с проектно-технической документацией, разработанной ООО «Компания «ТРИТАРТ» по Договору № 145/04-2011 АСУ, при выполнении хозяйственных договоров № 143/04-2011 М от 15.04.2011 и № 155/04-2011 от 05.10. 2011 г. был внедрен программно-технический комплекс «ТРИТЭРА». В период опытно-промышленной эксплуатации были подтверждены все требуемые показатели, определенные в Технических заданиях, проверены сигналы блокировок в соответствии с Правилами промышленной безопасности. Программно-технический комплекс «ТРИТЭРА» находится в эксплуатации по настоящее время.

Члены комиссии:

Главный энергетик

А.И. Кочура

Начальник зернового участка

С.Ю. Попов



Открытое акционерное общество
**«Славянский комбинат
хлебопродуктов»**

(ОАО «Славянский КХП»)

353560, Российская Федерация,
Краснодарский край, г. Славянск-на-Кубани,
ул. Дружбы народов, д. 63,
Тел. +7 861 46 42217

E-mail: skhp@zao-agrokomplex.ru
http://skhp.business.site

Исх. № _____
от « _____ » _____ 20__ г.
На № _____
от « _____ » _____ 20__ г.

А К Т

об использовании результатов диссертационной работы

Руководство ОАО «Славянский комбинат хлебопродуктов» подтверждает, что в период с 2008 года по 2011, в соответствии с проектно-технической документацией, разработанной ООО «Компания ТРИТАРТ» по Договору № 78/12/2007 АСУ-п при модернизации рисового завода ОАО «Славянский комбинат хлебопродуктов», в соответствии с Техническим заданием на управление производительностью был внедрен программно-технический комплекс «ТРИТЭРА». В период опытно-промышленной эксплуатации были подтверждены все требуемые показатели. Программно-технический комплекс «ТРИТЭРА» находится в эксплуатации по настоящее время.

Генеральный директор



А.М.Русов

Открытое акционерное общество



«Новошахтинский завод нефтепродуктов»
филиал «Ростовский»



А К Т

об использовании результатов диссертационной работы

Настоящим актом подтверждается, что в период с 2009 года по 2011 год, в соответствии с проектно-технической документацией, разработанной ООО «Компания «ТРИТАРТ» по Договору №024-100-АСУ/0849 АСУ-п, при выполнении договоров №94/07-2008 АСУ от 10.11.2008 года и №211/09-2014 АСУ от 29.10.2014 года был внедрен программно-технический комплекс «ТРИТЭРА».

В период опытно-промышленной эксплуатации были подтверждены все требуемые показатели, определенные в Технических заданиях, проверены сигналы ПАЗ и СиБ.

Программно-технический комплекс «ТРИТЭРА» находится в промышленной эксплуатации на настоящее время и полностью выполняет возложенные задачи.

Составлен комиссией:

Председатель:

Главный инженер

Г. М. Синченко

Члены комиссии:

Начальник отдела КИП и А

В. С. Смольянинов

Начальник УЭ

Г. А. Бутко

